



## Tarsus Aziz Pavlus Kilisesinin Yersel Lazer Tarama Teknikleri ile Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması Sanal Gerçekliğe Hazırlamanın Değerlendirilmesi

Şafak Fidan<sup>\*1</sup>, Ali Ulvi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalı, Mersin, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Tarsus Aziz Pavlus,  
Kilisesi,  
Yersel Lazer Tarama,  
3B Modelleme,  
Sanal Gerçeklik.

### ÖZ

Türkiye uygarlık tarihi içerisinde birçok medeniyete ev sahipliği yapmış bir coğrafyanın üzerinde bulunmaktadır. Dolayısıyla kültürel miras niteliği taşıyan yapılarda Dünya'da en ön sıralarda gelmektedir. Bu kültürel miras değerleri Dünya ve uygarlık süreci açısından önem taşımaktadır. Bu mirasın korunması, yenilenmesi ve kuşaklar boyunca aktarılması insanlığın önemli görevlerinden biridir. Ayrıca tanıtılmasında, yerinde görme olanağı olmayanlar için modern teknik ve uygulamalar kullanılarak gelişen bilgi işlem teknolojileri aracılığı ile yapıyı yakına getirmek gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için objenin üç boyutlu (3B) modelinin yersel lazer tarama (YLT) tekniği ile üretilmesi ve sanal gerçeklik ortamlarına hazırlanması önem kazanmaktadır. Bu çalışmada YLT tekniği ile üretilen 3B modellerin sanal gerçeklik ortamlarında yetkinliği araştırılmıştır. Bunun için tarihi ve kültürel önemi çok büyük olan Tarsus Aziz Pavlus Kilisesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Tarsus Aziz Pavlus Kilisesinde yersel lazer tarayıcı ile veri toplama çalışmaları yapılmış, veri setleri uygun yazılım ile işlenerek, yapının 3B modeli oluşturulmuştur. Üretilen 3B modelin sanal gerçeklik uygulamalarında yetkinliğinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

## Evaluation of Preparation for Virtual Reality by Creating a Three-Dimensional Model of Tarsus St. Paul Church with Terrestrial Laser Scanning Techniques

### Keywords

Tarsus St. Paul Church,  
Terrestrial Laser Scanning,  
3D Modeling,  
Virtual Reality.

### ABSTRACT

Turkey is located on a geography that has hosted many civilizations in its history. Therefore, it is at the forefront of the world in works of cultural heritage. These cultural heritage values are important for the world and the civilization process. Preserving, renewing and transferring this heritage across generations is one of the important duties of humanity. In addition, it is necessary to bring the work closer by means of information processing technologies developed by using modern techniques and applications for those who do not have the opportunity to see it on site. In order to achieve this, it is important to produce a three-dimensional (3D) model of the object with terrestrial laser scanning (YLT) technique and to prepare it for virtual reality environments. In this study, the competence of 3D models produced by YLT technique in virtual reality environments was investigated. For this, Tarsus St. Paul Church, which has a great historical and cultural importance, has been determined as the study area. In Tarsus St. Paul Church, data collection studies were carried out with a terrestrial laser scanner, data sets were processed with appropriate software, and a 3D model of the work was created. The advantages and disadvantages of the competence of the produced 3D model in virtual reality applications were evaluated.

\* Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

\*(safakfidan@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9772-0968

\*(aliulvi@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3005-8011

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

Fidan, Ş. & Ulvi, A. (2022). Tarsus Aziz Pavlus Kilisesinin Yersel Lazer Tarama Teknikleri ile Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması Sanal Gerçekliğe Hazırlamanın Değerlendirilmesi. Türkiye Lidar Dergisi, 4(2), 60-70

## 1. GİRİŞ

Ülkemizin bulunduğu coğrafya tarihsel süreç içerisinde birçok uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Dolayısıyla bu uygarlıkların kalıntılarını coğrafyada çokça rastlanmaktadır. Bu kültürel mirasın sadece ülkenin değil tüm insanlığın ortak değeri olduğu unutulmamalıdır. Bu mirasın korunması, onarılması ve çağdaş sunum teknikleri ile insanlığın ortak mirasına kazandırılması önemlidir.

3B lazer tarama, objeye zarar vermeden ve objeye ilişki kurmadan yürütülen bir veri elde etme yöntemidir (Yastikli, 2007; Abellan vd., 2014; Cheng vd., 2018). Günümüzde kültürel mirasın belgelenmesinde ve sunulmasında Yersel Lazer Tarayıcılar (YLT) ile 3B veri toplama, tarihi yapılar için 3B bilgi depolamanın bir yolu olarak uygulanmaktadır. Bu veriler ile gelecekte yapıtlar ilgili daha fazla değerlendirme yapmak için de kullanılabilir. YLT teknolojileri ile hızlı, doğru ve sonraki analizler için kapsamlı veriler elde edilebilir.

Bilgisayar teknolojileri ve internet, önceki yüzyılda temelleri atılarak yüzyılın yarısından sonra büyüyerek gelişmekte ve yaşamın her alanında etkin olmaya ve yerleşmeye başlamıştır. Bir savunma projesi olarak geliştirilmeye başlanmış olan internet teknolojileri günümüzde vazgeçilmez bir gerçek olarak her alanda karşımızda durmaktadır. Bilgisayar teknolojilerindeki bu hızlı gelişme ile çeşitli meslek disiplinlerinin kullandığı eski teknolojileri yavaşça bazen de çok hızlı olarak yok etmektedir. Kullanılan bilgisayarlardaki yazılım ve donanımlar her gün geliştirilmekte ve kapasiteler sürekli artmaktadır. Bu durumun sonucu olarak birçok meslek disiplinini bir arada etkileyen sanal gerçeklik (virtual reality) kavramı ile karşılaşmaktadır.

Sanal gerçeklik kavramı sanal (virtual) ve gerçeklik (reality) kelimelerinde oluşan bileşik bir kelimedir. Türkçede bu iki kelime zıt anlamlar taşımakta olup birleşiminde anlam kaymasına da sebebiyet vermektedir. Sanal gerçeklik kavramını tanım olarak incelediğimizde sanal kelimesi Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre "gerçekte yeri olmayan, zihinde tasarlanan, mevhum, farazi, tahmini"; gerçeklik ise "gerçek olan, var olan şeylerin tümü, hakikat, hakikilik, şeniyet, realite, reellik" şeklinde tanımlanmaktadır (TDK, 2019). Buradan da görüleceği üzere gerçeklik sözcüğü ile sanal gerçeklik ifadesi anlam kayarak yeni bir kavrama doğru evirilmektedir.

Sanal ve gerçek kavramlarında ortamların hangilerinin sanal hangilerinin gerçek olacağı da felsefi olarak ayrı bir tartışma konusudur. Ama günümüzde elektronik ve internet destekli ortamları çağrıştıran bir kavram olarak kullanılmaktadır.

Sanal gerçeklik bilgisayar destekli olarak tanımlanan, dünya ortamları ile olabildiğince örtüştürülmeye çalışılan ve kullanıcıların içerisinde gezinebildiği, düzeltebildiği ve eklemeler yapabildiği tecrübeler bütünüdür. Başka bir deyimle insan, makine ve ortam birlikteliğinin çeşitli bilgisayar ortamlarında tanımlanmış halidir denilebilir. Genelleyecek olursak, bilgisayar ortamında var olan üç boyutlu sanal dünyanın etkileşimi olarak ifade edilir (Coates, 1992).

Sanal gerçeklik teknolojileri ile de yapıtı yakına getirmek için objenin üç boyutlu (3B) modelinin YLT

tekniki ile üretilmesi ve sanal gerçeklik ortamlarında değerlendirilmesi önem kazanmaktadır.

Banfi (2020) arkeolojik antik harabelere uygulanan bina modelleme, 3B ve sanal gerçeklik adlı çalışmasında yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile kullanıcılar için sanal ortamlar arasında yeni etkileşim seviyeleri ile ölçümün değeri, 3B çizim ve dijital modelleme araştırılmış ve mimarlar, mühendisler, haritacılar, arkeologlar, restoratörler ve sanal turistler ile ilişki kurabilen bütünsel bir modelin oluşturulmasına yönelik bir yaklaşım önerilmektedir.

Dinis vd. (2020) mimarlık, mühendislik ve mühendislikte proje iletişimini geliştirmek inşaat sektörü için sanal gerçeklik ve lazer taramayı birleştirme adlı çalışmalarında bina bilgisi ve sanal gerçekliği birleştirerek inşaatlarda iletişim iyileştirilmesi için bir model önerilmektedir.

Choromanski (2019) çok kaynaklı 3B verilerden kültürel mirasın görselleştirilmesi için sanal gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesi adlı çalışmalarında kültürel mirasın sanal sunumu için yüksek kaliteli fotogrametrik 3B modellerin, sanal gerçeklik teknolojileri ve gelişmiş bir görselleştirme kombinasyonu ile kültürel miras alanında araştırma kadar popülerleştirme açısından da çok yararlı olabilecek neredeyse gerçek dünya deneyimi biçiminde etki yaratabileceğini öngörmektedir. Tschirschwitz vd. (2019) Lazer tarama ve 3B modelleme etkileşimli olarak bir Osmanlı kalesinin sanallaştırılması adlı çalışmalarında İstanbul, Türkiye'de İstanbul Boğazı'nda bulunan bir Osmanlı kalesi olan Rumeli Hisarı'nın sanal bir 3B modelinin oluşturulması ve Unity oyun motoruna veri entegrasyonu için işlenmesi sunulmaktadır.

Kharroubi vd. (2019) 3B nokta bulutlarının sınıflandırılması ve entegrasyonu ile sanal gerçeklik ortamı adlı çalışmalarında gerçek zamanlı olarak ve sürekli olarak bir sanal gerçeklik (VR) ortamında birkaç milyar noktadan oluşan nokta bulutlarını sınıflandırmak ve görselleştirmek için kapsamlı bir yaklaşım önermektedirler.

Büyüksalih vd. (2020) sanal ziyaretlerle geçmişin bilgisini korumak: 3B'den İstanbul Çatalca İnceğiz Mağaralarında lazer taramadan sanal gerçekliğe görselleştirme adlı çalışmalarında İstanbul'un Çatalca ilçesinde bulunan İnceğiz mağaralarının sanal bir 3B modelinin oluşturulması ve Unity 3B oyun motoruna entegrasyonu hakkında bir araştırma sunmaktadır.

Bu çalışmada YLT tekniği ile üretilen 3B modellerin sanal gerçeklik ortamlarında etkinliği araştırılmıştır. Bu çalışma için tarihi ve kültürel önemi çok büyük olan Tarsus Aziz Pavlus Kilisesi belirlenmiştir. Tarsus Aziz Pavlus Kilisesinde FARO marka FocusS 350 model YLT ile veri toplama çalışmaları yapılmış, veri setleri SCENE yazılımı ile işlenerek yapıtın 3B modeli oluşturulmuştur. Üretilen 3B modelin sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılabilirliğinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

## 2. YERSEL LAZER TARAMA YÖNTEMİ (YLT)

Yersel olarak 3B modelleri elde etmek için günümüzde yaygın olarak üç farklı yöntem kullanılmaktadır: (i) Yakın mesafeli fotogrametrisi; (ii) Yersel Lazer Tarama (YLT); (iii) Her iki tekniğin bir kombinasyonu.

Bu yöntemler optik veya aralıklı 3B veri toplamaya dayalıdır, girişimsizdir, arkeolojik nesnelere hasar görmesini önler ve hacimsel geometrilerin dijital dokümantasyonunu ve görselleştirilmesini sağlar. Hangi yöntemin kullanılacağı araştırılan nesne veya alana, kullanıcının önceki deneyimine ve diğerlerinin yanı sıra mevcut bütçeye ve zamana bağlıdır (Lambers & Remondino, 2009; Doğan & Yakar, 2018).

### 2.1. Yersel Lazer Tarayıcılarda Ölçme Yöntemi

En genel anlamda, 3B sayısallaştırma olarak da adlandırılan 3B lazer tarama, çok sayıda X, Y ve Z koordinatları elde etmek için, geri dönen mesafe sinyalleri üreten, üç boyutlu bir veri toplama cihazının kullanılmasıdır. Ayrıca, noktaların her biri için kayıtlı yoğunluk bilgisi ve Red Green Blue (RGB) değerleri belirlenir. Ölçülen her nokta için, uzayda, küresel veya yerel bir koordinat sisteminde X, Y ve Z koordinatları belirlenir. Tüm bu noktaların toplanması "nokta bulutu" olarak tanımlanır. Nokta bulutu verileri her bir nokta için X, Y ve Z (RGB ve yoğunluk) değerlerini içerir (Staiger, 2003; Yakar vd., 2005).

Lazer tarama, kısa sürede çok sayıda üç boyutlu ölçümün toplanmasını sağlar. Yoğunluk değerlerine sahip yerel bir koordinat sisteminde bir nokta bulutu oluşturur; RGB değerleri gibi ek bilgiler genellikle dahili veya harici dijital kameralar tarafından sağlanır (Ulvi vd., 2015). Lazer tarama ile oluşturulan nokta bulutu kendi başına faydalı olsa da, genellikle sadece bir amaca yönelik bir araçtır. Lazer tarama genellikle 2B kesitler, profiller ve planlar ve 3B modeller oluşturmak için yüzey bilgilerini kaydetmek için kullanılır (Yakar vd., 2010a; Yakar vd., 2010b). Lazer tarayıcılar yerden çalışabilir veya bir uçağa entegre edilebilir. İlki yersel veya karasal lazer tarama (YLT) olarak adlandırılırken, ikincisi havadan lazer tarama veya LiDAR olarak adlandırılır.

YLT' ler yatay ve düşeyde dönebilir ve cihazdan hedefe yansımak üzere gönderilen ışınların emisyon ve sürelerini ölçme ilkesine dayanırlar (Baltsavias, 1999; Abellán vd., 2014; Yılmaz & Yakar, 2016a).

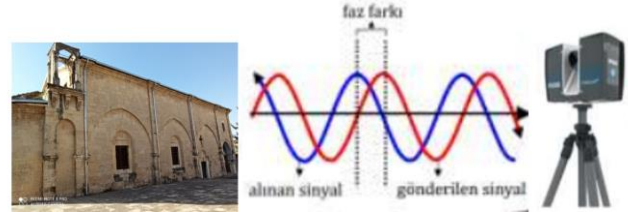
Time-of-flight (uçuş zamanlı mesafe belirleme) ve phase-shift (faz farkı) olmak üzere iki sınıfta ölçüm yapabilenleri mevcuttur (Ulvi & Yakar, 2014).

YLT bünyesinde yüksek enerjili bir lazer ışığı üretir ve hedef objeye gönderilir. Ardından tarayıcının algılayıcı sensörü objeden geri dönen ışığı algılar (Alonso vd., 2011; Altuntas vd., 2007; Yılmaz vd., 2009). Tarayıcı, gönderdiği her lazer ışınının gidiş ve dönüş süresini kaydeder. Ardından sensör tarafından işaretlenen objeler ile gönderilen ışın arasındaki mesafeyi ve yansıtma değerini ölçer. Aradaki mesafe ışığın hedefe gidiş ve dönüşündeki geçen süreye göre hesaplanır (Meng vd., 2010; Polat, 2020; Oruç & Öztürk, 2021).

Uygulamada kullanılan YLT faz farkı yöntemi ile ölçüm gerçekleştirilmektedir. YLT sensörünün periyodik

olarak yaydığı sinyaller hedefe çarpıp döndükten sonra yine YLT üzerindeki sensörler yardımı ile algılanır. Giden ve gelen sinyallerin faz farkları karşılaştırılarak uzaklıklar hesaplanır (Çelik vd., 2020). Şekil 1' de YLT ölçü ilkesi görülmektedir.

YLT' lar çoklu nokta barındırma, uzak mesafelerde ölüm yapabilmeye ve tarama hızlarında çeşitlilik sağlarlar (Ulvi, 2021).



Şekil 1. Yersel Lazer Tarayıcı Ölçü prensibi (Ulvi & Yakar, 2014)

3B görüntünün elde edilebilmesi için lazer tarayıcıdan çıkan ışının, görüntüsünün elde edilmesi istenen nesneye ait tüm noktalara iletilmesi lazımdır. Bunun sonucunda toplanan veriler sayesinde ölçülecek objelerin konum tespiti ve yüzey analizi yapılabilir (Liu, 2008; Polat, 2020).

Lazer tarama sistemlerinde toplanan veriler sonucu ortaya çıkan bütüne nokta bulutu denir. Bu nokta bulutu literatürdeki bir koordinat sistemine göre değerlendirilebileceği gibi yerel bir koordinat sistemine göre de değerlendirilebilir (Sarı vd., 2020; Fidan & Fidan, 2021; Yakar & Doğan, 2017). Artık nokta bulutu içerisinde bulunan tüm noktalar (Y,X,Z) koordinatlarına göre nitelenirler. Nokta bulutlarının birleştirilmesi, giydirilmesi ve renklendirilmesinde YLT' lere montajlı kamera sistemleri ön plana çıkarlar. Çeşitli istasyonlarda ve açık alan kalmayacak şekilde bindirmeli yapılan taramalar sonucunda, tarayıcıyla genelde birlikte çalışan yazılımlar sayesinde işlenerek 3B modeller oluşturulurlar (Ulvi vd., 2019; Ulvi vd., 2020; Karataş vd., 2022).

YLT olarak sektörde epeyce bir marka ve model bulunmaktadır. Bunlarla ilgili örnekler Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. a) Leica Scanstation P50 YLT, b) Trimble TX8 3B YLT, c) FARO M 70 YLT d) Riegl VZ YLT [URL 5, 6, 7, 8]

Yersel lazer tarayıcıların geleneksel yöntemlere göre üstünlükleri, hızlı proje tamamlanabilir, maliyet düşürülebilir, ulaşılabilir alanlar ölçülebilir, eksiksiz ve çok amaçlı veri toplanabilir, aydınlatmadan bağımsız çalışabilmesi söylenebilir (Fidan vd., 2022; Korumaz vd., 2011; Yılmaz & Yakar, 2016b).

Günümüzde yersel lazer tarayıcılar, haritacılıkta, arkeolojide, Kültürel mirasın belgelenmesinde ve coğrafi bilgi sistemine aktarımında, ormancılık çalışmalarında,



düzenleme çalışmaları tamamlandıktan ve çevresinde yer alan yapılarında kamulaştırma kapsamına alınmasıyla 2001 yılında müze olarak ziyarete açılmıştır. Müze Unesco geçici kültür mirası listesindedir.1992-1993 yıllarında Papalık tarafından gerçekleştirilen “Aziz Paul Sempozyumu ve Ayini” müzede gerçekleştirilmiştir. Kilisede bulunan mermer süslemeler, ikon ve aziz tasvirleri açısından müze, dünya kiliseleri içinde önemli bir yer almaktadır (URL1,2). Şekil 6’da Aziz Pavlus Kilisesinin dış ve iç görüntüsü görülmektedir.



(a)



(b)

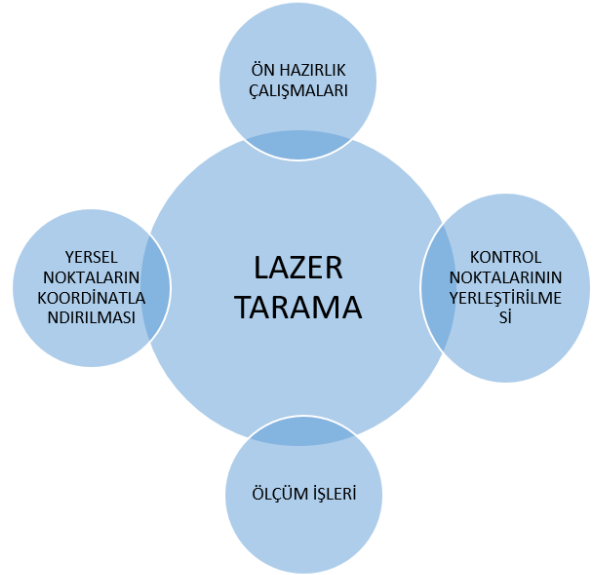
**Şekil 6.** Aziz Pavlus Kilisesinin Dıştan (a) ve İçten (b) Görünümü

#### 4. UYGULAMA

Tarsus Aziz Pavlus Kilise’ sinin 3B modellemesi işlemi verilerin toplanması ve işlenmesi olmak üzere iki ana kısımda yürütülmüştür.

##### 4.1. Veri toplama

Veri toplama bölümü ön hazırlık çalışmaları, kontrol noktalarının yerleştirilmesi, noktaların koordinat verilmesi için ölçüm işlemleri, yersel noktaların koordinatlandırılması sonucunda lazer tarama işleminin gerçekleştirilmesinden oluşmaktadır. Şekil 7’de veri toplama işlemleri bir akış diyagramında gösterilmektedir.



**Şekil 7.** Veri toplama iş akışı

Ön hazırlık çalışmalarında bu çalışmada kullanılacak jeodezik ölçü aletleri, bina duvarlarında ve zeminde kullanılacak kontrol noktalarının temini gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Topcon Hiper serisi SR GPS ve Topcon ES-65 serisi Elektronik takeometre kullanılmıştır. (Şekil 8)



**Şekil 8.** Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometre (a) ve Topcon Hiper serisi SR GPS (b) [URL5]

Çalışmada kullanılan Topcon Hiper serisi SR GPS, Kanal izleme teknolojisi ve gelişmiş anten teknolojisi ile kompakt, hafif, sağlam, yapılandırılabilir ve çok yönlü bir alettir. Bu alet 300 m ye kadar kesintisiz, MAGNET Relay GSM iletişim servisi ile sabit ve gezici olarak 35 km kadar RTK yapılabilmektedir. Topcon Hiper serisi SR GPS’in teknik özellikleri Tablo 1’de görülmektedir.

Çalışmada kullanılan Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometre reflektörsüz olarak uzaklık ölçme teknolojisine sahiptir. Aletin 15 saatlik pil ömrü ve 10.000 nokta depolayabilen yerleşik yazılımı gibi özellikleri mevcuttur. Faz kaydırma teknolojisi ile hızlı ve doğru nokta tespiti, süper parlak lazer işaretçi ile geliştirilmiş kolimasyon, minimum mesafe ölçüm hatası için daha küçük elektronik uzaklık ölçer ışın nokta boyutu ile sığ geliş açılarında bile güvenilir ölçüm sağlamaktadır (URL 3). Tablo 2’ de Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometrenin teknik özellikleri görülmektedir.

**Tablo 1.** Topcon Hiper serisi SR GPS Teknik Özellikleri [URL5]

Öznitelik	Değer
Kanal Sayısı	GPS L1, L2, L2C
Konum Belir. Has.	H: 10 mm + 1.0 ppm V: 15 mm + 1.0 ppm
Hafıza	2 GB Dahili
Aktarım Hızı	10Hz ' e kadar
Boyut	150 x 150 x 64 mm
Ağırlık	850 gr
IP derecesi	IP67
Çalışma Sıcaklığı	-20°C - +65°C
Tarayıcı Kontrolü	Dokunmatik
Çalışma Süresi	20 Saate kadar
Anten Tipi	Fence Anten
Veri Aktarım	TPS, RTCM SC104 v
Formatı	2.x, 3.x; CMR/CMR+

Çalışmada kullanılan Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometre reflektörsüz olarak uzaklık ölçme teknolojisine sahiptir. Aletin 15 saatlik pil ömrü ve 10.000 nokta depolayabilen yerleşik yazılımı gibi özellikleri mevcuttur. Faz kaydırma teknolojisi ile hızlı ve doğru nokta tespiti, süper parlak lazer işaretçi ile geliştirilmiş kolimasyon, minimum mesafe ölçüm hatası için daha küçük elektronik uzaklık ölçer ışın nokta boyutu ile sığ geliş açılarında bile güvenilir ölçüm sağlamaktadır [URL 3]. Tablo 2' de Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometrenin teknik özellikleri görülmektedir.

**Tablo 2.** Topcon ES-65 serisi Elektronik Takeometre Teknik Özellikleri [URL5]

Öznitelik	Değer
Mesafe Hassasiyeti	+/- (3mm+2pp x D) +/- (2mm+2ppm x D)
Mesafe Ölçme	Reflektörsüz 0.3-350m, Reflektörlü 1.3-4000m,
Açı Ölçme	1"/5"
Açı Ölçme Has.	5"
Boyut	191x174x348mm
Ağırlık	5,4 kg
Büyütme	30x
Çalışma Sıcaklığı	-200 ila +600C
Çözünürlük	2.5"
Objektif uzunluğu	171mm
Ölçüm süresi	0.9/0.7/0.3s
Pil çalışma süresi	15 saat
Görüş alanı	1°30'
Dahili bellek	10000 nokta

Bu çalışmada FARO marka FocusS 350 model YLT kullanılmıştır. FARO Focus Lazer Tarayıcılar özel olarak Mimari, Mühendislik, İnşaat, Kamu Güvenliği ve Adli Tıp veya Ürün Tasarımı gibi sektörlerde hem iç mekân hem de dış mekân ölçümler için tasarlanmıştır.

Tüm FocusS ve FocusM tarayıcılar IP koruma derecesi yüksek, geniş sıcaklık aralığı ile HDR fonksiyonu bulunan özelliklere sahiptirler. Lazer tarayıcı FocusS Serisinde artmış mesafe ve açısal duyarlılık mevcuttur. FocusS tarayıcılar dengeleme fonksiyonu ile donatılmışlardır. FocusS bir bilgisayara veya mobil cihaza tarama verisini kablosuz aktarılmasını sağlayabilmektedir. SCENE Yazılımı ile birlikte kullanılarak, 3B modeller üretimini gerçekleştirirler (URL 3).

Şekil 9'da FARO marka FocusS 350 model yersel lazer tarayıcı görülmektedir.

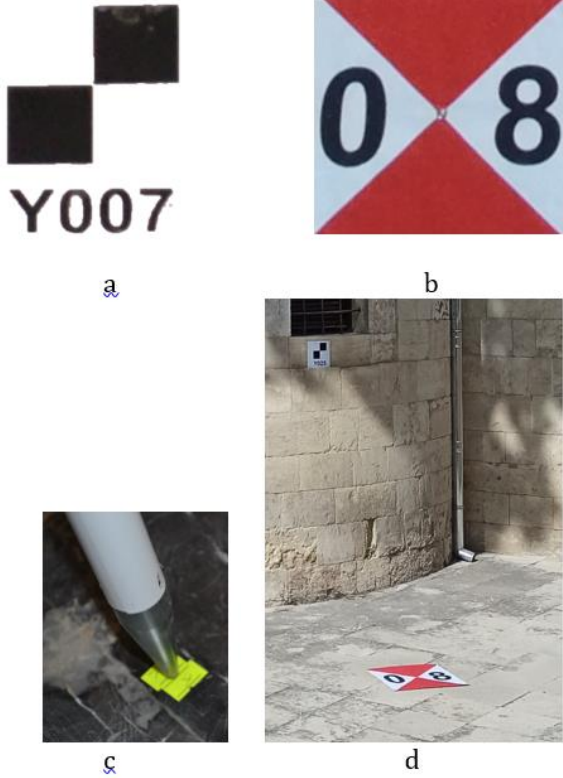
**Şekil 9.** FARO marka FocusS 350 model yersel lazer tarayıcı (URL3)

FocusS, artırılmış hassasiyet ve çift eksenli kompensatörlü mesafe ve açısal ölçümle ölçülen nesneye ait verileri nitelikli bir şekilde toplayabilir. Sonucunda yüksek kaliteli tarama verisi elde edilebilir. Yapılacak işin hassasiyetine göre tarama zaman aralıkları mevcuttur. Geniş ortam sıcaklık aralığı zorlu ortamlarda taramaya olanak sağlar. Cihazlar azami taşınabilirlik maksadıyla su geçirmez ve ergonomik bir taşıma muhafazasıyla donatılmıştır [URL 3]. Tablo 3'de kullanılan YLT teknik özellikleri görülmektedir.

**Tablo 3.** Kullanılan yersel lazer tarayıcının teknik özellikleri [URL 3].

Öznitelik	Değer
Mesafe	0.6-350 m
Mesafe Ölçme Hatası	± 1 mm
Çözünürlük	165 mp
Görüş Alanı	300°, 360°
Boyut	230x183x103 mm
Ağırlık	4.2 kg
IP derecesi	IP54
Çalışma Sıcaklığı	-5°C - 40°C
Tarayıcı Kontrolü	Dokunmatik
Veri Depolama	SD, SDHC™, SDXC™
Ölçme Hızı	976000
HDR Kayıt	2x, 3x, 5x

Çalışmada kullanılmak üzere hazırlanmış kâğıt hedefler ile yer kontrol noktaları bina iç ve dış yüzeylerinde uygun yerlere çalışma alanında yerleştirilmiştir. Şekil 10'da kâğıt hedefler, iç ve dış yer kontrol noktaları ve yerleştirilme durumları görülmektedir.



**Şekil 10.** Kâğıt Hedefler (a), İç (c) ve Dış (b) Yer Kontrol Noktaları ve Yerleştirilme Durumları (d)

Kontrol noktalarının yerleştirilmesinden sonra koordinat, açı, yatay mesafe ve eğik mesafe ölçüleri gerçekleştirilmiştir. Ölçme işlemleri sonucunda iç ve dış yersel kontrol noktalarına koordinat verme işlemi tamamlanmıştır. Kontrol noktaları ölçme işlemlerine ait bir görüntü ve dış poligon güzergâhı örneği şekil 11’de görülmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 11.** Ölçme İşlemlerine Ait Bir Görüntü (a) ve Dış Poligon Güzergâhı Örneği (b)

Lazer tarama işlemi taramanın planlanması ve tarama işlemi olarak iki bölümdür. Lazer taramanın planlaması işleminin en önemli kısmı tarama istasyonlarının belirlenmesidir. Bu istasyonların yer seçiminde en önemli ilke yeteri sayıda tarama istasyonu oluşturulması ve istasyon arasında boş bölge kalmadan tarama işlemini gerçekleştirmektir (Ulvi vd., 2020). Çalışmada tarama istasyonları bina içinde ve dışında bindirmeli şekilde 32 nokta belirlenmiştir.

Ayrıca tarama işleminde jeodezik koordinat sistemi kullanıldığı için hedef işaretleri de bu koordinat sistemine göre belirlenmiştir. Tarama istasyonlarında FARO marka FocusS 350 model YLT ile 12 dk'lık taramalar gerçekleştirilmiştir. Yapının iç ve dış tarama anlamlarının görüntüleri şekil 12’de görülmektedir.



(a)

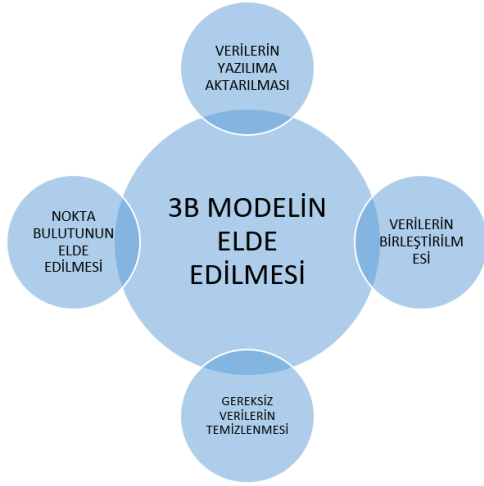


(b)

**Şekil 12.** Bina İç (a) ve Dış (b) Tarama İşleminin Görüntüleri.

#### 4.2. Veri İşleme

Veri toplama çalışmalarının tamamlanmasından sonra veri işleme aşamasına geçilmiştir. Veri işleme aşaması verilerin yazılıma aktarılması, verilerin birleştirilmesi, gereksiz verilerin temizlenmesi, nokta bulutunun elde edilmesi ve sonucunda 3B modelin elde edilmesinden oluşmaktadır. Şekil 13’de veri işleme işlemleri bir akış diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 13. Verinin işlenmesi iş akışı

FARO marka FocusS 350 model YLT'de, kendi yazılımı olan SCENE yazılımı kullanılmaktadır.

Faro SCEEN yazılımı, veri görselleştirme, yönetme, gereksiz verinin ayıklanması ve kayıt sağlamak için FARO Focus Lazer Tarayıcılar, Focus Swift İç Mekan Mobil Tarayıcı ve Freestyle 2 Portatif Tarayıcı ile ve üçüncü taraf lazer tarayıcılarla yakalanan tarama verilerini işlemek için tasarlanmıştır SCENE yazılımı, ihtiyaç olan tüm verileri yakalar, böylece panoramik görünüm, 3B geçişler ve sanal gerçeklik turlarını dijital yaratabilir. Otomatik veri işleme, filtreleme ve kayıt işlevleri, bir bakışta gerçekliğin yüksek kaliteli dijital görüntülerine dönüştürülebilir. Kullanıcı yönlendirmeli iş akışları ve genişletilmiş dil desteği sağlamaktadır. Yazılım hızlı ve en üretken iş akışlarını sağlayarak, ölçmeyi geleneksel yöntemlerden üç kat daha verimli hale getirmektedir.

Yazılım tarama verilerini kullanılabilir CAD iş akışlarına dönüştürür. Sınırsız boyuttaki nokta bulutlarını tam ayrıntılı olarak görüntülerken, sürükleyici bir deneyim yaratarak tarama verilerini 2B, 3B ve sanal gerçeklik (VR) ortamlarında sunabilir. Hedef tabanlı ve hedefsiz (Cloud2Cloud) tarama kaydı için veri işleme özelliğini yönetebilir. Temizliği ve renk dengesini iyileştirmek için tarama verileri filtreleme için çeşitli araçlarla desteklemeleri mevcuttur. Yapay küreler, dama tahtası, kodlanmış işaretler veya doğal referanslar (köşe noktaları ve düzlemler, vb.) hedef işaretlerini rahatlıkla tanıyıp işleyebilir. Yüksek çözünürlüklü renkli fotoğraflardan veya Laser-HDR TM renk seçeneğinden renkli taramalar ortaya koyabilir [URL 3].

Çalışmada 32 istasyonda YLT ile taramalar gerçekleştirilmiştir. Taramalar sonucunda elde edilen veriler yazılıma aktarılmış ve ardından veri işleme (process) aşamasına geçilmiştir. Taramalar birleştirilip 605433430 adet nokta bulutu üretilmiştir. İşlemden nokta hatası 8 mm ile 20 mm aralığında olup çalışmanın maksimum nokta hatası  $\pm 5.4$  mm, ortalama nokta hatası ise 1.7mm olarak belirlenmiştir. Taramalarda bindirme oranları %10 ile %25 aralığında olup çalışmanın minimum bindirme oranı %13.3 dür. Nokta bulutu verisi üzerinden dağınık ve gereksiz (gürültü) veriler temizlenmiştir.

Tarama verilerinin işlenmesi aşamaları tamamlandıktan sonra yapının çeşitli görünüşlerinden üretilen iç dış bölgelere ait nokta bulutları Şekil 14'de görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 14. Bina Dış (a) ve iç (b) nokta bulutu

Yapının çeşitli görünüşlerden kesitleri elde edilmiştir. Şekil 15'de 3B modelin Kuzey-Güney doğrultusunda ve bina tavan iç kesitleri görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 15. Yapının Çeşitli kesitleri; Kuzey-Güney doğrultusunda (a), Tavan (b)

Bu çalışmanın sonucunda Tarsus Aziz Pavlus Kilisesi'nin 3B modeli görseli elde edilmiştir. Şekil 16'da yapının 3B modeli görülmektedir.





Şekil 16. Yapının 3B Modeli Görşeli

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yersel lazer tarama tekniği ile üretilen 3B modellerin sanal gerçeklik ortamlarında yetkinliği araştırılmıştır. Bunun için tarihi ve kültürel önemi çok büyük olan Tarsus Aziz Pavlus Kilisesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Tarsus Aziz Pavlus Kilisesinde FARO marka FocusS 350 model YLT ile veri toplama çalışmaları yapılmış, veri setleri SCENE yazılımı ile işlenerek, yapının 3B modeli oluşturulmuştur.

Geleneksel ölçüm yöntemleri, tek nokta ölçümü ve tekrarlı ölçüm ile objelere ait bazı noktalara ait koordinatları üretebilirler. Dolayısıyla ölçülmek istenen nesneyi tam olarak ve kapsamlı olarak değerlendiremezler. 3B tarama ölçü yöntemi ise nesnenin karmaşık yapısını net olarak ortaya koyabilirler. Yani çok sayıda nokta verisi toplayarak, objenin modelini hızlıca ve düşük maliyetli olarak oluşturabilirler. Ve bu nesneyi bu sayede kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilir.

3B tarama teknolojisinin önemli bir uygulayıcısı olan yersel lazer tarayıcılar nesnelerin veya yapıların 3B modelinin oluşturulmasında önemli araçlardır.

Sanal gerçeklik için sürükleyici bir sanal bina ortamının olması ve doğru ortam bilgilerin aktarılmasının önemlidir. Bu nedenle sanal gerçeklik ortamlarının oluşturulabilmesi için 3B modellere özellikler gereksinimi bulunmaktadır. Bu model gereksinimi de geleneksel yöntemlere göre en nitelikli olarak karşılayabilen ölçü yöntemi yersel lazer tarayıcılar olacaktır.

Yersel lazer tarayıcıların, sanal gerçeklik için üreteceği 3B modellerdeki avantajlarının yanında bina seviyelerindeki olumsuz durumlar sonucunda modelde bozukluklarla karşılaşılabilir. Ayrıca özellikle bina modellemelerinde çatı yani üst bölümünün oluşturulamaması da önemli sorunlardan birini teşkil etmekte ve eksik modelle karşılaşmaktadır.

Ancak özellikle bina iç kısımlarının çoklu istasyonlarla, kapalı alanlar kalmamasına dikkat edilerek yapılacak modellemelerde nitelikli ve kapsayıcı 3B modeller üretilmektedir. Bu modeller de sanal gerçeklik de görselleştirme ve dolaşımda büyük performans sağlayacaktır.

Yersel lazer tarayıcılar ile üretilen 3B modellerin sanal gerçeklik ortamlarında kullanılabilirliğini sağlayabilmek için özellikle bina tarzı modellerin üst

kısımları için insansız hava araçları, iç ve eksik kalabilecek kısımlar içinde yersel fotogrametrinin veya giyilebilir tarama teknolojilerinin kullanımı eksiksiz bir 3B model oluşturmayı sağlayacaktır.

## Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma Şafak Fidan'ın tezinin bir parçasını oluşturmakta olup Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2021-1-TP2-4294 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## Yazarların Katkısı

Çalışmadaki tüm katkılar yazarlar arasında eşit orandadır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Abellán, A., Oppikofer, T., Jaboyedoff, M., Rosser, N. J., Lim, M. & Lato, M. J. (2014). Terrestrial Laser Scanning of Rock Slope Instabilities. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39(1), 80-97.
- Altuntas, C., Yıldız, F., Karabork, H., Yakar, M. & Karasaka, L. (2007, October). Surveying and documentation of detailed historical heritage by laser scanning. *In XXI International CIPA Symposium*, 1(6).
- Atile, M, F. (2008). Tarsuslu Aziz Pavlus, Pozitif ambalaj basım, Tarsus – Mersin.
- Baltsavias, E. P. (1999). A Comparison between Photogrammetry and Laser Scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 83-94.
- Banfi, F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. *Virtual Archaeology Review*, 11(23), 16-33.
- Büyüksalih, G., Kan, T., Özkan, G. E., Meriç, M., Isın, L. & Kersten, T. P. (2020). Preserving the knowledge of the past through virtual visits: from 3D laser scanning to virtual reality visualisation at the Istanbul Çatalca İnceğiz Caves. *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(2), 133-146.
- Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Yakar, İ. (2020). Yersel lazer tarama (YLT) yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonunda kullanımı: Alman Çeşmesi örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2(1), 15-22.
- 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.
- Choromański, K., Łobodecki, J., Puchała, K. & Ostrowski, W. (2019). Development of Virtual Reality application for Cultural Heritage visualization from multi-source 3D data. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 261-267.

- Coates, G. (1992). Görünmez Siteden Program Bir Sanal Sho, George Coates Tarafından Sunulan Bir Multimedya Performans Çalışması Performansı İşler, San Francisco.
- Dinis, FM, Sanhudo, L., Martins, J. P. & Ramos, N. M. (2020). Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinde proje iletişiminin iyileştirilmesi: Sanal gerçeklik ve lazer taramanın birleştirilmesi. *Yapı Mühendisliği Dergisi*, 30, 101287.
- 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
- 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.
- 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.
- Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G. & Fidan, Ş. (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması; Klasik Otomobiller Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4 (1)
- Güleç, K., A., Dülgerler, O. N. & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelemede Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Kharroubi, A., Hajji, R., Billen, R. & Poux, F. (2019). Classification and integration of massive 3d points clouds in a virtual reality (VR) environment. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(W17).
- Lambers, K., Remondino, F. (2009). Optical 3D Measurement Techniques in Archaeology: Recent Developments and Applications, Cultural Heritage.
- Liu, X. (2008). Airborne LiDAR for DEM Generation: Some Critical Issues. *Progress in Physical Geography*, 32(1), 31-49.
- Meng, X., Currit, N. & Zhao K (2010). Ground Filtering Algorithms for Airborne Lidar Data: A Review of Critical Issues. *Remote Sensing*, 2(12), 833-860.
- 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.
- Öz, H., 1998, Bilinmeyen Tarsus, Kültür Bakanlığı Yayınları: 2008, Başvuru Kitapları Dizisi: 75, *Türk Tarih Kurumu Basımevi*, Ankara.
- Polat, N. (2022). Availability of Iphone 13 Pro Laser Data in 3D Modeling. *Advanced LiDAR*, 2(1), 10-14.
- S. J. Alonso, J. I., Martínez, Rubio, J., Fernández, Martín, J. J. ve García Fernández, J. (2011, Mart). Uçuş süresi ve faz kaymasının karşılaştırılması. San Isidoro (León) Bazilikası'ndaki Kraliyet Pantheon'unun araştırması. *ISPRS Çalıştayında "3D-ARCH"*.
- 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.
- Staiger, R. (2003). Terrestrial Laser Scanning Technology, Systems and Applications, FIG Regional Conference. *Marrakech*, Morocco, December 2-5, 2003.
- 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.
- 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* Cilt: 6, No: 1, 2014 (25-36)
- Yastikli, N. (2007). Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural heritage*, 8(4), 423-427.
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S. & Mutluoğlu, 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
- 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.
- 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., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelemede Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2010). 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. (2010). Silifke-Mersin Bölgesinde Roma Dönemi Eserlerinin 3 Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (101).
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016). Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23-33.
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016). Yersel Lazer Tarama Teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., Yıldız, F., Karabork, H., Kavurmacı, M. M., Mutluoğlu, O. & Goktepe, A.

(2009). Monitoring of corrosion in fairy chimney by terrestrial laser scanning. *Journal of International Environmental Application & Science*, 4(1), 86-91.

### İnternet Kaynakları

[URL1]:

[https://tr.wikipedia.org/wiki/Aziz\\_Pavlus\\_Kilisesi\\_\(Tarsus\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Aziz_Pavlus_Kilisesi_(Tarsus)) (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL2]:

[https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/mersin/gezilecek\\_yer/st-paul-anit-muzesi](https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/mersin/gezilecek_yer/st-paul-anit-muzesi) (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL3]:

<https://www.faro.com/en/Products/Software/SCENE-Software> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL4]:

[https://tr.wikipedia.org/wiki/Aziz\\_Petrus\\_Meydan%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/Aziz_Petrus_Meydan%C4%B1) (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL5]:

<https://www.paksoytekNIK.com.tr/> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL6]:

<https://leicaturkiye.com/> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL7]:

<https://www.graftek.com.tr/> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)

[URL8]:

<http://www.riegl.com/> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)



© Author(s) 2022.

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