




Yersel lazer tarayıcıların tarama çözünürlüğü üzerine bir araştırma: Bina içi örneği

Ceyda Ulvi*¹ 

¹Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel Lazer Tarama,
Çözünürlük,
Kalite,
3B Model.

ÖZ

Yersel lazer tarama (YLT) yöntemi, mekânsal verilerin toplanması için kullanılan güçlü bir yöntemdir. Bu yöntem ile nesnelerin hızlı, temassız ve hassas bir şekilde ölçülmesi sağlanır. Yersel lazer tarama sistemleri, 3 boyutlu (3B) koordinatları ve onu bir yoğunluk değeri olarak kaydeden her noktanın geri saçılan lazer tarama sinyalinin gücünün göstergesidir. Yoğunluk değerleri, ölçülen nesnenin özelliği ve ortamın parametrelerine göre değişim göstermektedir. Geri saçılan elektromanyetik sinyalin gücü, taranan nesne yüzeyinin yansıtıcılığından, geliş açısından, lazer tarayıcı ile nesne arasındaki mesafeden ve YLT ölçümünün sırasıyla atmosferik ve sisteme özgü ayarından etkilenir. Sinyalin sistem içi değişimiyle ilgili ayrıntılar genellikle kullanıcı tarafından bilinmediğinden, modele dayalı yaklaşımlar pratik değildir. Bu çalışmada farklı tarama seçenekleri kullanarak elde edilen nokta bulutu verilerinin farklı birleştirme yöntemleriyle birleştirilmesi ve bu verilerin veri kalitesi incelenmiştir.

A research on the scanning resolution of Terrestrial Laser Scanners: An indoor example

Keywords

Terrestrial Laser Scanning,
Resolution,
Quality,
3D Modeli.

ABSTRACT

Terrestrial laser scanning (TLS) method is a powerful method used for the collection of spatial data. With this method, fast, contactless and precise measurement of objects is ensured. Terrestrial laser scanning systems display the strength of the backscattered laser scanning signal of each point recording the 3D (3D) coordinates and an intensity value. Density values vary according to the characteristics of the measured object and the parameters of the environment. The strength of the backscattered electromagnetic signal is affected by the reflectivity of the scanned object surface, the angle of incidence, the distance between the laser scanner and the object, and the atmospheric and system-specific setting of the TLS measurement, respectively. Model-based approaches are impractical, as the details of the inter-system variation of the signal are often unknown to the user. In this study, the combination of point cloud data obtained by using different scanning options with different aggregation methods and the data quality of these data were examined.

1. GİRİŞ

Yersel Lazer Tarama (YLT), dünya nesnelarini ölçmek, deformasyonları izlemek, üç boyutlu uzaysal modeller oluşturmak ve yer bilimindeki diğer sorunları çözmek için kullanılabilir yüksek hassasiyetli ve yoğun nokta bulutları sağlamanın en etkili yöntemlerinden biridir (Shan ve Toth, 2018; Ulvi vd., 2020; Hamal vd., 2020). Bu uzaktan algılama yöntemi, nesneların hızlı, temassız hassas bir şekilde ölçülmesine olanak tanır ayrıca nesne hakkında bilgilerin bir nokta bulutu olarak alınmasını sağlar ve böylelikle doğruluğu artırmaktadır (Soudarissanane, 2016; Ulvi vd., 2019; Yakar vd., 2016). YLT, uçuş süresi veya faz tabanlı mesafe ölçüm ilkelerini kullanarak çevresinin yoğun 3B nokta bulutlarını üreten, yer tabanlı bir 3B gerçeklik yakalama teknolojisidir. Nokta bulutları, nokta başına renk veya yoğunluk bilgisi gibi ek veriler veya destek görüntüleri ile birlikte gelir, böylelikle kullanıcının ham nokta bulutunu daha iyi görselleştirmesine yardımcı olur (Yakar vd., 2009; Sarı vd., 2020; Kaya vd., 2021a).

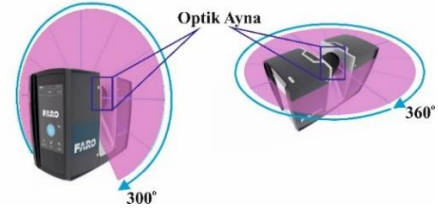
Lazer tarayıcı sistemler 3 boyutlu görselleştirme, sanal gerçeklik, madencilik, ormancılık, tıbbi görüntüleme, şehir modellenmesi, arkeoloji, mimarlık, kültür varlıklarının sayısal belgelenmesi vb. alanlarda kullanılmaktadır (Fidan, 2021). 3 boyutlu lazer tarayıcılar eğik mesafe ile birlikte yatayda ve düşeyde de nokta bulutlarını hedefe göndererek lazer ışınıyla seçilebilir bir grid (karelere bölmek) yoğunluğuna göre tarayıp, kısa sürede binlerce 3 boyutlu vektör oluşturmaktadır. Taranan nesnelar 3 boyutlu uzayda büyük bir grid formunda gösterilmektedir. Bu nedenden dolayı lazer tarayıcılara 1:1 sayısallaştırıcı cihazlar da denilmektedir (Hepçörük, 2015; Memduhoğlu vd., 2020). Son yirmi yıldır YLT, lazer tarayıcıların performansında sürekli gelişme ile birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır. Özellikle son on yılda umut verici bir teknik olduğu kanıtlanmış olan YLT'nin potansiyel uygulamasını doğrulamak için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Konu ile alakalı bazı inceleme makaleleri yayınlanmıştır. Tang vd. (2010), tarama sonucunda elde edilen nokta bulutlarından bina bilgi modelleri için otomatik yeniden yapılandırma tekniklerini araştırmıştır. Mukupa vd. (2017), değişiklik tespiti ve deformasyon izleme dâhil olmak üzere yapıların izlenmesinde YLT uygulamasını incelemiştir. Cheng vd. (2018), veri toplama ve işleme tekniklerinin tartışılmasına odaklanarak, nokta bulutlarından 3B Model üretiminde mevcut çeşitli yöntemleri özetlemiştir. Dong vd. (2020), nokta bulutu üretiminde yapılan taramalardan birleştirme yöntemlerinin geliştirilmesini desteklemek için nokta bulutu birleştirme yöntemlerinin kapsamlı bir incelemesini ve büyük ölçekli bir kıyaslama veri kümesini sağlamışlardır. Ölçüm yapan tarayıcının veri kalitesinin iyi olması ölçüm sonucunda beklenen kaliteyi ve doğruluğu karşılaması anlamına gelmemektedir. Çünkü tarayıcılarda farklı tarama seçeneği bulunmaktadır. Bu seçenekler tarama yapılacak ortama göre seçilmezse tarama sonucu elde edilen verilerin beklentinin altında kalma ihtimali vardır. Bu makalede de Faro focusS 350 lazer tarayıcısının 3 farklı tarama seçeneği bina içi modellemesinde karşılaştırılmış olup sonuçlar irdelenmiştir.

2. METARYAL ve YÖNTEM

YLT, bir yüzeyin LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi kullanılarak örneklendiği veya tarandığı bir yöntemdir. Lazer tarama cihazı ile nesne arasındaki mesafe, lazer ışını olarak ifade edilen bir optik kaynak vasıtasıyla belirlenebilir. Lazer tarayıcılar, tarama mekanizması olarak da bilinen optik aynalar aracılığıyla lazer ışını yatay ve dikey yönlerde yönlendirilerek ilgili nesneyi veya yüzeyi tarama yapmaktadır (Zheng ve Moskal, 2012; Ernst vd., 2021; Şekil 1).

Bir lazer tarayıcının lazer ışını dikey veya yatay yönlerde saptırma kapasitesi, teknik verilerinde görüş açısı olarak verilmektedir. Bir nesnenin 3 boyutlu modelini oluşturmak için, çeşitli görüş açlarına sahip birden fazla tarama istasyonu kullanmak gerekir. Aynı zamanda kullanılan lazer tarayıcının görüş kapasitesine göre de tarama istasyon sayısı değişmektedir. Çalışmada kullanılan lazer tarayıcı dikey yönde 300° yatay yönde ise 360° tarama yapabilmektedir (Şekil 1).

Tarama sonucunda elde edilen çıktı, ürünün ölçüm mesafesine göre değişen milyonlarca noktadan oluşan bir nokta bulutudur. Lazer tarama teknolojisiyle toplanan veriler, çeşitli uygulamalar için yararlı olan sayısal, iki boyutlu çizimler veya üç boyutlu modeller oluşturmak için kullanılabilir (Alptekin vd., 2019; Fidan ve Fidan, 2021; Kaya vd., 2021b; Błaszczuk vd., 2022).



Şekil 1. Faro Focus Lazer tarayıcı

Yersel lazer tarayıcılar, menzil ölçüm prensiplerine göre ikiye ayrılmaktadır. İlki mesafe ölçümünü faz farkının (Phase shift/faz farkı) karşılaştırılması ile gerçekleştirirken diğeri direkt olarak sinyalin YLT ile hedef nesne arasındaki uçuş zamanını (Time of flight) ölçümüyle gerçekleştirmektedir (Giuffrida vd., 2022; Gharebaghi vd., 2022; Voegtler vd., 2008).

Faz farkı tarayıcılarda, sürekli yayılan ve alınan lazer ışını arasındaki faz kayması analiz edilerek mesafeler hesaplanır (Polat vd., 2020; Şenol vd., 2020). Her yön için yalnızca bir dönüş kaydedilir. Bu tür tarayıcılar, çok geniş görüş alanı, çok yüksek sayıda nokta bulutu elde etme imkânı sağlar. Ölçüm mesafeleri nedeniyle, faz kayması tabanlı tarayıcılar, nispeten yakın sahnelerin (350 m'ye kadar) yüksek hassasiyet ve ayrıntılı ölçümleri için çok uygundur. Bu tarayıcılar genellikle görünür dalga boylarını (600 ila 800 nm) kullanır. Çalışmada kullanılan lazer tarayıcı faz farkı karşılaştırması tekniğiyle çalışmaktadır. Time of Flight tekniği, bir lazer darbesinin emisyonu ile alınması arasındaki sürenin ikiye bölünerek hesaplanmasına dayanır. Bu özellikler, çok uzun ölçüm mesafelerine ancak nispeten düşük alım hızlarına izin verir. Bu tür lazer tarayıcı genellikle yakın kızılötesi dalga boylarını (900 ila 1500 nm) kullanır ve daha büyük mesafelerde (350 m'nin ötesinde) sahnelerin 3B yeniden yapılandırılması için çok uygundur.

3. UYGULAMA

YLT sistemi ile veri toplama işleminde seçilen her bir istasyon noktasında tarama alanları için belirlenen parametre ayarlarını planlamak çeşitlilik göstermektedir. Ancak, inşaat sahaları karmaşık ve sürekli değişen ortamlardır, bu da deneyimli operatörler için bile elde edilen nokta bulutlarının tüm tarama hedeflerini belirtilen kalite seviyelerinde tam tarama kapsamını garanti edemez (Thomson vd., 2013). Değişen teknik performanslar sunması ve bir alandaki tüm tarama hedeflerinin (örn. nesnelere) farklı veri kalitesi gereksinimlerine sahip olabilmesi gerçeğiyle karmaşıklık daha da artmaktadır. Düzgün geometriye sahip olanların taranmasında kullanılan parametre değerleri basit anlaşılır olurken arkeolojik alanlarda, kültürel miras yapılarında, ormanlık gibi düzgün geometriye sahip olmayan alanlarda kullanılması gereken parametreleri bulmak zordur (Kaçarlar ve Hamal, 2021; Çalışır K.,2021; Şenol vd., 2021).

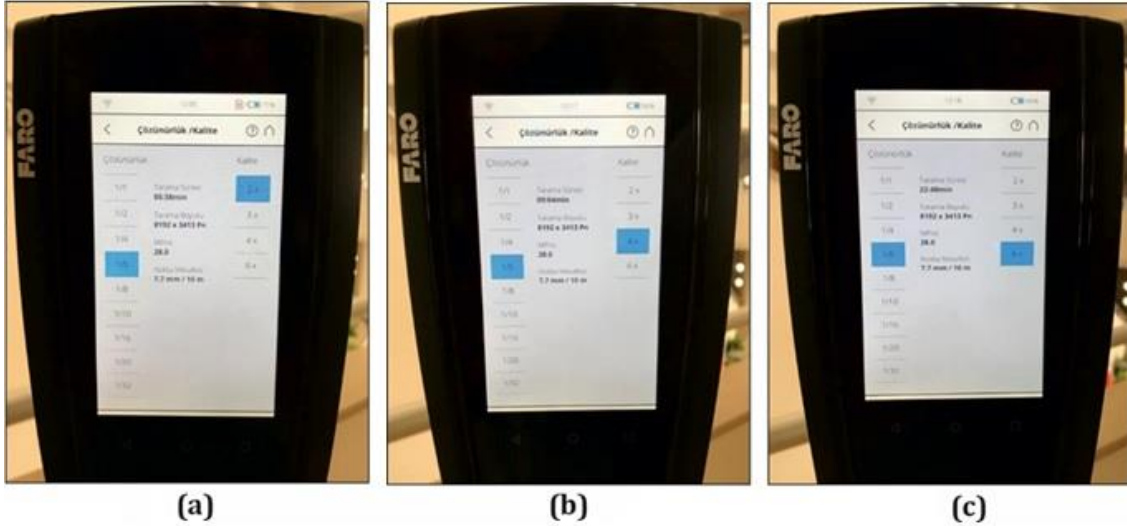
Çalışma kapsamındaki belgeleme çalışmalarında GPS donanımına sahip, taşınması ve kullanımı kolay olan

FARO FocusS 350 lazer tarayıcı tercih edilmiştir. FARO Focus S350 yersel lazer tarayıcı başlıca özellikleri aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Faro FocusS 350 özellikleri

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 düzlük	±2 mm
Ağırlık	4,2 kg
Boy	230x183x103mm

Çalışmada üç farklı tarama çözünürlüğü seçilmiştir (Şekil 2). Her tarama çözünürlüğünde iki farklı oturum yapılmıştır. Bu oturumlar hem Cloud to Cloud (C2C) yöntemi hem de target yöntemi (hedef işaretleri yardımıyla) ile birleştirilmiştir. Tarama anında seçilen parametreler Şekil 2 ve Tablo 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çözünürlük 1/5x-Kalite 2x (a), Çözünürlük 1/5x-Kalite 4x (b), Çözünürlük 1/5x-Kalite 6x (c)

Tablo 2. Faro Focus cihazı çözünürlük ve kalite detayları

Çözünürlük	Kalite	Tarama Süresi(Dk)	Tarama Boyutu	MPns	Nokta Mesafesi
1/5	2x	05.38	8192x3413 Pn	28.0	7.7mm/10 m
1/5	4x	09.04	8192x3413 Pn	28.0	7.7mm/10 m
1/5	6x	22.48	8192x3413 Pn	28.0	7.7mm/10 m

4. BULGULAR

Lazer tarama ile toplanan verilerden sadece kalite değerleri değiştirilerek ikişer oturumdan toplamda 6 adet oturum yapılmıştır. Bu toplanan veriler Faro Focus cihazının kendi yazılımı olan Scene yazılımında hem C2C hem de target yöntemiyle birleştirilmiştir (Tablo 3). C2C birleştirme değerleri irdelendiğinde 1/5-2x ile elde edilen verinin diğerlerine oranlarına en fazla hata ile birleştiği ve aynı zamanda ardışık iki tarama verisinde ortak alan olarak bindirme (overlap) yüzdelерinin en az yüzdeye sahip 1/5-2x ile elde edilen veri olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde target ile birleştirme sonucu

irdelendiğinde; C2C birleştirme sonucundaki gibi “1/5-2x” ile elde edilen veri diğerlerine göre en fazla hata ile birleştirilmiştir. Bu iki tür birleştirme yönteminden elde edilen sonuçlar doğrultusunda kalite değerlerinin birleştirme sonucu oluşan hataları etkilediği görülmektedir.

YLT sistemlerinde kalite değerleri oluşturulan nokta bulutlarına atanan RGB değerlerinin kalitesini doğrudan etkilemektedir. Şekil 3 incelendiğinde üç farklı tarama verisinden elde edilen ortofoto görüntüsü verilmiştir. Şekil 3 detaylı incelendiğinde hedef işaretlerinin çözünürlüğü ve kalitesi gerçeğe en yakın olan 1/5-6x ile elde edilen veri olmakla birlikte kalite değeri düşüktüççe

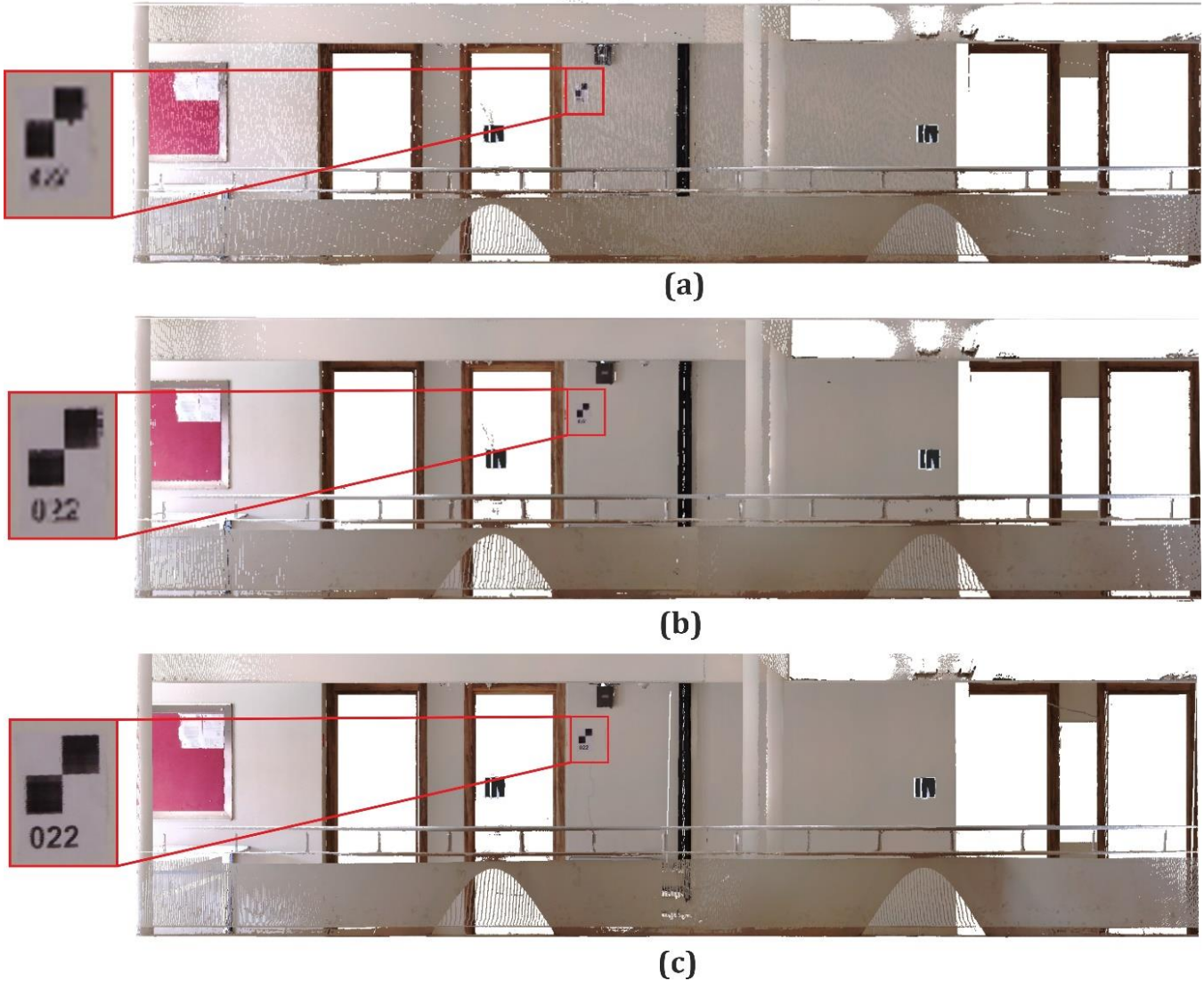
hedef işaretinin çözünürlüğü ve kalitesi de aynı oranda düşmüştür.

Tarama yapılan alan düzgün geometriye sahip bir alandır. Ancak her ne kadar düzgün bir geometriye sahip olmuş olsa da Şekil 3'de de görüldüğü gibi kalite değerleri değiştikçe çözünürlük değerleri de doğrudan etkilenmiştir. Şekil 3 (a) verisi incelendiğinde bu veriden elde edilen çıktı ürünle mimari alanlarda, rölöve çizim projelerinde kullanılırken bu veriyi oluşturulan parametreler kullanılarak üretilen 3B modeller arkeolojik alanlarda, ormancılık çalışmalarında yani yüksek hassasiyet içeren çalışmalarda kullanılması uygun değildir. Şekil 3 (b) incelendiğinde tarama çözünürlüğünün Şekil 3(a) dan daha iyi fakat Şekil 3(c) den daha kötü olduğu anlaşılmaktadır. Burada tarama

süresi 19 dk civarındadır. Şekil 3 (c) incelendiğinde ise çalışma sonucunda elde edilen bu verilerin röleve restorasyon çalışmalarında kullanılabileceği öngörülmektedir. Ancak her taramanın 22 dk olması ve sadece 2 taramadan 44dk'lık zaman harcanırken Şekil 3 (a) verisinden iki oturumda toplam 10 dk'lık zaman harcanmıştır. Sadece 2 oturumluk çalışmada 34 dk zaman farkı bulunmaktadır. Bu çalışma geniş ölçüde daha büyük alanlar için uygulandığında aradaki tarama farkı günler hatta haftalar alabilir. Bu nedenle taraması yapılacak alanların amaca uygun uygun taraması, tarama sonucunda zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesi gerektiği savunulmaktadır.

Tablo 3. Birleştirme sonucu oluşan hata değerleri

Çözünürlük/Kalite	C2C (mm)/Overlap (%)	Target (mm)
1/5-2x	0.7/75.4	2.6
1/5-4x	0.5/76.2	1.7
1/5-6x	0.4/77.1	1.2



Şekil 3. Çözünürlük 1/5x-Kalite 2x (a), Çözünürlük 1/5x-Kalite 4x (b), Çözünürlük 1/5x-Kalite 6x (c)

5. SONUÇLAR

Şekil 3a daki üretilen modelde nokta sıklığının az olduğu ve üçgenleme yapılamayan yerlerde boşluklar ve bozuk üçgenler olduğu gözlemlenmiştir. Hedef nesneyi tam olarak modelleyebilmek için bu bozulmaların düzeltilmesi gerekmektedir. Bu bozulmalar düzeltilebilmesi için 3B modelleme programları otomatik ve manuel algoritmalar geliştirmişlerdir. Küçük çaplı bozulmaların düzeltilmesi için otomatik algoritmalar yeterli olmaktadır. Fakat büyük bozulmalar kullanıcı tarafından manuel olarak düzeltilmelidir.

Bina içi detaylı ölçüm isteniyorsa çalışmada kullanılan tarama cihazının tarama seçeneklerinde çözünürlük 1/5x-Kalite 6x seçeneği minimum tercih edilmesi gereken çözünürlük olmalıdır. Nokta bulutlarının birleştirilmesinde daha hassas sonuçlar isteniyorsa C2C yöntemi tercih edilmelidir.

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., 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.
- Błaszczczyk, M., Laska, M., Sivertsen, A. & Jawak, S. D. (2022). Combined use of aerial photogrammetry and terrestrial laser scanning for detecting geomorphological changes in Hornsund, Svalbard. *Remote Sensing*, 14(3), 601.
- Çalışır, K. (2021). Tarihi Yapıların 3 Boyutlu Belgeleme Sürecinde Nokta Bulutu Yönteminin Rolü: Yaylak Ulu Camii Örneği. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6 (3), 212-219.
- Cheng, L., Chen, S., Liu, X., Xu, H., Wu, Y., Li, M. & Chen, Y. (2018). Registration of laser scanning point clouds: A review. *Sensors*, 18(5), 1641.
- Dong, Z., Liang, F., Yang, B., Xu, Y., Zang, Y., Li, J. & Stilla, U. (2020). Registration of large-scale terrestrial laser scanner point clouds: A review and benchmark. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 163, 327-342.
- Ernst, F., Şenol, H. İ., Akdağ, S. & Barutcuoglu, Ö. (2021). Virtual Reality for City Planning. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(3), 150-160.
- Fidan, D. & Fidan, Ş. (2021). Yersel Lazer Tarama Teknolojileriyle Oluşturulan 3B Modellerin Akıllı Kent Uygulamalarında Kullanımı: Mersin Süslü Çeşme Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 48-57. DOI: 10.51946/melid.1021819
- 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.
- Gharebaghi, A., Abolfazl Mostafavi, M., Larouche, C., Esmaeili, K. & Genon, M. (2022). Precise indoor localization and mapping using mobile laser scanners: A scoping review. *Geomatica*, 1-13.
- Giuffrida, D., Nardo, V. M., Neri, D., Cucinotta, G., Calabrò, I. V., Pace, L. & Ponterio, R. C. (2022). Terrestrial laser scanning for the modelling of indoor archaeological areas: two case-studies from Reggio Calabria, Italy. *In Journal of Physics: Conference Series*, 2204(1), p. 012075.
- 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.
- Hepyörük, G. (2015). Tarihi Ve Kültürel Varlıkların Belgelendirilmesi ve Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulmasında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması ve Karacabey Türbesi (Ankara) Örneği, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Konya, 2015.
- 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.
- Kaya, Y., Polat, N., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A. & Ulukavak, M. (2021a). Arkeolojik kalıntıların belgeleneşinde yersel ve İHA fotogrametrisinin birlikte kullanımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 9-14.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ. & Polat, N. (2021b). Three-dimensional modeling and drawings of stone column motifs in Harran Ruins. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 48-52.
- Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N. & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelemesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Memduhoğlu, 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.
- Mukupa, W., Roberts, G. W., Hancock, C. M. & Al-Manasir, K. (2017). A review of the use of terrestrial laser scanning application for change detection and deformation monitoring of structures. *Survey review*, 49(353), 99-116.
- Polat, N., Önal, M., Ernst, F. B., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Mutlu, S., ... & Kara, H. (2020). Harran Ören Yeri Arkeolojik Kazı Alanınının Çıkarılan Bazı Küçük Arkeolojik Buluntuların Fotogrametrik Olarak 3B Modellenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 55-59.
- 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.
- Şenol, H. İ., Memduhoğlu, 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.
- Şenol, H. İ., Polat, N., Kaya, Y., Memduhoğlu, A. & Ulukavak, M. (2021). Digital documentation of ancient stone carving in Şuayip City. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 10-14.
- Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R. & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in construction*, 19(7), 829-843.
- Thomson C., Apostolopoulos G., Backes, D., Boehm J. (2013). Mobile laser scanning for indoor modelling. *Proceedings of ISPRS Annals II-5 W*, 2, 289-293.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. & Kaya, Y. (2020). İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.
- 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.
- Voegtle, T., Schwab, I. & Landes, T. (2008). Influences of different materials on the measurements of a terrestrial laser scanner (TLS). *In Proc. of the XXI Congress, The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS2008*, 37, 1061-1066.

- Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkıkcı, K., Kaya, Y. & Catin, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3Boyutlu Modellenmesi. *Geomatik*, 1(1), 14-18.
- Yaşar, F. (2013). Arkeolojide Kullanılan Çizim Teknikleri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, (Bitirme Tezi), Kütahya.
- Zheng, G. & Moskal, L. M. (2012). Leaf orientation retrieval from terrestrial laser scanning (TLS) data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(10), 3970-3979.

İnternet Kaynakları

- URL-1. <https://paksoyteknik.com.tr/paksoy-topcon/lazer-tarama/faro.html>(Erişim tarihi.12.05.2022)



© Author(s) 2022.

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