

e-ISSN  
2717-6797

TÜRKİYE

# LiDAR DERGİSİ

Turkish Journal of LiDAR



Cilt/Vol: 5  
Sayı/ Issue: 1  
Haziran/June, 2023



Türkiye LiDAR Dergisi



### Dergi Hakkında

Türkiye LiDAR Dergisi; LiDAR teknolojisini geliştirme, kullanım ve yer bilimleriyle ilgili çalışmalarını yayınlayan ve Uluslararası Dizinler ve Veritabanlarında taranan hakemli bir dergidir. Dergi, LiDAR Sistemleri ve LiDAR Otonom Sistemleri vb. konular ve ayrıca LiDAR'ın tasarım ve uygulamalarına odaklanır.

### Amaç & Kapsam

Türkiye LiDAR Dergisi,

- ✚ Yersel, hava ve mobil LiDAR kullanım alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri; Harita, Jeoloji, Çevre, Maden, Şehir Plancılığı, Ziraat vb. mühendislik alanı, Arkeoloji ve mimarlık ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✚ Aşağıdaki konularla doğrudan veya dolaylı faaliyetlerde bulunan bilim adamları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasında bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak kolay erişilebilir ve geniş kapsamlı bir tartışma ortamı sağlamak.
- ✚ Dünyada ve Türkiye'de teknolojik ve ekonomik kalkınmada rol oynayabilecek mesleki gelişmelerle ilgili sorunların çözümünde büyük önem taşıyan LiDAR teknolojisi ile kurumlar arası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak.

Türkiye LiDAR Dergisinin kapsamı;

- ✓ Temel LiDAR Uygulamaları,
- ✓ LiDAR Platformları
- ✓ Yersel LiDAR Uygulamaları
- ✓ El Tipi LiDAR Uygulamaları
- ✓ Mobil LiDAR Uygulamaları
- ✓ Giyilebilir LiDAR Uygulamaları
- ✓ Hava LiDAR Uygulamaları
- ✓ İHA LiDAR Uygulamaları
- ✓ LiDAR Otonom Sistemleri
- ✓ LiDAR ile Arttırılmış Gerçeklik ve sanal gerçeklik (VR) uygulamaları,
- ✓ LiDAR verileri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu,
- ✓ LiDAR ile Belgeleme Çalışmaları
- ✓ LiDAR ile Endüstriyel ölçmeler,
- ✓ LiDAR ile Deformasyon ve Heyelan Ölçmeleri,
- ✓ LiDAR ile Madencilik Ölçmeleri,
- ✓ LiDAR ile Şehircilik ve Ulaşım Planları Çalışmaları,
- ✓ LiDAR ile Tarım Uygulamaları,
- ✓ LiDAR ile Hidrografik Uygulamaları,
- ✓ LiDAR ile 3D modelleme
- ✓ LiDAR ile açılan tüm multidisipliner çalışmalar,

### Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)

### ISSN

2717-6797

### WEB

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

### İletişim

[lidar@mersin.edu.tr](mailto:lidar@mersin.edu.tr) / [ayasinyigit@mersin.edu.tr](mailto:ayasinyigit@mersin.edu.tr) /



Turkish Journal of LiDAR

### About Journal

The Journal of LiDAR is a peer-reviewed journal that publishes studies on LiDAR technology development, use, and earth sciences and is scanned in International Indexes and Databases. The journal, LiDAR Systems, and LiDAR Autonom Systems, etc. focuses on the design and applications of LiDAR, including.

### Aim & Scope

Turkish Journal of LIDAR,

- ✚ To present international developments in the use of terrestrial, wearable, UAV, air, and mobile LIDAR to the information of scientists interested in the fields of Map, Geology, Environment, Mining, Urban Planning, Agriculture, archeology, and architecture.
- ✚ To provide an easily accessible and wide-ranging discussion environment that will strengthen and accelerate the sharing of knowledge and experience between scientists, researchers, engineers, and other practitioners who are involved in direct or indirect activities with the following topics.
- ✚ To contribute to the initiation and development of inter-institutional cooperation with LiDAR technology, which is of great importance in solving problems related to professional developments that can play a role in technological and economic development in the world and in Turkey.

The scope of Turkish Journal of LIDAR;

- ✓ Basic LIDAR Applications,
- ✓ LiDAR Platforms
- ✓ Terrestrial LiDAR Applications
- ✓ Hand-Held LiDAR Applications
- ✓ Mobile LiDAR Applications
- ✓ Wearable LiDAR Applications
- ✓ Air LiDAR Applications
- ✓ UAV LiDAR Applications
- ✓ LiDAR Autonomous Systems
- ✓ Augmented Reality and virtual reality (VR) applications with LiDAR,
- ✓ Geographical Information Systems integration with LiDAR data,
- ✓ Documentation Studies with LiDAR
- ✓ Industrial measurements with LiDAR,
- ✓ Deformation and Landslide Measurements with LiDAR,
- ✓ Mining Measurements with LiDAR,
- ✓ Urbanism and Transportation Planning Studies with LiDAR,
- ✓ Agricultural Applications with LiDAR,
- ✓ Hydrographic Applications with LiDAR,
- ✓ 3D modeling with LiDAR
- ✓ All multidisciplinary studies conducted with LiDAR,

**Publication frequency**

Biannual (June-December)

**ISSN**

2717-6797

**WEB**

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

**Contact**

[lidar@mersin.edu.tr](mailto:lidar@mersin.edu.tr) / [ayasinyigit@mersin.edu.tr](mailto:ayasinyigit@mersin.edu.tr) /





Türkiye LiDAR Dergisi  
Turkish Journal of LiDAR

#### EDİTÖR / EDITOR

**Abdurahman Yasin Yiğit**

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Mersin, Türkiye

#### EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

- **Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ**, Aksaray University  
[hmuraty@gmail.com](mailto:hmuraty@gmail.com),
- **Prof. Dr. Khalil Valizadeh KAMRAN**, University of Tabriz, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Department of Remote Sensing and GIS, Tabriz, Iran  
[valizadeh@tabrizu.ac.i](mailto:valizadeh@tabrizu.ac.i)
- **Assoc. Prof. Dr. Murat UYSAL**, Afyon Kocatepe University  
[muysal@aku.edu.tr](mailto:muysal@aku.edu.tr),
- **Assist. Prof. Dr. Bilgehan KEKEÇ**, Konya Technical University  
[kekec@ktu.edu.tr](mailto:kekec@ktu.edu.tr),
- **Dr. Hayri ULVİ**, Gazi University  
[hayriulvi@gmail.com](mailto:hayriulvi@gmail.com),
- **Dr. Alper AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University,  
[alperakar@erzincan.edu.tr](mailto:alperakar@erzincan.edu.tr),
- **Dr. Özlem AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University  
[oakar@erzincan.edu.tr](mailto:oakar@erzincan.edu.tr),
- **Dr. Mehmet Ali DERELİ**, Giresun University  
[madereli@gmail.com](mailto:madereli@gmail.com)  
Giresun University
- **Dr. Mustafa Zeybek**, Selçuk University  
[mzeybek@selcuk.edu.tr](mailto:mzeybek@selcuk.edu.tr)
- **Dr. Atta-ur RAHMAN**, Department of Geography and Geomatics,  
University of Peshawar-Pakistan  
[atta-urrehman@uop.edu.pk](mailto:atta-urrehman@uop.edu.pk)

#### DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- **Prof. Dr. Murat YAKAR**, Mersin University  
[myakar@mersin.edu.tr](mailto:myakar@mersin.edu.tr),
- **Prof. Dr. İbrahim YILMAZ**,  
[iyilmaz@aku.edu.tr](mailto:iyilmaz@aku.edu.tr),  
Afyon Kocatepe University
- **Dr. Resul ÇÖMERT**,  
[rcomert@gumushane.edu.tr](mailto:rcomert@gumushane.edu.tr),  
Gümüşhane University

#### LiDAR Dergisi Dil Editörleri / LiDAR Journal Language Editors

**Res. Asst. Halil İbrahim ŞENOL**, Harran University  
[hse nol@harran.edu.tr](mailto:hse nol@harran.edu.tr)

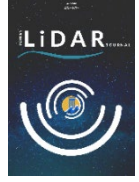
# İçindekiler

## Contents

### Araştırma Makaleleri;

### Research Articles\*\*;

Sayfa/Page No	Makale Adı ve Yazar Adı Article Name and Author Name
01-07**	<i>Gelişmiş Deniz Gözlemi: SAR Tabanlı Gemi Tespiti için CNN Algoritmalarının Kullanımı</i> <i>Advancing Maritime Surveillance: Using CNN Algorithms for SAR-based Ship Detection</i> <b>Halil İbrahim Şenol</b>
08-16**	<i>Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Kullanılan Teknikler</i> <i>Techniques Used in 3D Modeling of Small Objects</i> <b>Zekeriya Kaçarlar</b>
17-25**	<i>Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Rölöve ve Restitasyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı Örneği</i> <i>Preparation of Survey and Restitution Projects by Terrestrial Laser Scanning Method; Akşehir Castle Ruins Example</i> <b>Adem Kabadayı</b>
26-37**	<i>Bir Asırlık Bursa Tarihi Ziraat Mektebi İdare Binası'nın Mimari Özelliklerinin, Yersel Lazer Tarama Yöntemiyle Belgelenmesi</i> <i>Documenting the Architectural Features of the One-Century-Old Bursa Agricultural School Administration Building with Terrestrial Laser Scanning Method</i> <b>Lale Karataş</b>
38-44**	<i>Nokta Bulutu Verisinden Bina Cephelerine Ait Düzlemlerin RANSAC ile Segmentasyonu</i> <i>Segmentation of Building Facade Planes from Point Cloud Data with RANSAC</i> <b>Yunus Kaya &amp; Nizar Polat</b>



## Gelişmiş Deniz Gözlemi: SAR Tabanlı Gemi Tespiti için CNN Algoritmalarının Kullanımı

Halil İbrahim Şenol <sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63290, Şanlıurfa, Türkiye; (halilisenola@gmail.com)



\*Sorumlu Yazar:  
halilisenola@gmail.com

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Şenol H. İ. (2023). Gelişmiş Deniz Gözlemi: SAR Tabanlı Gemi Tespiti için CNN Algoritmalarının Kullanımı. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 01-07.

Geliş : 20.03.2023  
Revize : 11.05.2023  
Kabul : 19.05.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

### Özet

Deniz gözetiminde gemilerin tespiti, önemli pratik uygulamaları olan temel bir araştırmadır. Bu çalışmada Sentinel-1 verilerinin ve Faster R-CNN algoritmalarının gemi tespiti için kullanımını araştırdım ve %86.11 doğruluk elde ettim. Faster R-CNN algoritması, görüntülerdeki nesnelere algılamada olağanüstü performans sergileyen, derin öğrenmeye dayalı bir nesne algılama çerçevesidir. Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı tarafından işletilen ve hassas mekansal çözünürlüğe sahip Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri sağlayan ve onu gemi tespit uygulamaları için çok uygun hale getiren bir radar uydusudur. Önerilen metodoloji, doğru gemi tespiti için Sentinel-1 verilerini Faster R-CNN algoritması ile birleştirmenin etkinliğini göstererek, deniz gözetimi ve gemi trafiği yönetimindeki pratik uygulamalar için potansiyeli vurgulamaktadır. Çalışmanın sonuçları, deniz taşımacılığının emniyet ve güvenliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir ve denizcilik alanındaki çok çeşitli operasyonel ve araştırma faaliyetlerini desteklemeye yardımcı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, SAR, Sentinel-1, Faster R-CNN, derin öğrenme.

## Advancing Maritime Surveillance: Using CNN Algorithms for SAR-based Ship Detection

\*Corresponding Author:  
halilisenola@gmail.com

### Research Article

**Citation:** Şenol H. İ. (2023). Advancing Maritime Surveillance: Using CNN Algorithms for SAR-based Ship Detection. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 01-07 (in Turkish).

Received : 20.03.2023  
Revised : 11.05.2023  
Accepted : 19.05.2023  
Published : 30.06.2023

### Abstract

The detection of ships in maritime surveillance is an essential task with significant practical applications. In this study, I investigated the use of Sentinel-1 data and Faster R-CNN algorithms for ship detection, achieving an accuracy of 86.11%. The Faster R-CNN algorithm is a deep learning-based object detection framework that has demonstrated outstanding performance in detecting objects in images. Sentinel-1 is a radar satellite operated by the European Space Agency that provides Synthetic Aperture Radar (SAR) images with excellent spatial resolution, making it well-suited for ship detection applications. The proposed methodology showcases the effectiveness of combining Sentinel-1 data with the Faster R-CNN algorithm for accurate ship detection, highlighting the potential for practical applications in maritime surveillance and vessel traffic management. The study's results can contribute to improved safety and security of sea transport and can help support a wide range of operational and research activities in the maritime domain.

**Keywords:** Remote sensing, SAR, Sentinel-1, Faster R-CNN, deep learning.

## 1. Giriş

Gemi tespiti, denizcilik alanında çok çeşitli pratik uygulamaları olan önemli bir araştırma alanıdır. Doğru ve verimli gemi tespiti, deniz güvenliği, gemi trafiği yönetimi, çevresel izleme ve arama kurtarma operasyonları dahil olmak üzere çeşitli amaçlar için gereklidir. Gemileri neredeyse gerçek zamanlı olarak tespit ve takip etme becerisi, gemi hareketleri ve davranışları hakkında değerli bilgiler sağlayarak bir dizi denizcilik paydaşı için daha iyi karar vermeyi mümkün kılabilir. Örneğin, deniz güvenlik kurumları korsanlık ve kaçakçılık gibi potansiyel tehditleri izlemek için gemi algılama teknolojisini kullanabilirken, liman yetkilileri de gemi trafiğini yönetmek ve operasyonel verimliliği artırmak için kullanabilir. Ayrıca gemi algılama, petrol sızıntıları ve diğer kirlilik türleri gibi gemiciliğin çevresel etkilerini izlemek için de kullanılabilir. Son yıllarda, uydu ve radar görüntüleme teknolojisindeki ilerlemelerin yanı sıra derin öğrenme algoritmalarındaki gelişmeler, gemi tespiti ve takibinde önemli ilerlemeler kaydedilmesini sağlayarak, bu alanı denizcilik endüstrisi için birçok potansiyel faydaya sahip hızla gelişen bir alan haline getirmiştir.

Uydu verileriyle nesne tespiti, tarım, şehir planlama ve afet yönetimi gibi çeşitli alanlarda birçok potansiyel uygulama ile hızla gelişen bir araştırma alanıdır. Birçok çalışma, konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) ve tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) dahil olmak üzere derin öğrenme algoritmaları kullanarak nesne tespiti için uydu verilerinin kullanımını araştırmıştır. Kentsel alanlardaki binaları tespit etmek için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım kullanarak uydu verileri ve İHA verileri üzerinde yüksek doğruluğa sahip sonuçlar elde edilmektedir (Ghosh vd., 2018, Senol ve Coltekin, 2022, Kaya vd., 2023). Benzer şekilde, Zhang vd. (2019) okyanus bölgelerindeki gemileri tespit etmek için uydu verileri ve CNN'lerin bir kombinasyonunu kullanmış ve ortalama %87'lik bir hassasiyet elde etmiştir. Daha yakın zamanda, Gao vd. (2021) mahsul büyüme modellerini tespit etmek için uydu verileri ve RNN'lerin bir kombinasyonunu kullanarak %91'lik bir doğruluk elde etmiştir. Bu çalışmalar, nesne tespiti için uydu verilerinin ve derin öğrenme algoritmalarının potansiyelini göstermekte ve bu görev için doğru ve verimli modeller geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, uydu verilerinin kalitesi ve kullanılabilirliğinin yanı sıra derin öğrenme modellerinin büyük ölçekli uydu veri kümeleri üzerinde eğitilmesinin karmaşıklığı açısından hala zorluklar mevcuttur. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve uydu verileriyle nesne tespitinin tam potansiyelini gerçekleştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Faster R-CNN, nesne algılama için popüler bir derin öğrenme algoritmasıdır ve bilgisayarla görüşü, robotik ve otonom sürüş dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Faster R-CNN iki ana bileşenden oluşur: bir bölge öneri ağı (RPN) ve bir algılama ağı. RPN, giriş görüntülerine dayalı olarak nesne önerileri üretir ve bunlar daha sonra nesne sınıflandırması ve sınırlayıcı kutu regresyonu için algılama ağına aktarılır. Ren vd. (2015) tarafından 2015 yılında tanıtılmasından bu yana, Faster R-CNN çeşitli araştırmacılar tarafından sürekli olarak geliştirilmiş ve değiştirilmiştir. Örneğin, Li vd. (2017) nesne tespiti için çok ölçekli özellik haritalarını birleştirmek için yeni bir yol önermiş ve çeşitli kıyaslamalarda son teknoloji ürünü sonuçlar elde etmiştir. Benzer şekilde, Zhang vd. (2020) performansını artırmak için RPN'ye bir öz dikkat mekanizması eklemiş ve nesne algılama doğruluğunda önemli bir iyileşme sağlamıştır. Faster R-CNN'nin etkinliği, SAR görüntülerinde gemi tespiti (Meyer vd., 2018) ve trafik sahnelerinde yaya tespiti (Li vd., 2019) gibi belirli uygulamalarda da gösterilmiştir. Bu çalışmalar, Faster R-CNN'nin çeşitli alanlarda nesne tespiti için potansiyelini ve performansını artırmak için sürekli iyileştirme ve modifikasyonun önemini vurgulamaktadır.

Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri kullanılarak gemi tespiti, deniz gözetimi, oşinografi ve ulusal güvenlik alanlarındaki potansiyel uygulamaları nedeniyle aktif bir araştırma konusu haline gelmiştir. SAR, hava koşulları ve aydınlatmadan bağımsız olarak deniz yüzeyinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlayabilir ve bu da onu optik sensörlere önemli bir alternatif haline getirir. SAR görüntülerini kullanarak gemi tespiti için geleneksel istatistiksel ve matematiksel modellerden makine öğrenimi tabanlı algoritmalara kadar çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Örneğin, Hu vd. (2015) SAR görüntülerindeki gemileri tespit etmek için istatistiksel modelleme ve morfolojik işlemlere dayalı bir yöntem önermiştir.

Son yıllarda, konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) gibi derin öğrenme algoritmaları gemi tespitinde umut verici sonuçlar göstermiştir. Benzer şekilde Kong vd. (2020), tespit performansını artırmak için çoklu sensör verilerini birleştiren yeni bir CNN tabanlı yaklaşım önermiştir. SAR görüntüleri kullanılarak gemi tespitinde kaydedilen ilerlemeye rağmen, deniz karmaşasının karmaşıklığı ve gemi özelliklerinin değişkenliği gibi zorluklar devam etmektedir. Bununla birlikte, SAR görüntülerinin gemi tespit uygulamaları için potansiyeli çok büyüktür ve zorlukları ele almak ve yeni yöntemler ve algoritmalar keşfetmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Bu çalışma, deniz gözetimi, çevresel izleme ve arama kurtarma operasyonları gibi çeşitli uygulamalardaki önemi nedeniyle gemi tespitine





**Tablo 1.** Sentinel-1 Uydusunun Teknik Özellikleri.

Parametre	Teknik Özellik
Frekans	C-band (5.405 GHz)
Sıklık	Çift polarizasyon (VV ve VH)
Mekansal Çözünürlük	5 m (VV polarizasyon) / 20 m (VH polarizasyon)
Tarama Genişliği	400 km'ye kadar
Yeniden Ziyaret Süresi	6 - 12 gün
Yörünge	Güneşle eşzamanlı kutupsal yörünge 7 yıl için planlanmıştır
Görev Süresi	(uzatılabilir)

### 2.3. Yöntem

Uydu görüntülerinden gemilerin tespiti ve izlenmesi, deniz gözetimi, gemi trafiği yönetimi ve çevresel izlemede kritik bir görevdir. Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri, gece ve olumsuz hava koşullarında çalışabilmesi nedeniyle gemi tespiti için yararlı bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Son yıllarda, derin öğrenme tabanlı algoritmalar görüntülerdeki nesnelere tespit etmede büyük potansiyel göstermiştir. SARfish, SAR görüntülerini ve Faster R-CNN algoritmasını kullanan bir gemi algılama algoritmasının açık kaynaklı bir uygulamasını sunmaktadır. SARfish algoritması, SAR görüntülerinde gemilerin tespit edilmesini ve izlenmesini sağlayarak çeşitli denizcilik uygulamaları için değerli bir araç sunar.

SARfish algoritması, gürültü ve benekleri gidermek için SAR görüntülerini önceden işleyerek ve ardından derin sinir ağı kullanarak özellikleri çıkararak çalışır. Daha sonra görüntülerdeki gemileri tespit etmek ve sınıflandırmak için Faster R-CNN algoritması kullanılır. Algoritma, SAR görüntülerinden oluşan bir veri kümesinde ortalama %92,9 hassasiyet (AP) ile gemileri tespit etmede yüksek doğruluk göstermiştir. Algoritma ayrıca gemileri zaman içinde izleyerek gemi hareketleri ve yörüngeleri hakkında bilgi sağlayabilir. SARfish veri havuzu, kullanıcıların gemi tespit sonuçlarını keşfetmelerine ve analiz etmelerine olanak tanıyan veri görselleştirme ve analiz araçları da içerir.

SARfish, SAR görüntülerini ve Faster R-CNN algoritmasını kullanarak gemi tespiti ve takibi için güçlü bir araç sağlar. Algoritma, gemileri tespit etmede yüksek doğruluk göstermiştir ve gemi trafiği yönetimi, çevresel izleme ve deniz güvenliği dahil olmak üzere çeşitli denizcilik uygulamalarına uygulanabilir. Yazılımın açık kaynak niteliği, daha fazla geliştirme ve özelleştirmeye olanak tanıyarak onu denizcilik alanındaki araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bir kaynak haline getirmektedir. SARfish

algoritmasının SAR görüntülerindeki gemileri tespit etme ve izleme yeteneği, gemi hareketleri ve davranışları hakkında değerli bilgiler sağlayarak denizcilik uygulamalarında karar verme süreçlerine yardımcı olabilir.

Faster R-CNN algoritması, gelişmiş bir derin öğrenme tabanlı nesne algılama çerçevesidir (Girschick, 2015). Giriş görüntüsüne konvolüsyonel katmanlar uygulanarak oluşturulan bir konvolüsyonel özellik haritasını alan bir Bölge Öneri Ağı (RPN) kullanır. RPN bu bilgiyi, önerilen bölgenin ilgilenecek bir nesneyi içermesi olasılığını gösteren ilişkili 'nesnellik' puanlarına sahip bölge önerileri oluşturmak için kullanır. Farklı boyut ve oranlarda dikdörtgen bölgeler olan bu öneriler daha sonra İlgi Bölgesi (RoI) havuzlama katmanında iyileştirme işlemine tabi tutulur. Bu katman, her bir teklif içindeki özellikleri sabit bir boyuta dönüştürmek için maksimum havuzlama kullanır ve tam bağlantılı bir katmanla uyumluluk sağlar.

İyileştirilmiş öneriler, nesne kategorilerini tahmin eden ve sınırlayıcı koordinatları hassas bir şekilde ayarlayan bir sınıflandırıcı ağı iletilir. Hem RPN hem de sınıflandırıcı ağı, sınıflandırma ve konumlandırma hatalarını en aza indiren bir çoklu görev işlevi kullanılarak birlikte eğitilir. RPN, önceden tanımlanmış bağlantı kutularına göre 'nesnellik' puanlarını ve sınırlayıcı kutu ofsetlerini tahmin ederken, sınıflandırıcı ağı, RPN'nin önerilerine dayanarak sınırlayıcı kutu ofsetlerini daha da hassas bir şekilde ayarlar. Faster R-CNN, bölge önerme ve sınıflandırma ağlarını tek bir birleşik çerçeveye etkili bir şekilde entegre ederek nesne algılama görevlerinde en son teknolojiye sahip performansa ulaşır. Algoritmanın matematiksel detayları Ren ve diğerlerinin (2015) çalışmasında bulunabilir.

Algoritma, uydu görüntüsü sağlayıcıları da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan elde edilebilen SAR görüntülerini girdi olarak gerektirir (Kang vd., 2017). Görüntü elde edildikten sonra, kullanıcı gürültüyü gidermek ve gemi tespitiyle ilgili özellikleri geliştirmek için görüntüyü ön işleme tabi tutmalıdır. Önceden işlenmiş görüntüler daha sonra, görüntülerdeki gemileri tespit etmek ve izlemek için Faster R-CNN nesne algılama çerçevesini kullanan SARfish algoritması kullanılır. Algoritmanın çıktısı, görüntüdeki gemilerin konumu ve boyutu hakkında bilgi içerir. Kullanıcı daha sonra bu çıktıyı analiz ederek çeşitli denizcilik uygulamaları için gemi hareketleri ve davranışları hakkında bilgi edinebilir. SARfish algoritması, SAR görüntülerinden gemi tespiti ve takibi için esnek ve özelleştirilebilir bir çözüm sunmakta ve deniz güvenliği, gemi trafiği yönetimi ve çevresel izleme alanlarında potansiyel uygulamalar sağlamaktadır.

### 3. Bulgular

Faster R-CNN mimarisine dayanan önerilen gemi tespit algoritması Sentinel-1 VH SAR görüntülerine uygulanmış ve çeşitli gemi türlerinin başarılı bir şekilde tespit edilmesiyle sonuçlanmıştır. Algoritma, SAR görüntülerindeki gemileri tanımlamak için konvolüsyonel sinir ağları ve bölge öneri ağlarının bir kombinasyonunu kullanmıştır. Tespit edilen gemiler daha sonra çıkarılmış ve konumlarını ve dağılımlarını gösteren bir harita üzerinde görüntülenmiştir. Şekil 2, çıkarılan gemilerin bulunduğu haritayı göstermektedir.

Harita, tespit edilen gemilerin görüntünün çeşitli alanlarına dağıldığını ve bu konumlarda nakliye faaliyetinin varlığını göstermektedir. Önerilen

algoritma küçük balıkçı teknelerinin yanı sıra büyük kargo gemilerini de yüksek doğrulukla tespit edebilmiştir. Yanlış pozitif oranının da düşük olması, algoritmanın görüntülerdeki diğer özellikleri gemi olarak yanlış tanımlamadığını göstermektedir.

Önerilen gemi tespit algoritması, Sentinel-1 VH SAR görüntülerinden oluşan test veri kümesi üzerinde %86,11'lik bir genel doğruluk elde etmiştir. Algoritma, kargo gemileri, balıkçı tekneleri ve konteyner gemileri dahil olmak üzere farklı boyut ve şekillerdeki gemileri başarıyla tespit etti. Kesinlik (presicion) ve geri çağırma (recall) değerleri sırasıyla %84,54 ve %89,03 olup yanlış pozitif ve yanlış negatif hatalar arasında iyi bir denge olduğunu göstermektedir (Tablo 2).



Şekil 2. Önerilen gemi tespit algoritması kullanılarak Sentinel-1 VH SAR görüntülerinden çıkarılan gemiler (kırmızı ile işaretlendi).

Tablo 2. Önerilen gemi tespit algoritmasının doğruluk sonuçları.

Yöntem	Doğruluk (%)
SARfish	86.11

Genel olarak, Sentinel-1 VH SAR verileri kullanılarak Faster R-CNN mimarisine dayanan önerilen gemi tespit algoritması umut verici sonuçlar

göstermiş ve SAR görüntülerinde gemi tespiti için etkinliğini kanıtlamıştır. Önerilen algoritma, gerçek zamanlı gemi algılama ve gözetleme sistemlerine uygulanma potansiyeline sahiptir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Sentinel-1 VH Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerini kullanarak Faster R-CNN mimarisine dayalı açık kaynaklı bir gemi algılama algoritmasının potansiyelini araştırarak gemi algılama alanındaki literatür boşluğunu gidermeyi amaçladım. Önceki araştırmalar genellikle optik görüntülere veya hava koşulları, aydınlatma veya hesaplama karmaşıklığı ile sınırlı olabilen geleneksel yöntemlere odaklanmıştır. Bu çalışma, derin öğrenme tekniklerini ve SAR görüntülerini kullanarak bu tür sınırlamaların üstesinden gelmeye ve gemi tespitinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaya çalışmaktadır.

Önerilen algoritma, gemileri tespit etmede yüksek doğruluk ve düşük yanlış pozitif oranları göstererek onu gerçek dünya denizcilik uygulamaları için uygun hale getirmiştir. Çeşitli boyut ve tipteki gemileri tespit etme kabiliyeti, çok yönlülüğünü ve farklı denizcilik senaryolarına uyarlanabilirliğini göstermektedir. Çalışma, SAR görüntüleri ile derin öğrenme algoritmalarının gemi tespitinde birleştirilmesinin etkinliğini vurgulamakta ve böylece bu alanda gelecekteki araştırma ve geliştirmeler için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma, gemi tespiti ve deniz gözetimi konusunda devam eden araştırmalara katkıda bulunarak, önerilen algoritmanın performansını artırmaya yönelik gelecekteki çabalar için zemin hazırlamaktadır. Sonuçlar, deniz emniyeti, güvenliği ve çevrenin korunmasında çok önemli bir rol oynadıkları için doğru ve güvenilir gemi tespit algoritmaları geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Bunu yaparken, bu çalışma sadece mevcut literatür boşluğunu doldurmakla kalmıyor, aynı zamanda derin öğrenme teknikleri ve SAR görüntüleri kullanarak gemi tespiti alanında daha fazla keşif ve yeniliği teşvik etmektedir.

##### Yazarların Katkısı

Çalışma tek yazarlıdır.

##### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

##### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

##### Kaynaklar

Gao, L., Zhang, Y., Huang, Q., & Gong, H. (2021). Crop growth stage detection using time-series satellite data and recurrent neural networks. *Remote Sensing*, 13(1), 111.

- Ghosh, S., Hazra, A., & Chowdhury, A. (2018). Building extraction from high-resolution satellite images using deep learning. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1315-1334.
- Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 1440-1448.
- Hu, Y., Liu, X., Zhang, H., & Zhang, C. (2015). A new ship detection algorithm based on SAR image. In *2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 1714-1719).
- Kang, M., Leng, X., Lin, Z., & Ji, K. (2017, Mayıs). A modified faster R-CNN based on CFAR algorithm for SAR ship detection. In *2017 International Workshop on Remote Sensing with Intelligent Processing (RSIP)*, 1-4, IEEE.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2023). Investigating the limestone quarries as geoheritage sites: Case of Mardin ancient quarry. *Open Geosciences*, 15(1), 20220473.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ., Yiğit, A. Y., & Yakar, M. (2023). Car Detection from Very High-Resolution UAV Images Using Deep Learning Algorithms. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 89(2), 117-123.
- Kong, W., Gao, L., Li, X., Wang, J., & Li, X. (2020). Ship detection in SAR images based on multi-sensor data using convolutional neural networks. *IEEE Access*, 8, 212754-212766.
- Li, K., Zhang, Y., & Liu, J. (2019). Feature-selective anchor-free module for single-shot object detection. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 3318-3327.
- Li, X., Zhang, W., & Sun, J. (2017). FPN: Feature pyramid networks for object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2117-2125.
- Meyer, F., Voinov, A., Pakhomov, E., & Kuznetsov, A. (2018). Ship detection in SAR images based on deep learning and the Faster R-CNN algorithm. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(5), 1459-1470.
- Nazari, S. W., Akarsu, V., & Yakar, M. (2023). Analysis of 3D Laser Scanning Data of Farabi Mosque Using Various Softwares. *Advanced LiDAR*, 3(1), 22-34.
- Orhan, O., Oliver-Cabrera, T., Wdowinski, S., Yalvac, S., & Yakar, M. (2021). Land subsidence and its relations with sinkhole activity in Karapınar region, Turkey: a multi-sensor InSAR time series study. *Sensors*, 21(3), 774.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in neural information processing systems*, 28.
- Şenol, H. İ., & Çöltekin, A. (2022). Building Footprint Extraction from High Resolution UAV Images Using Deep Learning Algorithms in the Context of Unplanned Urbanisation. *Abstracts of the ICA*, 5, 144.

Zhang, J., Wei, Z., Shen, Y., & Xiao, T. (2020). Bridging the gap between anchor-based and anchor-free detection via adaptive training sample selection. *In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 9759-9768.

Zhang, W., Zhang, X., & Sun, L. (2019). Ship detection in SAR images using a CNN-based method. *Remote Sensing*, 11(17), 1988.



© Author(s) 2023.

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

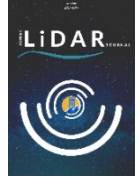




## Türkiye LiDAR Dergisi

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

e-ISSN 2717-6797



### Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Kullanılan Teknikler

Zekeriya Kaçarlar <sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, 33343, Mersin, Türkiye;  
(zekeriyakarlar@gmail.com)



\*Sorumlu Yazar:  
zekeriyakarlar@gmail.com

#### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Kaçarlar, Z. (2023). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Kullanılan Teknikler. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 08-16.

Geliş : 18.05.2023  
Revize 1 : 07.06.2023  
Revize 2 : 09.06.2023  
Kabul : 14.06.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

#### Özet

Kültürel miras eserlerinin 3B sayısallaştırılması, tarihi koruma amaçları için oldukça önemlidir. Bunu yapmak, turizmden kaynaklanan zararlar, doğal afetler ve savaş gibi olaylara karşı önlemeye yardımcı olabilir. Ayrıca, dünyanın dört bir yanındaki tüm disiplinlerden araştırmacıların bu eserleri incelemesi için üç boyutlu verilere erişim sağlar. Bu araştırmacılar, kırılған orijinal eserleri onlara zarar verme potansiyeline maruz bırakmadan aynı objeyi eş zamanlı olarak inceleyebilirler. Ayrıca, gelecekteki kullanıcılar açısından, eğitim ve inceleme amaçlı çevrimiçi bir arkeolojik eserler veri tabanından yararlanabilir. Bunun dışında, ortaya çıkan 3b görüntüler video oyunu geliştirme, 3b animasyonlar ve sanal gerçeklik gibi eğlence amaçlı olarak da kullanılabilir. Kültürel miras eserlerinden küçük objelerin 3b modellenmesi diğer eserlere göre farklı gereksinimler ve yöntemler içermektedir. Bu makalede küçük objelerin modellenme yöntemleri incelenmiş ve sonuçlar hakkında çıkarımlarda bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yersel fotogrametri, küçük obje modellemesi, yersel lazer tarama, el tipi lazer tarama.

### Techniques Used in 3D Modeling of Small Objects

\*Corresponding Author:  
zekeriyakarlar@gmail.com

#### Research Article

**Citation:** Kaçarlar, Z. (2023). Techniques used in 3D modeling of small objects. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 08-16 (in Turkish).

Received : 18.05.2023  
Revised 1 : 07.06.2023  
Revised 2 : 09.06.2023  
Accepted : 14.06.2023  
Published : 30.06.2023

#### Abstract

3D digitization of cultural heritage artifacts is very important for historic preservation purposes. Doing so can help prevent damage from tourism, such as natural disasters and war. It also provides access to three-dimensional data for researchers from all disciplines around the world to examine these artifacts. These researchers can simultaneously examine the same object without exposing fragile original artifacts to the potential for harm. In addition, future users can benefit from an online database of archaeological artifacts for educational and review purposes. Apart from that, the resulting 3D images can also be used for entertainment purposes such as video game development, 3D animations and virtual reality. 3D modeling of small objects from cultural heritage artifacts includes different requirements and methods compared to other artifacts. In this article, the modeling methods of small objects are examined and inferences are made about the results.

**Keywords:** Terrestrial photogrammetry, small object modeling, terrestrial laser scanning, handheld mobil laser scanner.

## 1. Giriş

Kültürel miras eserlerinin 3 boyutlu sayısallaştırılması, tarihi koruma amaçları için oldukça önemlidir. Bunu yapmak, turizmden kaynaklanan zararlar, doğal afetler ve savaş gibi olaylara karşı önlemeye yardımcı olabilir (Kanun vd., 2021; Alptekin & Yakar, 2021). Ayrıca, dünyanın dört bir yanındaki tüm disiplinlerden araştırmacıların bu eserleri incelemesi için üç boyutlu verilere erişim sağlar. Bu araştırmacılar, kırılğan orijinal eserleri onlara zarar verme potansiyeline maruz bırakmadan aynı objeyi eş zamanlı olarak inceleyebilirler. Ayrıca, gelecekteki kullanıcılar açısından, eğitim ve inceleme amaçlı çevrimiçi bir arkeolojik eserler veri tabanından yararlanabilir. Bunun dışında, ortaya çıkan 3b görüntüler video oyunu geliştirme, 3b animasyonlar ve sanal gerçeklik gibi alanlarda da kullanılabilir (Karabacak & Yakar, 2022; Karataş vd., 2022a).

Tarihi eserlerde zaman içerisinde meydana gelen doğal ya da yapay yollarla ortaya çıkan tahribatları restorasyonu ve gelecek nesillere aktarılmasının en güncel ve doğruluğu yüksek yapılmasının yolu işe belgeleme çalışmalarından başlanmasıdır. Bundan dolayı tarihi eserlerin belgelenmesi amacına göre yapılacak olan çalışmalar için ilk aşamadır (Alptekin & Yakar, 2020; Ulvi vd., 2020). Mevcut kültürel miras eserlerinden küçük objelerin modellenmesi kendi içinde değerlendirilmesi gereken bir konudur (Karataş vd., 2022a; Karabacak & Yakar, 2023). Uygulanan teknikler bu tekniklerin avantajları ve dezavantajları diğer eserlerden farklı olarak ele alınıp değerlendirilmelidir. Bunun nedeni, küçük arkeolojik eserleri 3b sayısallaştırırken, doku ayrıntılarını yakalamak ve renk bilgilerini doğru şekilde korumak gerekmektedir. Ayrıntılı dokulara sahip olmak için yüksek çözünürlük önemlidir (Alvarez, 2021). Günümüzde teknolojik gelişmelerin etkisi ile miras eserlerinin hem yapısal hem de sayısal olarak korunması için tüm kurallar ve özelliklerin kayıt altına alınması gerekir (Ulvi vd., 2014; Yakar vd., 2015; Yakar vd., 2016). Kültürel mirasın korunması ve yaşatılması için geliştirilen tekniklerden yaygın olarak kullanılan biri yersel fotogrametri tekniğidir. Yerse fotogrametri tekniği sayesinde jeodezik ölçümler yapılabilen ve çekilen resimler sayesinde 3b model oluşturulabilmektedir (Pulat vd., 2022)

Fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı ölçme sistemleri gerçek obje geometrisinin belirlenmesinin yanı sıra objenin coğrafi referansı ile modellenmesi imkânı da sağlamaktadır (Akin & Erdoğan, 2022). Günümüzde birçok alanda uzaktan algılama ve fotogrametri teknikleri ile üretilen veriler kullanılmaktadır (Erdogan & Mutluoglu, 2020). Kültürel mirasın içerisinde yer alan küçük objelerin modellenmesinde geçmişte yapılan uygulamalar ve

sonuçları göz önüne alındığında en yaygın kullanılan yöntemler fotogrametrik çalışma olan yersel fotogrametri, lazer taramanın bir çeşidi olan yersel lazer tarama olarak değerlendirilmektedir (Yakar vd., 2008; Yılmaz vd., 2008; Yılmaz & Yakar, 2006a). Teknolojinin gelişmesiyle, kültürel miras eserlerinin 3b verilerini elde etmek için yeni yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. 3b lazer tarayıcılar, lazer ışınlarında yararlanarak, zaman ve mesafeyi ölçerek yüzeylerden çok sayıda nokta elde eder (Bohler & Marbs, 2004). 3b lazer tarayıcılar kullanılarak toplanan nokta bulutları, 3b model üretmek için kullanılmaktadır. Kısa sürede çok sayıda nokta bulutu toplama yeteneği, lazer tarayıcıları mimari uygulayıcılar için uygun bir seçenek haline getirdi (Huber vd., 2010). Kültürel mirasın içerisinde yer alan küçük objelerin modellenmesinde son dönemlerde lazer tarama sistemlerinden olan yersel lazer tarama sistemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Yersel lazer tarayıcılar, son dönemlerde jeodezik araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz & Yakar, 2006b; Yılmaz vd., 2010). Hızla gelişen teknolojik gelişmelerden dolayı piyasaya sürekli olarak özel tarayıcılar girmektedir (Pejić vd., 2014). Bu özel yersel lazer tarayıcıların bir türü, el tipi lazer tarayıcıdır. Adından da anlaşılacağı gibi, cihazlar elde taşınır ve bu nedenle daha küçüktür ve normal üç ayak monteli lazer tarayıcılardan önemli ölçüde daha düşük bir ağırlığa sahiptir. El tipi lazer tarayıcılar, öncelikle, standart üç ayaklı monteli lazer tarayıcının taramada güçlük çektiği alanlarda nokta bulutları ve daha küçük nesnelere oluşturmak için tasarlanmıştır. Kaneda vd. (2022) yaptıkları çalışmalarında tarihi eser niteliği taşıyan ve küçük obje olan kavanozu dönel platform sayesinde otomatik bir sistem olan yersel fotogrametri tekniğini kullanarak modellemişlerdir. Bu modeli oluştururken sfm algoritmasını kullanmışlardır. Oluşturulan modeli daha sonra yersel lazer tarama tekniğini de kullanarak modellemişlerdir. İki modeli birbiri ile karşılaştırmışlar ve modellerin birbirine çok benzediği sonucuna varmışlardır. Bunun sonucunda yapılan yapılan yöntemlerin benzer nesnelere modellenmesinde doğruluğu yüksek olarak kullanılacağı belirtilmiştir.

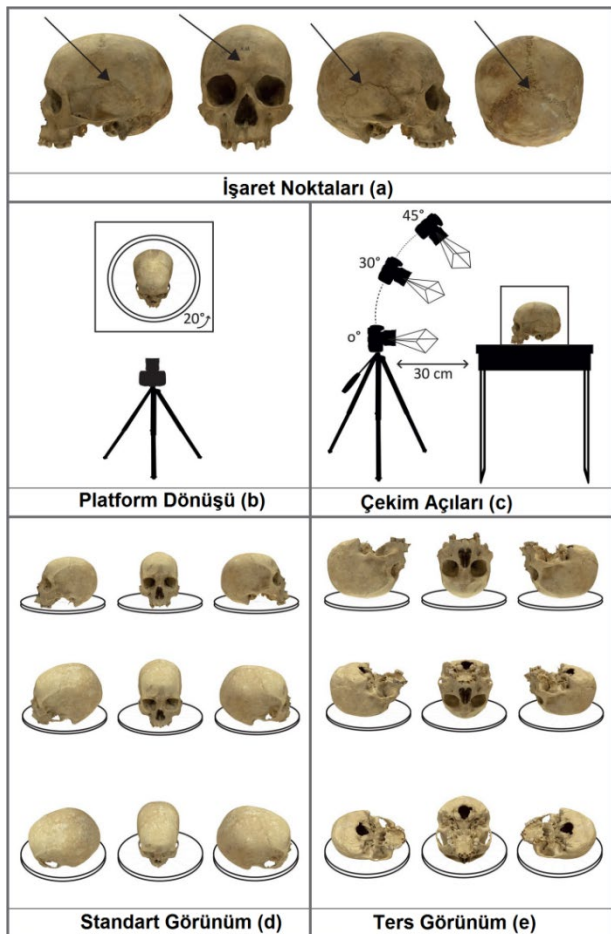


**Şekil 1.** Kavanozun dönel platform yardımı ile yersel fotogrametri tekniğine göre modellenmesi (Kaneda vd., 2022).



Şekil 2. Kavanozun Creafrom HandySCAN BLACK lazer tarama ile modellenmesi (Kaneda vd., 2022).

Lauria vd. (2022) çalışmalarında yersel fotogrametri tekniğini kullanarak insan kafatasını modellemişlerdir. Tek kamera kullanılmış ve sfm algoritmasından yararlanılmıştır. Bu yöntem ucuz, kolay taşınabilir, hızlı ve basit bir yöntem olduğu için tercih edilmiştir. Fotoğrafların doğru bir şekilde hizalanması ve modelin oluşturulması için uygun bir sahne oluşturulmuştur. Sahnede 4 adet işaret noktasında yararlanılmıştır. İki set halinde 54 adet fotoğraf çekilmiş ve Agisoft Metashape yazılımıyla kafatasının tamamı modellenmiştir. Oluşturulan modellerin doğruluğu yüksek modeller olduğu ve gelecek çalışmalar açısından örnek bir çalışma olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Yersel fotogrametri sistemi ile modellenecek objenin tasarımı (Lauria vd., 2022).

Kersten vd. (2009) çalışmalarında, Paskalya Adası'nda bulunan ve UNESCO tarafından 1995 yılında korumaya alınan 3 adet volkanik heykeli yersel lazer tarama tekniğiyle taramışlar ve dijital belgelerini oluşturmuşlardır. Lazer tarama sistemleri olarak Trimble GX (2007), Trimble Zoller & Fröhlich (2008) GS101 ve IMAGER 5006 sistemlerini kullanmışlardır. Referans noktaları belirlenmiş ve yeterince nokta bulutu üretilerek tarama gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak her iki lazer tarayıcı ile yapılan taramalar değerlendirilmiş ve sonuçların kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Yersel lazer tarama sistemi Z+F IMAGER 5006 ile taranan yoğunluk değerlerine sahip nokta bulutunun gösterimi (Kersten vd., 2009).

Standart lazer tarayıcılar aynı alanı taramak için birkaç noktaya kurulum yapılarak tarama yapması gerekeğinden daha büyük alanların taranmasını kolaylaştırmak için el tipi lazer tarayıcıların olması önemlidir. Fakat, el tipi lazer tarayıcıların çoğu nesne/ayrıntı taraması için tasarlanmıştır. Mevcut durumda el tipi lazer tarayıcı, yersel lazer taramanın tamamlayıcısı olarak düşünülebilir, bununla beraber değişen teknolojik gelişmelerle, el tipi lazer tarayıcılar uzun vadede geleneksel yersel lazer tarama teknolojisine meydan okuyabilir (James & Quinton, 2014). Bu nedenle, aracın avantaj/dezavantajlarının ve kısıtlamaların farkında olmak gerekmektedir. Eldeki teknolojinin kullanılabilmesi için ölçüm hataları tespit edilmeli ve belirlenen ölçüm hataları üreticinin belirttiği değerlere uyup uymadığı kontrol edilmelidir (Boehler vd., 2003).

El tipi lazer tarayıcılar yeni teknoloji olduğundan tarayıcılarla ilgili literatür o kadar geniş değildir. Yapılan ölçümlerdeki hatalar daha önce değerlendirilmemiştir. Ölçüm hata kontrolü tam anlamıyla geliştirilmemiştir. Bu durum el tipi lazer tarayıcının en büyük dezavantajı olarak düşünülebilir. Ölçüm hataları ve diğer önemli parametreleri bilinen bir cihaz tarafından elde edilen nokta bulutları ile karşılaştırılarak doğruluğu ve kullanılabilirliği tespit edilmelidir.



Zagorchev & Goshtasby (2006) el tipi lazer tarama ile bir tarama gerçekleştirmiştir. Taramada boyutları nesnenin boyutlarına göre tanımlanan metal bir çerçeve kullanmıştır (Şekil 2). Tarayıcı, tarama kafasında sabit bir kamera bulunan bir üçgenleme yöntemi ile gerçekleşmiştir. Ölçümde kullanılan teknoloji ile tarayıcıyı serbest hareket edebilmiş ve ölçüm belirsizliğini 1 mm'nin altına çekmek mümkün olmuştur. Küçük nesnelere taramak için bir lazer çizgi projektörü ve bir web kamerası ile kullanılmıştır. Ancak yapılan taramanın kapsamı çok sınırlıydı. Ayrıca tarayıcı kameralarla birlikte ağırlaştığından ve bundan dolayı daha uzun süre tarama yapmak mümkün olmamıştır. Bu nedenle, tarayıcının ağırlığı saha çalışmasında büyük önem taşıyor ve kullanım kolaylığını değerlendirirken önemli bir faktördür.



Şekil 5. Fiziksel çerçeveli 3B tarayıcı (Zagorchev & Goshtasby 2006).

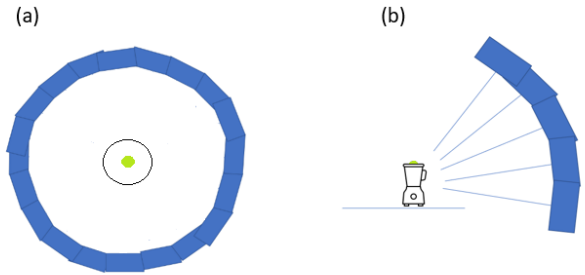
Fotoğrafları kullanmak, 3b model oluşturmak için alternatif bir seçenektir. Fotogrametri, 2 boyutlu fotoğrafları ölçerek ve analiz ederek objelerin 3 boyutlu geometrisine dönüştüren bir yaklaşımdır. Yakın mesafe fotogrametrisi, endüstri, biyomekanik, kimya, biyoloji, arkeoloji, mimarlık, otomotiv ve uzay mühendisliği ve kaza rekonstrüksiyonu gibi farklı alanlarda kullanılmıştır (Jiang vd., 2008). Fotogrametri, lazer tarayıcılara göre düşük maliyetli bir teknolojidir ve taşınabilirliği onu daha uygun hale getirir (Sabry vd., 2003).

Fotogrametri ile bir nesnenin 3b modelini oluşturmak için önce bir dijital kamera kullanılarak birkaç görüntü alınır. Görüntüler, yaklaşık %60'lık bir örtüşme ile nesnenin etrafından alınır. Bindirme, hem tüm nesnenin belgelenmesini sağlamak için hem de 3b modeli oluşturmak için kullanılan yazılımın görüntüleri birleştirirken bitişik noktaları daha kolay bulabilmesi için kullanılır (Mikhail vd., 2001).

Yersel fotogrametri ile modelleme işlemi yaparken dijital kamera, ışık kaynağı ve dönel bir platforma ihtiyaç duyulmaktadır. Dönel platform sayesinde obje 360° sabit bir şekilde dönerek her açıdan fotoğrafı çekilebilmektedir. Gerekli ışıklandırma sağlanarak

objeye gölge oluşumu engellenmelidir. Kamera objeyi her açıdan fotoğraflayacak şekilde konumlanmalıdır.

Resimler bindirmeli olarak çekilmektedir (Şekil 3); burada şekil 1, görüntülerin nesne etrafında nasıl çekildiğini yukarıdan ve şekil 2, nesnenin nasıl olduğunu yandan fotoğraflayarak göstermektedir.



Şekil 6 . a. Bindirmeli Resimler b. Objenin yandan görüntüsü (Persson, 2020).

Fotogrametri ile en iyi sonuçlar için aşağıdaki faktörler karşılanmalıdır:

- Nesneyi gözlemlemek için birkaç farklı yükseklik açısından resimler çekilmelidir.
- Kameranın odak uzaklığı, odak ve diyafram için sabit ayarları olmalıdır.
- Kamera hareketsiz olmalıdır. Titreşim ve dengesizlikten mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
- Görüntülerdeki geometrileri bozabilecekleri ve yazılımın görüntüleri bir 3b modelde birleştirememesine neden olabileceği için geniş açılı lenslerden kaçınılır. Bunun nedeni, yazılımın hangi görüntülerin birbirine ait olduğunu bulmak için eş doğrusal olan (birbiriyle aynı çizgi üzerinde) noktalar bulması (Persson, 2020).

Çekim yaparken, kamera yada objeden hangisinin döndüğünün önemi yoktur. Önemli olan nesnenin çekim sırasında şeklini aynı şekilde korumasıdır.

Nesneler üzerindeki düz, yuvarlak ve pürüzsüz yüzeylerin fotogrametri kullanılarak belgelenmesi zordur, çünkü tüm noktalar aynı çizgi üzerindeymiş gibi görüldüğünde program nesnenin ne kadar büyük olduğunu algılamakta zorlanabilir. Bu, programın kendisini nesne üzerinde olduğu yere yönlendirmeyi zor bulduğu anlamına gelir. Bu bazen daha fazla fotoğraf çekilerek ve daha fazla sayıda farklı açıdan çekilerek giderilebilir (Lichti & Maas, 2008).

Porter vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada eski çağlara ait olan kültürel miras eserlerini modellemek için düşük bütçeli yersel fotogrametrik bir sistem geliştirmişlerdir. Oluşturdukları sistem sayesinde fotoğraf çekimini kolaylaştırmış ve eserleri her açıdan fotoğraflamışlardır. Sistematik, hassas fotoğrafçılık ve kullanılan tekniklerin kombinasyonu sayesinde, son derece ayrıntılı 3D modelleri güvenilir bir şekilde üretilmiştir.



Bucchi vd. (2020), yapmış oldukları çalışmalarında yakın mesafe fotogrametrisini kullanarak karmaşık geometriye sahip 780 şempanze ve goril kemiğini 3b olarak modellemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında dijital kamera, çekim çadırı, tripod, ışık sistemi ve dönel tabla kullanmışlardır. Oluşan modeller nispeten küçük, opak nesnelere kullanılarak yakın mesafeli fotogrametride iyi fotoğraflar çekmeyi kolaylaştıracak basit, etkili kriterler açıklanmıştır. Parlak ve saydamlığı zor olan birkaç istisna dışında, oluşturulan 3b modeller yüksek kalitededir ve bilimsel amaçlara uygundur.



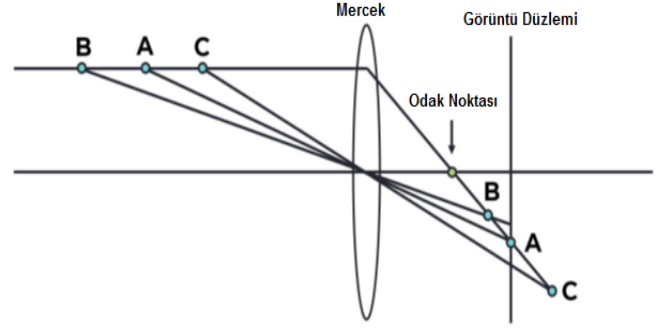
Şekil 7. Modeli oluşturulan bazı goril ve şempanze kemikleri (Bucchi vd., 2020).

## 2. Materyel ve Yöntem

Kültürel miras eserlerinden küçük objelerin modellenmesinde kullanılan materyaller seçilen yöntemle göre belirlenmektedir. Kullanılan teknikler daha çok yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama tekniğidir.

Yersel fotogrametri, yer merkezli olarak çekilmiş fotoğraflarla yapılan fotogrametridir. Yersel fotogrametri tekniği yıllardır başta arkeolojik çalışmalar ve tarihi eserlerin belgelenmesi olmak üzere farklı amaçlar doğrultusunda sıkça kullanılmaktadır. (Şenol vd., 2021).

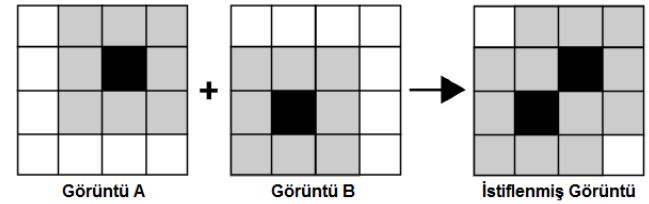
Yersel fotogrametri odak istifleme tekniğine bağlı olarak modelleme işlemi yapar. Odak istifleme şu şekilde çalışır. Nesnenin farklı odak uzaklığından fotoğrafları çekilir. Çekilen bu fotoğraflar objenin tüm detaylarının görülebildiği yüksek çözünürlüklü bir görüntü oluşturmak için bir araya getirilir. Aynı sahneden çekilmiş farklı odak uzaklığındaki fotoğraflardan gelen tamamlayıcı bilgiler yeni bir odaklanmış görüntü elde etmek için birleştirilir. Bu birleştirilmiş görüntü, orijinal fotoğraflardan en iyi ve ilgili tüm bilgileri içerir. Bunu yaparak, birleştirilmiş görüntü, tüm orijinal fotoğraflara kıyasla daha yüksek kalitede olur (Alvarez, 2021).



Şekil 8. Fotograf oluşumunu gösteren geometrik optik çizim (Alvarez 2021).

Nesnenin A noktası odakta olurken, B ve C noktaları bu noktalarında odakta olmayacaktır.

Odak istifleme tekniği genellikle, piksel tabanlı veya bölge tabanlı yığınlama yöntemleri kullanır. Nesnenin her fotoğraftaki büyütme oranı, nesnenin başka bir bölümünün odakta olduğu bir fotoğraf çekmek için kamera hareket ettirildiğinden veya odak uzaklığı değiştirildiğinden değişir. Bu nedenle, farklı odakta görüntüler birleştirilirken bu görüntülerin ölçeklenmesi ve hizalanması gerekir. Şekil 6'da, iki fotoğrafı bir yüksek kaliteli görüntüye odaklama işleminin basitleştirilmiş bir gösterimi gösterilmektedir (Alvarez, 2021).



Şekil 9. Odak istifleme yapılmış görüntülerin basitleştirilmiş bir gösterimi burada gösterilmektedir. Görüntülerin gri ve siyah alanı, yüksek çözünürlüklü odak istifli görüntü oluşturmak için kullanılacak en iyi bilgiyi temsil etmektedir (Alvarez, 2021).

Yersel fotogrametri tekniğinin önemli bir zayıflığı, kamera parametrelerini yapılandırabilen ve fotoğrafları doğru bir şekilde elde edebilen uzman bir kamera operatörüne bağımlı olmasıdır. Görüntüler doğru bir şekilde elde edilmezse, sonraki 3b model oluşumu, önemli ölçüde yapım hatalarının varlığından etkilenecektir (Rodríguez-Martín & Rodríguez-González, 2020). 3B model oluşumunda sistemlerin otomatikleşmesi bu hataları en aza indirmektedir. Deneyimli operatörler ve otomatik sistemlerden elde edilen modeller daha hassas ve doğru bilgiler içermektedir. Bu nedenle, fotogrametri yazılımında uygulanacak en uygun veri setini oluşturmak için görüntü alımını otomatikleştirmek istenir.

3B Fotogrametri yazılımını kullanan farklı uygulamalar mevcuttur. 3b Fotogrametrik yazılımlar, uzak mesafeden elde edilen görüntüyü kullanan fotogrametri ve yakın mesafeden elde edilen görüntüyü kullanan fotogrametri için mevcuttur. Uzak mesafeden görüntü elde eden fotogrametri denilince akla gelen ilk örnek, havadan 3b fotogrametri gelmektedir. Yakın mesafeden görüntüyü elde eden 3b fotogrametri örneği, küçük objelerin modellenmesinde uygulanan 3b fotogrametridir. Yazılımlar her bir fotogrametrik çalışma için ayrı ayrı olmuş olsa da ortak çalışmalarda da kullanılan yazılımlar mevcuttur. Yazılımların birbirine göre güçlü ve zayıf yönleri olmakla beraber, piyasada bazıları popüler ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılımlardan popüler olan ve piyasada aktif olarak kullanılanlarından biri Agisoft Metashape'dir. Agisoft Metashape, yazılımsal kalitesiyle, veri işleme süresinin kısa olmasıyla, kolay kullanımıyla ve veri karmaşıklığını azaltmasından dolayı kullanıcılar tarafından fazlasıyla tercih edilen bir yazılımdır (Zeybek & Biçici, 2021).

Agisoft Metashape yazılımında, küçük objelerin 3b görüntüsünün oluşmasında daha iyi sonuçlar elde etmek için yapılması gerekenleri şu şekilde söyleyebiliriz.

- Dokusuz, yansımaların çok olduğu ve şeffah nesnelere uzak durulması gerekir. Taranan yüzey, renk düzensizliği veya doku deseninin karmaşıklığı gibi herhangi bir ayırt edilebilir özelliğe sahip değilse, veri seti, yeniden oluşturma prosedürleri için güvenilir bilgilerden elde edilemeyecektir.

- Kamera sensörünün hassasiyeti, görüntü parazitini en aza indirmek için mümkün olan en düşük hassasiyette kullanılması önerilir.

- Fotoğrafları işlerken maskeleye kullanılması gerekir ve önemi şu şekildedir:

- Model için doku oluştururken gölge oluşumunun önlenmesine yardımcı olur.

- Yalnızca yararlı verileri işleyerek donanımsal kaynakları verimli kullanır.

- İşleme algoritmaları aykırı değerleri filtrelerken veya ilgili sahnenin ağ modelini yeniden oluşturmak için sınırlı sayıda çokgen kullanırken önemli olan kullanılabilir veri aralığıyla çalışmasına izin verir.

- Kamera hareketinin kontrol edilmesi, hareketten kaynaklanan bulanıklığın önlenmesine yardımcı olur (Alvarez, 2021).

Yersel lazer tarama, obje yüzeylerinin 3b verilerini elde etmek için tarayıcıdan çıkan ışınların mesafe ölçümünü sağlayan ve bu sayede nokta bulutlarını oluşturan bir lazer tarama tekniğidir (Sayar, 2022).

Yersel lazer tarama tekniğinin kültürel mirastaki en önemli avantajları çok sayıda ve hızlı bir şekilde 3b görüntüde kullanılacak veri elde etmesi, ölçümlerin temassız yapılması, ulaşılması güç yerdeki alanları

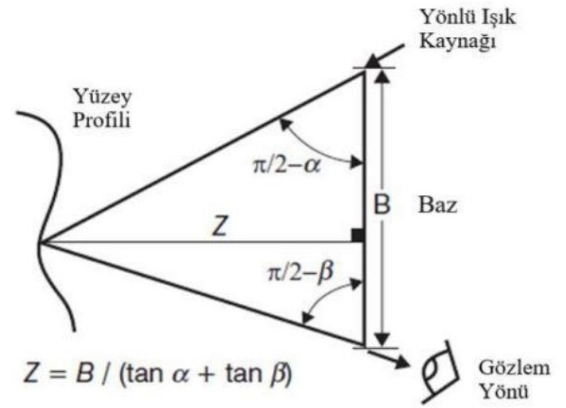
yüksek doğrulukta ölçebilmesi, renkli ortofotolar elde edebilmesidir (Waggot vd., 2005).

Yersel lazer tarama tekniğinin kültürel mirastaki en önemli dezavantajları veri işleminin uzun ve kamaşık olması, pahalı bir sistem olması, yağmurlu ve sisli havalarda kullanılamamasıdır (Batur, 2019).

Kültürel miras eserlerinin 3b veri elde edilmesi sırasında yersel lazer tarayıcıların kurulduğu istasyonlar önemlidir. İstasyonlar tüm eseri tarayacak şekilde ve bindirmeli görüntü verileri elde edecek şekilde belirlenmelidir. Bindirmeler istenilen düzeyde olmazsa elde edilen 3b görüntü verileri birleştirilemez ve tekrar ölçüm gerektirir.

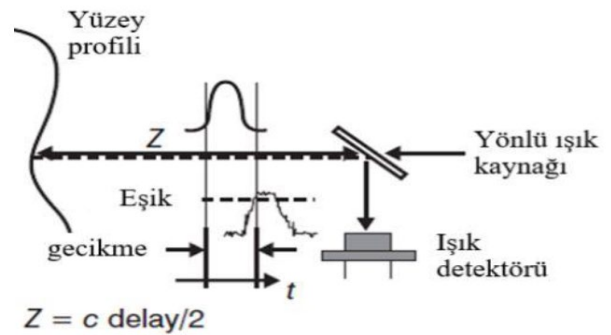
Yersel lazer tarama cihazları çalışma prensibi olarak üç şekilde üretilmiştir. Bunlar:

Üçgenleme: Çalışma mantığı olarak kosinüs teoremine benzemektedir. Tarayıcıdan belli bir açıda ışın gönderilir ve bu ışın tarayıcıya geri döner. Tarayıcıya gönderilen ışının mesafesinin ölçülmesi prensibi ile veri elde eder (Sayar, 2022).



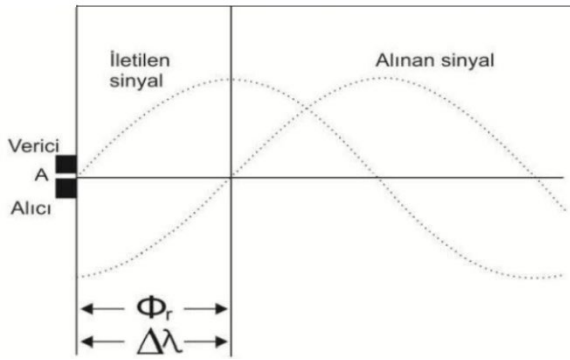
Şekil 10. Aktif üçgenleme yöntemi (Vosselman & Maas, 2010).

Uçuş zamanlı yöntem: Tarayıcıdan çıkan ışın objeden yansırarak tekrar tarayıcıya döner. Tarayıcıya gönderilen ışının gidiş-dönüş süresini ölçerek veri elde eder (Sayar, 2022).



Şekil 11. Uçuş zamanlı yöntem (Vosselman & Maas, 2010).

Faz karşılaştırma yöntemi: Tarayıcıdan çıkan ve objeden tekrar yansıyan ışının sinüs dalgasının faz farkının birbiriyle karşılaştırılmasıyla veri elde eder. Bu yöntem diğer yöntemlerden farklı olarak objeye sürekli ışın gönderir (Sayar, 2022).



Şekil 12. Faz karşılaştırma yöntemi (Vosselman & Maas, 2010).

El tipi lazer tarayıcılar çalışma tekniği olarak üçgenleme tekniğine göre tarama yapmaktadır. Tarayıcıdan çıkan lazer ışınları ve geri dönüşünden elde edilen mesafe yardımı ile veriler işlenerek modelde kullanılacak nokta bulutları elde edilir (Balci, 2022). Mevcut belgeleme tekniklerine göre daha pratik ve hassas ölçümler gerçekleştirilmektedir. Küçük ve dar alanlarda, küçük objelerin modellenmesinde son dönemlerde tercih edilen teknikler arasındadır. Bunun dışında platform boyutu ve maliyet açısından yerel çalışmalarda pek yaygın olarak kullanılan bir yöntem değildir.

Günümüzde, tercih edilen el tipi lazer tarayıcılar Şekil 10 da gösterilmiştir (Zeybek, 2019).



Şekil 13. Piyasadaki giyilebilir ve elle taşınabilir (WLS ve HMLS) sistemler, a) Zeb-Revo(GeoSLAM) b) Heron (Gexcel), c) Leica Pegasus:Backpack, d) Kaarta Stencil 2 (Zeybek, 2019).

Tablo 1. Yersel lazer tarama yöntemlerinin karşılaştırılması (Batur, 2019).

	Uçuş zamanlı	Faz karşılaştırma	Üçgenleme
Mesafe	100m ve üstü	100m'ye kadar	10m'ye kadar
Mesafe çözünürlüğü	1mm	0.1 mm	0.1 mm
Tarama hızı	Yavaş	Hızlı	Çok hızlı
Piyasada bulunan tarayıcılar	Optech, Lei, Riegl, Trim, Callidus	IQSun, Leica, FARO	Structured Light Pro S3, Ein Scan Pro 2X

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada kültürel mirasın içerisinde yer alan küçük objelerin modellenmesinde kullanılan ölçüm teknikleri incelenmiş ve değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

Çalışmada kullanılan ölçme teknikleri ele alındığında tekniklerin birbirine göre avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir. Gelişen teknolojik çalışmalarla beraber ölçme yöntemlerinde kullanılan teknikler, yazılımlar ve platformların geliştirilebilir olduğu saptanmıştır. Uygulamalar geliştikçe elde edilen veriler sonucu oluşan model o kadar doğru olmaktadır. Yapılan çalışmaların türüne, obje boyutuna, maliyetine, istenilen hassasiyete göre ölçüm

tekniki kullanılan aletler farklılık göstermektedir. Maliyet açısından düşünüldüğünde en çok tercih edilen yöntem yersel fotogrametri olmuştur. El tipi lazer tarama tekniği yeni bir teknoloji olduğundan yapılan çalışmaları kadar kapsamlı değildir. Bu yöntemde ölçüm hatalarının tespiti için farklı bir ölçüm tekniği ile karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu kapsamda dijital müzecilik ve kültürel miras eserlerinin belgelenmesinin çoğalmasından umut vericidir.

**Yazarların Katkısı**

Çalışma tek yazarlıdır.

**Çıkar Çatışması Beyanı**

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

**Kaynaklar**

- Akın, E. S. & Erdoğan, A. (2022). İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Arkeolojik Alanlarda Belgeleme: Sarıkaya Roma Hamamı (Therma Basilica) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 335-343. DOI: 10.19113/sdufenbed.1038407
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Kaya bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). Lazer Tarayıcının Jeolojik Olayların Modellenmesinde Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 71-75.
- Alvarez, M. (2021). Design of a cost-effective photogrammetric 3D-imaging system for small archaeological artifacts: Optimized for the depth of field. Yüksek Lisans Tezi, *Delft University of Technology, Department of Precision and Microsystems Engineering*, Delft, 2-11.
- Balcı, D. (2022). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Lazer Tarayıcıların Kullanılması. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 27-36.
- Batur, M. (2019). Characterizing Deformation of Istanbul Wall by Geodetic Terrestrial Laser Scanner. Yüksek lisans tezi, *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Ana Bilim Dalı*, İstanbul, 13-26.
- Boehler, W., & Marbs, A. (2004). 3D scanning and photogrammetry for heritage recording: a comparison. In *Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics*, Gävle, Sweden, 291-298.
- Boehler, W., Vicent, M. B., & Marbs, A. (2003). Investigating laser scanner accuracy. *The international archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 34(Part 5), 696-701.
- Bucchi, A., Luengo, J., Fuentes, R., Arellano-Villalón, M., & Lorenzo, C. (2020). Recommendations for Improving Photo Quality in Close Range Photogrammetry, Exemplified in Hand Bones of Chimpanzees and Gorillas. *International Journal of Morphology*, 38(2).
- El-Hakim, S. F., Beraldin, J. A., Picard, M., & Vettore, A. (2003, October). Effective 3d modeling of heritage sites. In *Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, 2003. 3DIM 2003. *Proceedings*. (pp. 302-309). IEEE.
- Erdoğan, A., & Mutluoğlu, O. (2020). İnsansız Hava Araçları ile Harita Üretim Çalışmalarında Farklı Yüksekliklerde Yapılan Uçuşların Konum Doğruluğuna Etkisi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 28-35.
- Huber, D., Akinci, B., Tang, P., Adan, A., Okor, B., & Xiong, X. (2010). Using laser scanners for modeling and analysis in architecture, engineering, and construction. In *44th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)*, Princeton, USA, 1-6.
- James, M. R., & Quinton, J. N. (2014). Ultra-rapid topographic surveying for complex environments: the hand-held mobile laser scanner (HMLS). *Earth surface processes and landforms*, 39(1), 138-142.
- Jiang, R., Jáuregui, D. V., & White, K. R. (2008). Close-range photogrammetry applications in bridge measurement: Literature review. *Measurement*, 41(8), 823-834.
- 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.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2022). Giyilebilir Mobil LiDAR Kullanım Alanları ve Cambazlı Kilisesinin 3B Modellemesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(2), 37-52.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2023). 3D modeling of Mersin Akyar Cliffs with wearable mobile LiDAR. *Advanced Engineering Days (AED)*, 6, 86-89.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022a). 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.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022b). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- Kersten, T. P., Lindstaedt, M., & Vogt, B. (2009). Preserve the past for the future—Terrestrial laser scanning for the documentation and deformation analysis of Easter Island's Moai. *PFG-Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation* (1), 79-90.
- Lauria, G., Sineo, L., & Ficarra, S. (2022). A detailed method for creating digital 3D models of human crania: an example of close-range photogrammetry based on the use of structure-from-motion (SfM) in virtual anthropology. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 14(3), 42.

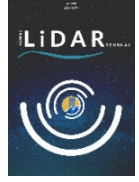


- Lichti, D., Pfeifer, N., & Maas, H. G. (2008). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing theme issue "Terrestrial Laser Scanning". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1(63), 1-3.
- Mikhail, E. M., Bethel, J. S., & McGlone, J. C. (2001). *Introduction to modern photogrammetry*. John Wiley & Sons. India, 1, ISBN: 9788126539987, 5.
- Pejić, M., Ogrizović, V., Božić, B., Milovanović, B., & Marošar, S. (2014). A simplified procedure of metrological testing of the terrestrial laser scanners. *Measurement*, 53, 260-269.
- Persson E (2020). Fotogrammetri i en jämförelse med strukturerat ljus 3D-skanning. Yüksek Lisans Tezi, Umeå University, Faculty of Science and Technology, Department of Applied Physics and Electronics, Umeå, 4-5.
- Porter, S. T., Roussel, M., & Soressi, M. (2016). A simple photogrammetry rig for the reliable creation of 3D artifact models in the field: lithic examples from the Early Upper Paleolithic sequence of Les Cottés (France). *Advances in Archaeological Practice*, 4(1), 71-86.
- Pulat, F., Yakar, M., & Ulvi, A. (2022). Comparison of photogrammetric software using the terrestrial photogrammetric method: The case of Hüsrev Paşa Mosque. *Intercontinental Geoinformation Days*, 4, 192-195.
- Rodríguez-Martín, M., & Rodríguez-González, P. (2020). Suitability of automatic photogrammetric reconstruction configurations for small archaeological remains. *Sensors*, 20(10), 2936.
- Sayar, R. (2022). Kültürel miras koruma çalışmalarında yersel lazer tarama (TLS) ve insansız hava araçları (UAVs) verilerinin kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Şenol, H. İ., Yiğit, A. Y., Kaya, Y., & Ulvi, A. (2021). İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 29-36.
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S., & Mutluoglu, O. (2014). Laser scanning and photogrammetric evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36.
- 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.
- Vosselman, G., & Maas, H. G. (2010). *Airborne and terrestrial laser scanning*. CRC press, 1, ISBN:1439827982.
- Waggot, S. M., Clegg, P., Jones, R. R. (2005). Combining Terrestrial Laser Scanning, RTK GPS and 3D Visualisation: Application of Optical 3D Measurement in Geological Exploration. 7th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques: Applications in GIS, Mapping, Manufacturing, Quality Control, Robotics, Navigation, Mobile Mapping, Medical Imaging, VR Generation and Animation. Vienna, Austria, October 3-5.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2015). The Problems and Solution Offers, Faced During The 3d Modeling Process Of Sekiliyurt Underground Shelters With Terrestrial Laser Scanning Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(2), 39-45.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2016). The Use of Laser Scanner in Caves, Encountered Problems and Solution Suggestion. *Universal Journal of Geoscience*, 4(4), 81-88.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Mutluoğlu, Ö. (2008). Lazer tarama teknolojisi ve fotogrametrik yöntem ile hacim hesabı.
- 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., Yıldız F., Karabork H., Kavurmaci M.M., Mutluoglu O., & Goktepe A. (2010). Determining rates of erosion of an earth pillar by terrestrial laser scanning. *Arab. J. Sci. Eng.* 35(2A), 163-172 (2010)
- Zagorchev, L., & Goshtasby, A. (2006). A Comparative Study of Transformation Functions for Nonrigid Image Registration. *IEEE Transactions On Image Processing*, 15(3), 529-538.
- Zeybek, M. (2019). El-tipi LiDAR ölçme sistemleri ve 3B veri işleme. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1(1), 10-15.
- Zeybek, M., & Biçici, S. (2021). 3D Dense Reconstruction of Road Surface from UAV Images and Comparison of SfM Based Software Performance. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 2(2), 96-105.




© Author(s) 2023.

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



## Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Rölöve ve Restütasyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı Örneği

Adem Kabadayı <sup>1\*</sup> 

<sup>1\*</sup> Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66900, Yozgat, Türkiye;  
(adem.kabadayi@bozok.edu.tr)



\*Sorumlu Yazar:  
adem.kabadayi@bozok.edu.tr

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Kabadayı, A. (2023). Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Rölöve ve Restütasyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı Örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 17-25.

Geliş : 13.05.2023  
Revize : 13.06.2023  
Kabul : 15.06.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

### Özet

Konya ili Akşehir ilçesinde bulunan tarihi Kale kalıntısının rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri hazırlanmış ve bunun sonucunda önemli bir tarihi öneme sahip olan kale kalıntısına ilişkin teknik ve mimari bulgular bu çalışmada sunulmuştur. Kale kalıntılarının 3 boyutlu verilerinin oluşturulması için lazer tarama tekniği kullanılmıştır. Makalenin odak noktasını, geleneksel yaklaşımlardan farklı olarak üç boyutlu lazer tarama yöntemiyle mekânsal ve yapısal durumuna ilişkin bilgilerin edinilmesi oluşturmaktadır. Çalışmanın verileri bilgisayar ortamında işlenerek kale kalıntısının plan, kesit, görünüm gibi teknik yönleri ele alınmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, yersel lazer tarama yöntemi, tarihi mirasın belgelenmesi, özel ve 3 boyutlu verilerin toplanmasında uygun ve modern bir teknik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu çalışma ile, Akşehir'de bulunan kale kalıntısının yapısal ve dijital verilerinin belgelenmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Lazer tarama, kültürel miras, restorasyon, nokta bulutu.

## Preparation of Survey and Restitution Projects by Terrestrial Laser Scanning Method; Akşehir Castle Ruins Example

\*Corresponding Author:  
adem.kabadayi@bozok.edu.tr

### Research Article

**Citation:** Kabadayı, A. (2023). Preparation of Survey and Restitution Projects by Terrestrial Laser Scanning Method; Akşehir Castle Ruins Example. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 17-25 (in Turkish).

Received : 13.05.2023  
Revised : 13.06.2023  
Accepted : 15.06.2023  
Published : 30.06.2023

### Abstract

Survey, restitution, and restoration projects of the historical castle ruins in Akşehir district of Konya province were prepared and as a result, technical and architectural findings related to the bath building, which has an important historical importance, were presented in this study. Laser scanning technique was used to create 3D data of the castle ruins. The focus of the article is to obtain information about its spatial and structural status by three-dimensional laser scanning method, which differs from traditional approaches. The data of the study were processed in computer environment and the technical aspects of the castle ruins such as plan, section, appearance were discussed. According to the findings of the study, it is mentioned in the article that the terrestrial laser scanning method is a suitable and modern technique for collecting special and 3D data for the documentation of historical heritage. Structural and digital data of the ruins of Akşehir fortress are being documented to advance the site.

**Keywords:** Remote sensing, laser scanning, cultural heritage, restoration, point cloud.

## 1. Giriş

Mimarlık önemli bir kültürel kaynaktır ve sürdürülebilirliği koruma ve restorasyon çalışmaları ile sağlanabilir. Kültür varlıkları, sosyal, ekonomik ve teknolojik değişimler sonucunda ortaya çıkan yeni talep ve ihtiyaçları karşılayamaz hale geldiğinde sürekliliğini sağlamak için yeni işlevler kazandırılabilir (Alptekin & Yakar, 2020; Kanun vd., 2021). Tarihi binaların restorasyonu, orijinal tasarım amacının tam olarak anlaşılmasını ve inşaat sürecinde kullanılan malzemeler hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir. Çatı çizgileri gibi bina detayları, binaların karakterini tanımlayan temel özelliklerden biridir (Karataş vd., 2022a; Karabacak & Yakar, 2023). Bu yüzden binaların mevcut durumu ve binayı tanımlayıcı bu özellikler dikkate alınmalıdır. Modern malzemelerin kullanımı, görünüm veya işlev açısından tarihsel doğruluğu korumalıdır. Tarihsel öneme sahip binalar, inşa edildikleri dönemde en yüksek kalitede malzemeler kullanılarak inşa edilmiş olmalarına rağmen, yapılar çeşitli nedenlerle zamanla giderek bozulmaktadır. Bu tahribatlar neticesinde tarihi eserlerin korunması ve yapının ömrünün uzatılması amacıyla onarım ve restorasyonlar yapılmaktadır (Alptekin & Yakar, 2021; Karabacak & Yakar, 2022; Karataş vd., 2022b).

Koruma kültürünün en önemli amaçlarından biri, yapının orijinal kullanımının sürdürülmesi veya yeni bir işlev kazandırılırken kullanım amacının kazandırılmasıdır.

Mimarının sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyebilecek diğer yollar ise, kentsel alanlarda yeşil alanlar inşa etmek, eski fabrikaları evlere veya işyerlerine dönüştürmek gibi yeniden kullanım projeleri geliştirmek yer almaktadır (Ulvi vd., 2014; Yakar vd., 2015; Yakar vd., 2016). Bu eylemler, tarihi binaları korumanın ve mevcut yapıları devam eden kullanım için restore etmeye göre daha fazla katkı sunmaktadır. Bu tür durumlar değerlendirilerek, yalnızca sürdürülebilir kalkınmaya yaklaşmakla kalmamakta, aynı zamanda mirasımızın gelecek nesiller için bozulmadan kalması sağlanmaktadır (Orhan & Altın, 2017). Kültür mirasının korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması çok önemlidir (Yakar, vd., 2019; Korumaz vd., 2011; Ulvi vd., 2020). Türkiye'de ve dünyada birçok mimarlık ofisi tarafından, korunması gereken çeşitli ölçeklerdeki tarihi yapıların rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinde, kültürel ve doğal miras alanlarının belgelenmesinde sıklıkla bulut yöntemi kullanılmaktadır (Uzun & Spor, 2019). Dünya çapında ve Türkiye'de bugün Lazer tarama teknolojilerinin kullanıldığı alanlar genel olarak incelendiğinde, mühendislik uygulamaları (Kanun vd., 2021), yapılardaki değişikliklerin incelenmesi, deformasyon ölçümleri, camilerin, hamamların, kiliselerin

ölçülmesi, şehir ölçeğinde kaleler ve şatolar gibi kültürel mirasın belgelendirilmesi, sokak silüeti kaldırma ve sokak konsolidasyonu, köprüler (Erdoğan vd., 2021), mağaralar ve saha araştırmaları gibi coğrafyalar ve jeolojik uygulamalar, orman ve ormanlık alanların parametrelerinin belirlenmesi vb. alanlarda görülmektedir (Alptekin vd., 2019; Kaya vd., 2021b).

Akşehir, Anadolu Selçuklularının başkenti ve kültür merkezi olan Konya'ya yakınlığı, önemli ticaret ve transit yolları üzerindeki konumu, bereketli tarlaları ve doğal ihtişamı nedeniyle o dönemde önemli bir merkez konumundaydı. Bu nedenle, Akşehir gibi önemli tarihi merkezlerin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında belgeleme çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir.

Belgeleme çalışmaları kapsamında yapılan Rölöve projelerine LiDAR (Işık Algılama ve Mesafe Değiştirme) cihazı tercih edilmektedir. LiDAR, yersel lazer taramada kullanılan önemli bir teknolojidir. Lazer darbeleri yayarak ve bu darbelerin bir nesneye çarptıktan sonra geri dönmesi için geçen süreyi ölçerek çalışır. Bu bilgi daha sonra taranan alanın 3 boyutlu modellerini oluşturmak için kullanılır. LiDAR, haritalama ve ölçme, şehir planlama, ormancılık ve arkeoloji dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulvi vd., 2021; .

LiDAR, alışlagelmiş diğer ölçüm yöntemleri ile karşılaştırıldığında, nokta dizisi olarak toplanan veriler kullanılarak yapılan bina veya alan modelinin %99,9'u hassas bir şekilde ölçülebildiği görülmektedir. Bu nedenle bu yöntem birçok farklı kentsel ve coğrafi alanda, ormanlık alanlarda, maden araştırmalarında, geometrik veri elde etmede ve özellikle tarihi yapıların rölöve çalışmalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Coğrafi koordinatlara bağlı olarak, bu yöntem nokta yakalamayı kullanarak tarihi binaların ve mekanların kesin konumlarını belirler ve bunları dijital bir dünyaya aktarır. Yapıların en karmaşık, detaylı ve girift geometrilerinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlayan bu teknik, özellikle tarihi eserlerin restorasyon projelerinin planlanmasında süreç-sonuç ilişkisinin hızlandırılması ve doğru bir şekilde belirlenmesi açısından değer sunmaktadır.

Konya ili Akşehir İlçesinde bulunan kale kalıntısının rölöve, restorasyon ve restitüsyon projelerini hazırlamış olduğumuz bu çalışmada yapının ilk önce günümüz durumunu belgeleyen rölöve projesi ile ilgili dökümantasyonlar elde edilmiştir. Akşehir ilçesinde bulunan kale kalıntısının yersel lazer tarama cihazı yardımıyla 3B nokta bulutu oluşturularak belgeleme çalışması yapılmıştır.

## 2. Yersel Lazer Tarama Tekniği ve İşlevi

Theodore Maiman'ın 1960 yılında ilk lazeri yaratmasından bu yana, lazer teknolojisinin gelişimi 50 yılı aşkın bir süredir hızlı bir şekilde ilerlemiştir. LiDAR tekniği, 1970'lerde oluşturulan hava ve yer lazer taramasının temelidir (Yakar vd., 2008; Yılmaz vd., 2008; Yılmaz & Yakar, 2006a). Yersel lazer tarama, 2000'li yılların başından bu yana, bir araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) konusundan, dünya çapında çok sayıda arazi ölçme firması ve diğer hizmet sağlayıcılar tarafından ticari olarak sunulan bir coğrafi veri teknolojisine dönüştü (Yılmaz & Yakar, 2006b; Yılmaz vd., 2010). Bir dizi topografik ve endüstriyel nesne, bu yöntem kullanılarak üç boyutlu (3B) bilgilerine hızla sahip olabilir (Sarı vd., 2020). Daha ayrıntılı olarak, LiDAR, bir hedefe giden ve tarayıcıya geri yansıyan bir lazer ışını yayarak çalışır. Lazer ışınının bu gidiş-dönüş yapması için geçen süre ölçülür ve hedefe olan mesafeyi hesaplamak için kullanılır ve hedeften geri yansıyan lazer ışınının yoğunluğunu da ölçer. Tarayıcı, bu işlemi saniyede birçok kez tekrarlayarak taranan alanın 3B nokta bulutunu oluşturabilir (Kaçarlar & Hamal, 2021; Zheng & Moskal, 2012). Bu bilgi, bitki örtüsü, binalar ve çıplak toprak gibi farklı yüzey türleri arasında ayırım yapmak için kullanılabilir.

Genel olarak LiDAR, geniş alanların doğru ve ayrıntılı 3D taramasına izin veren güçlü bir teknolojidir ve bu da onu çeşitli endüstrilerde ve kültürel miras uygulamalarında kullanışlı hale gelmiştir (Kanun vd., 2021). Lazer teknolojisinin yardımıyla kültür varlıkları, köprüler, bitkiler, araçlar, kıyı kayalıkları ve otoyollarda trafik çarpışmalarının neden olduğu hasarı simüle etmek ve kayıt altına almak mümkündür. Son on yılda geliştirilen en etkili veri toplama yöntemi şüphesiz lidar'dır. Lidar, Light Detection and Ranging'in kısaltması olmasına rağmen, daha resmi bir kelime olduğu ve yalnızca ilk harfi büyük olacak şekilde yazılması gerektiğinden, bazı insanlar bunu Laser Imaging Detection and Ranging olarak okumayı tercih ediyor (Ulvi vd., 2019). Her nesne noktasının merceğe olan mesafesini ölçen LiDAR tekniği, yersel lazer taramanın temel bileşenidir. LiDAR veya ışık algılama ve mesafe belirleme, bir kısaltmadır. Lazer sistemi tarafından yüksek oranda paralelleştirilmiş, yönlendirilmiş, tutarlı ve faz içi elektromanyetik radyasyondan oluşan bir ışın veya darbe serisi üretilir ve yayılır (Hamal vd., 2020). Sistem uçuş süresine göre menzili belirleyebilir ve bir nesnenin yüzeyinden yansıyan ışığı aldığı anda yüzeyin yansıtıcılığını belirleyebilir. Bir lazer tarayıcı örneği Şekil 1'de gösterilmektedir ve lazer tarama yönteminin arkasındaki temel fikir Şekil 2'de gösterilmektedir.



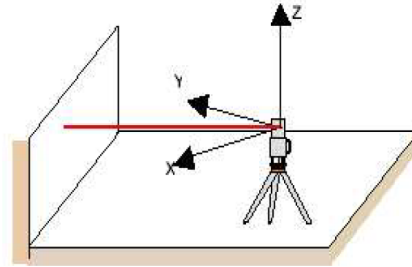
Şekil 1. Lazer Tarayıcı Örneği.

Bir lazer tarayıcı, bir tarama cihazından, bir zamanlama cihazından ve lazer ışınlarının bir vericisinden ve alıcısından oluşur (Şekil 2). Tarayıcı, lazer darbeleri gönderir, ardından geri yansıyan sinyalleri yakalar ve kaydeder. Zamanlama cihazı, tarayıcının kat edilen mesafeyi (d) belirleyebileceği uçuş süresini ( $\Delta t$ ) ölçer ve c burada ışık hızını temsil eder.

$$d = \frac{c\Delta t}{2} \quad (1)$$

Işığın yönü ve açısı ( $\cos \alpha \cos \beta \cos \gamma$ ) bilinerek, bir yansıtıcı yüzeyin cihaza (x, y ve z) göreli konumunu belirlemek mümkündür.

$$\begin{aligned} x &= d \cos \alpha \\ y &= d \cos \beta \\ z &= d \cos \gamma \end{aligned}$$



Şekil 2. Lazer tarayıcıların veri toplama ilkesi.

## 3. Akşehir'in Tarihçesi ve Kale Duvar Kalıntısının Konumu

Akşehir, Türkiye'nin orta kesimlerinde Konya iline bağlı bir ilçedir. İlçe, Hitit dönemine kadar uzanan uzun ve zengin bir tarihe sahiptir. Selçuklu İmparatorluğu ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde önemli bir merkez olmuştur. İlçe, camiler, türbeler ve Akşehir Kale Surları gibi tarihi yerleriyle tanınır.

Akşehir, zengin bir tarihe ve kültüre sahip bir ilçedir ve Akşehir Kale Surları, eski geçmişinin bir kanıtıdır. İlçeyi ziyaret edenler, kale duvarı, camiler ve türbeler gibi birçok tarihi simge yapıyı keşfedebilir ve büyüleyici tarihi hakkında daha fazla bilgi edinebilir.







### 3.1. Plan ve Mimari Özellikleri

Akşehir ilçesinde Kale kalıntısı Kuşçu Mahallesi, Keçeci Sokak, 195 ada, 23 parselde bulunan kalıntı Ökesli Sokak ile Doğançılar Sokağın kesiştiği köşede, Akşehir Çay'ının kenarında yer almaktadır.

Kalenin çok az bir kalıntısı günümüze ulaşmıştır. Düzgün olmayan bir kalıntı olup moloz taş örgülü olup harç dolguludur. Mevcut kalıntılardan dereye bakan cephesi 5.72 m (Şekil 6, 12, 13), arka cephesi 9.88 m (Şekil 8, 11), sol cephesi 4.18 m (Şekil 9), sağ cephesi 7.37m (Şekil 7). uzunluğundadır. Kalıntının su kanalına bakan cephesi 7.74 m, kara tarafındaki yüksekliği 3.87 m. yüksekliğindedir. Kanala bakan cephesinde alt bölümlerde kaba yonu taş örgülüdür. Yer yer devşirme malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Kalıntının iki tarafında beton malzemeden eklemeler yapılarak kanalın devamı sağlanmıştır. Lazer tarama verilerinin birleştirilmiş görünümü Şekil 14'te verilmiş ve yapılan çizimin plan görünümü Şekil 10'da yer almaktadır.



Şekil 6. Kale Kalıntısı Güney Cephesi (Dere Tarafı).



Şekil 7. Kale Kalıntısı Kuzey Görünüm.



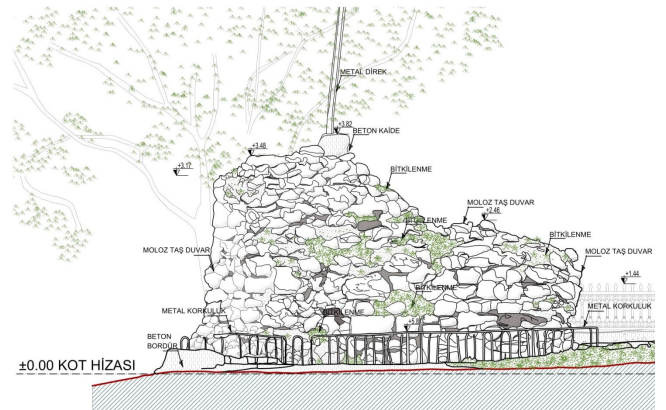
Şekil 8. Kale Kalıntısı Kuzeybatı Görünüm.



Şekil 9. Kale Kalıntısı Batı Görünüm.



Şekil 10. Kale Kalıntısı Planı Çizimi.



Şekil 11. Kale Kalıntısı Kuzey Görünümü Görünüş Çizimi.

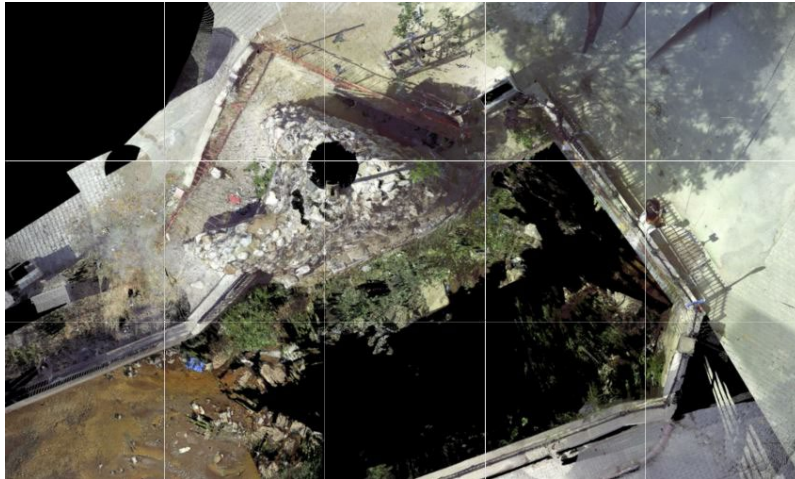




Şekil 12. Görünüş Çizimi.



Şekil 13. Görünüş Çizimi.



Şekil 14. Çalışma Alanında Lazer Tarama Verilerinin Görünümü.



## 4. Yöntem

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Kale kalıntısı ziyaret edilerek çeşitli saha çalışmaları yapıldı. Daha sonra toplanan veriler, ofis ortamında mimari çizimlerin üretilebileceği verilere dönüştürülmüştür.

### 4.1. Rölöve Projesi

#### 4.1.1. Ölçme Tekniği

Yansıtıcı olmadan ölçüm yapabilen Faro marka bir lazer tarayıcı ile yapının boyutları hem yatay hem de dikey olarak ölçülmüştür. Çerçevenin izin verdiği ölçüde, bu ölçümler üç boyutlu olarak yapılmıştır. Ölçüm cihazından iletilen x, y ve z koordinatları kullanılarak gerekli çizimler bilgisayar ortamında oluşturulmuştur.

Proje için oluşturulan sıfır noktası, ölçüler toplanırken binanın kotlarla birlikte gabaride alınan tüm alanlarına aktarıldı. Sıfır çizgisinin altında yapılan ölçümlerde proje değerleri negatif olarak üretilmiştir.

Ölçme süreci birkaç adımdan oluşmaktadır ve ilk adım, lazer tarayıcının ölçülecek yapıyı tarayabilmesi için nereye yerleştirileceğine veya başka bir deyişle poligon noktalarının nerede olduğuna karar vermektir. Bu poligon noktaları, ölçümün yapılacağı başlangıç poligon noktasının (P1) yanı sıra diğer poligon noktalarına da bağlanır. Cihazın hafızasında, bağlı poligon noktalarının koordinat sistemindeki x, y ve z değerlerinin sayısal karşılıkları bulunur. Faro marka ekipmanın poligon noktaları bir noktadan diğerine değiştirilirken bu teknik sayesinde ölçümün sağlıklı bir şekilde devam etmesi sağlanmıştır. Şekil 15 ve 16, lazer tarayıcı ölçümü sırasında görüldüğü şekliyle çalışma alanını göstermektedir.



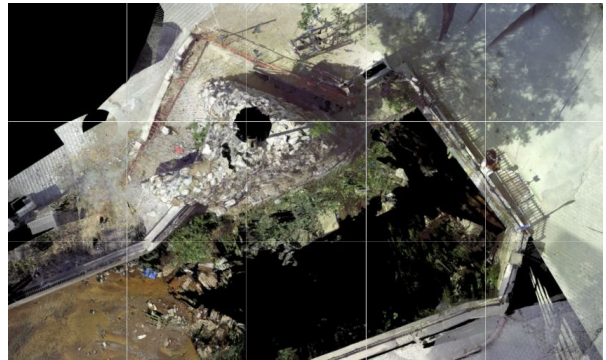
Şekil 15. Çalışma Alanı LiDAR Tarama Sırasında Görünüm.



Şekil 16. Lazer tarama yapılırken görünüm.

#### 4.1.2. Çizim Tekniği

Yapının plan, kesit ve görünüşleri, ölçülen verilerin nokta koordinatlarına çevrilmesi ve daha sonra bu değerlerin bilgisayar sisteminde doğrusal değerlere dönüştürülmesi ile oluşturulmuştur. Bilgisayar ortamında perspektif hataları ve deformasyonlar düzeltildikten sonra mevcut durumu gösteren resimlere çizimler eklenmiştir. Taranan kesitlerde, tanımlanamayan ve erişilemeyen kısımların ölçüm değerleri yaklaşık olarak hesaplanmış ve kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Ayrıca, plan boyutları ölçülürken önce dış ölçümler toplanmış, daha sonra diyagonal yaklaşım kullanılarak (üç kenarı bilinen bir üçgen çizilebileceği teorisi üzerine) iç hacim ölçümleri tahmin edilmiştir. Yapının mevcut ölçüm çiziminde belirlenen poligon noktalarına temas edilerek yapının konumu tespit edildi.



Şekil 17. Lazer scanner ile yapılan tarama.

## 5. Bulgular

Çalışmamızda yapı üzerinde gerçekleştirilen incelemeler neticesinde ilk olarak kalıntıda bozulmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda bozulma nedenleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmamızın temel amacı doğrultusunda, Akşehir gibi önemli tarihi merkezlerdeki kalıntıların uygun koruma, tedbir ve metotlar ile önlem alınması gerekliliği olduğu



görülmüştür. Yapının genel durumu itibari ile zaman içinde farklı fonksiyonlar ile kullanıldığı için bazı müdahalelere maruz kaldığı görülmektedir. Yapının fiziki durumu aşağıda sıraladığımız tespitler çerçevesinde ele alınmıştır.

Günümüze ulaşan mevcut kalıntı büyük oranda harap olmuştur.

Sur duvarlarında malzeme kayıpları görülmektedir.

Yer yer beton harçlı müdahale görülmektedir.

Kalıntı yüzeylerinde bitkilenme oluşmuştur.

Kanala bakan cephede taşların yüzeyden ayrıldığı ve derz boşalmaları olduğu görülmüştür.

Kalıntının iki yanında yapılan köprü ve kanal sebebiyle kalıntının devamı izlenememektedir.

## 6. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, yersel lazer tarama teknolojisi kullanılarak kale kalıntılarının 3 boyutlu nokta bulutları yapıya herhangi bir zarar vermeden toplanmıştır. Ortaya çıkan nokta bulutu verileri, yapının birebir ölçeğiyle aynısıdır. Daha yüksek bilgi işleme gücüne sahip bilgisayarlar, veri işleme sürecini hızlandıracak ve daha az hatayla sonuçlar üretecektir. Güneşin binaların yüzeylerinden yansımaları da sonuçlar üzerinde etkilidir. Elde edilen hata değeri, güneşin yapıya göre konumunu hesaba katmak için taramalar değiştirilerek de azaltılabilir.

Bu çalışmanın her tarafında lazer tarayıcı ile tarama yapılabildiğinden başka bir yönteme gerek kalmadan tamamı modellenmiştir.

Toplanan veriler sonucunda tarihi kalıntı belgelenmiş, bu ve benzeri eserlerin nesilden nesile aktarılmasında önemli bir adım atılmıştır. Ek olarak, mevcut mimari eserin dijital dünyaya taşınması, hasarların değerlendirilmesi ve restorasyon çalışmalarının planlanması için çok önemlidir. Gelecekte yapının daha fazla zarar görmesini önlemek için hemen harekete geçilmelidir. Bu çalışmada oluşturulan nokta bulutu verileri, bakım, onarım, restorasyon ve ölçme gibi görevlere kolayca uygulanabilecek biçimdedir.

Bu çalışmadan elde edilecek bilgilerin tarihçiler ve arkeologlar için de faydalı olacağına inanılmaktadır.

### Yazarların Katkısı

Çalışma tek yazarlıdır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

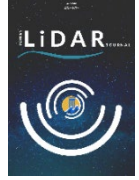
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Kaya bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). Lazer Tarayıcının Jeolojik Olayların Modellenmesinde Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 71-75.
- Alptekin, 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.
- Demirbaş, A. (2005) Akşehir Şehir Coğrafyası, (Ankara Üniversitesi S.B.E. Basılmamış Doktora Tezi), Ankara 2005, s. 294
- 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 . DOI: 10.51534/tiha.911147
- 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.
- 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. DOI: 10.51946/melid.1025856
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2022). Giyilebilir Mobil LiDAR Kullanım Alanları ve Cambazlı Kilisesinin 3B Modellemesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(2), 37-52.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2023). 3D modeling of Mersin Akyar Cliffs with wearable mobile LiDAR. *Advanced Engineering Days (AED)*, 6, 86-89.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022a). 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.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022b). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- Kaya, Y., Polat, N., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A. & Ulukavak, M. (2021a). Arkeolojik kalıntıların belgelenmesinde yersel ve İHA fotogrametrisinin birlikte kullanımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 9-14.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ. & Polat, N. (2021b). Threedimensional 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.
- Orhon, A. V., & Altın, M. (2017). Mimari sürdürülebilirlik için bir değerlendirme aracı olarak benzetim. *Tesisat Mühendisliği*, 158, 5-13.
- 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.
- Texier, C. (2002). Küçük Asya Coğrafyası, Tarihi ve Arkeolojisi, çev. Ali Suat, 1.
- Ulvi, A. , Yiğit, A. Y. , Çelik, M. Ö. & Alptekin, A. (2021).Detection of existing infrastructure lines with wearable laser scanners and making infrastructure map: a case of Mersin University. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 61-68. DOI: 10.53093/mephoj.1036301
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S., & Mutluoglu, O. (2014). Laser scanning and photogrammetric evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36.
- 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
- Uzun, T., & Spor, Y. (2019). Yersel lazer (nokta bulut) tarama yöntemi ile rölöve–restitüsyon-restorasyon projesi hazırlama süreci ve bir örnek: Elâzığ Harput Kale Hamamı.
- 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 Dergisi*, 1(1), 14-18.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2015). The Problems and Solution Offers, Faced During The 3d Modeling Process Of Sekiliyurt Underground Shelters With Terrestrial Laser Scanning Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(2), 39-45.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2016). The Use of Laser Scanner in Caves, Encountered Problems and Solution Suggestion. *Universal Journal of Geoscience*, 4(4), 81-88.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Mutluoğlu, Ö. (2008). Lazer tarama teknolojisi ve fotogrametrik yöntem ile hacim hesabı.
- Yılmaz H.M., Yakar M., Yıldız F., Karabork H., Kavurmacı M.M., Mutluoglu O., & Goktepe A. (2010). Determining rates of erosion of an earth pillar by terrestrial laser scanning. *Arab. J. Sci. Eng.* 35(2A), 163–172 (2010)
- 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.
- Yusufoğlu, M. (1949). Akşehir Tarihine Bir Bakış. *Ant Dergisi*, 4, 19.
- 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.



© Author(s) 2023.

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



## Bir Asırlık Bursa Tarihi Ziraat Mektebi İdare Binası'nın Mimari Özelliklerinin, Yersel Lazer Tarama Yöntemiyle Belgelemesi

Lale Karataş<sup>1\*</sup>, Murat Dal<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 47060, Mardin, Türkiye; (karataslale@gmail.com)

<sup>2</sup> Munzur Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 62000, Tunceli, Türkiye; (muratdal@munzur.edu.tr)



\*Sorumlu Yazar:  
karataslale@gmail.com

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Karataş, L., & Dal, M. (2023). Bir Asırlık Bursa Tarihi Ziraat Mektebi İdare Binası'nın Mimari Özelliklerinin, Yersel Lazer Tarama Yöntemiyle Belgelemesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 26-37.

Geliş : 15.04.2023  
Revize : 17.06.2023  
Kabul : 19.06.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

### Özet

Bursa Ziraat Mektebi, Bursa'nın köklü eğitim kurumlarından biridir. Bir asrı aşkın tarihi ile Türkiye'nin tarım eğitimi tarihine ışık tutmaktadır. Sultan Abdülhamit döneminde yaptırılan yapı, Bursa Hamidiye Ziraat Mektebi olarak anılmaktadır. Yapı tarihte, Bursa odağında ülke tarımını destekleyici bir rol üstlenmiştir. Okul Bursa'nın kabuk değiştirdiği bir dönemde ziraatı çok yönlü ele almayı başarmıştır. Tarihte okulda verilen eğitimler kapsamında, öğrencilere geometriden inşaat bilgisine ve çiçekçiliğe kadar birçok farklı alanda kapsamlı bir eğitim verilmiştir. 110 yıllık tarihinde birçok mezun veren okul, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 2007 yılında yeniden eğitime açılmıştır. Okul faaliyete açıldığından beri, öğrencilere ve vatandaşlara tarımın gelişmesine yönelik kurslar ve eğitimler verilmektedir. Çalışmanın amacı, yersel lazer tarama yöntemi ile Bursa Ziraat Mektebi idare binasının, mimari özelliklerinin belgelenmesidir. Lazer tarama ile yapılan ölçümler ve çeşitli yazılımlarla bu veriler üzerinden oluşturulan ortofotolar, tarihi bina yapısının mimari özelliklerinin keşfinin bir parçasını oluşturmaktadır. Çalışma sonuçları, lazer taramanın tarihi yapıların mimari özelliklerinin belgelenmesi konusunda, geleneksel yöntemlere göre zaman ve emek tasarrufu sağladığını doğrulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, yersel lazer tarama, belgeleme, ortofoto, Bursa,

## Documenting the Architectural Features of the One-Century-Old Bursa Agricultural School Administration Building with Terrestrial Laser Scanning Method

\*Corresponding Author:  
karataslale@gmail.com

### Research Article

**Citation:** Karataş, L., & Dal, M. (2023). Documenting the Architectural Features of the One-Century-Old Bursa Agricultural School Administration Building with Terrestrial Laser Scanning Method. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 26-37 (in Turkish).

Received : 15.04.2023  
Revised : 17.06.2023  
Accepted : 19.06.2023  
Published : 30.06.2023

### Abstract

Bursa Agricultural School is one of the well-established educational institutions of Bursa. With its history of more than a century, it sheds light on the history of agricultural education in Turkey. The building, which was built during the reign of Sultan Abdülhamit, is also known as Bursa Hamidiye Agricultural School. The building has played a supportive role in the country's agriculture in the focus of Bursa. The school succeeded in dealing with agriculture in a multi-faceted period when Bursa was changing its crust. At the school, students were given a comprehensive education in many different fields, from geometry to construction knowledge and floristry. The school, which gave many graduates in its 110-year history, was reopened for education in 2007 by the Ministry of National Education. Since the school was opened, courses and trainings for the development of agriculture have been given to students and citizens. The aim of the study is to document the architectural features of Bursa Agricultural School administrative building with terrestrial laser scanning method. Measurements made by laser scanning and orthophotos created on this data with various software constitute a part of the discovery of the architectural features of the historical building structure. The results of the study confirm that laser scanning saves time and effort compared to traditional methods in documenting the architectural features of historical buildings.

**Keywords:** Remote sensing, terrestrial laser scanning, documentation, orthophoto, Bursa.

## 1. Giriş

Tarihi yapı malzemeleri ve özellikle taş korumaya yönelik koruma ve belgeleme çalışmaları 19. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Tarihi yapıların belgelenmesinde geleneksel yöntemler günümüzde yetersiz kalmakta, bu kapsamda görsel gözlem ve fotoğraflı raporlamaya ek olarak teknolojik başka yöntem ve ekipmanlar kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Balzani vd., 2001; Stefani vd., 2014). Bununla birlikte, tarihi yapıların lazer tarama yöntemleriyle belgelenmesi oldukça yenidir (Alptekin & Yakar, 2021; Jo & Hong, 2019; Yakar vd., 2010). Yersel lazer tarama teknolojisi, 2000'li yıllar civarında kullanılmaya başlanmıştır (Larsson vd., 2006; Alptekin & Yakar, 2020). O tarihten bu yana mimari çizimler ve 3B bina modelleri oluşturmak için çeşitli çalışmalarca kullanılmıştır (Yakar, 2015; Kanun vd., 2021; Yiğit & Uysal, 2019; Yılmaz vd., 2008; Ulvi & Yakar, 2014; Alptekin & Yakar, 2021).

Son yıllardaki yersel lazer tarama teknolojisini belgeleme çalışmaları oldukça yoğun olmasına rağmen, literatürde ortofotolar üzerinden mimari belgelemeye yönelik metodolojiler öneren çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir (Kanun vd., 2021; Karabacak & Yakar, 2023; Karataş vd., 2023b). Gabriel vd. (2010) İtalya'daki Carignano Varinotto tapınağının nokta bulutlarını ve ortofotolarını oluşturmuş ve bunlar üzerinden cephe, kat planı mimari çizimlerini elde edebilmiştir. Comert vd. (2012), Eskişehir'in Seyitgazi ilçesinde eski askeri garnizon olarak bilinen tarihi bir yapıda, ortofotolar ile yapıya dair cephe çizimlerini ve planlarını üretmek için yersel lazer tarama yöntemlerinin mimari belgelemedeki kullanılabilirliğini doğrulamıştır. Koska ve Křeme (2013), Prag'daki St. Nicholas Barok kilisesinin mimari planlarını, cephelerin ve iç mekân görünümünün çizimlerini ve ortofotolarını oluşturmak için yersel lazer tarama teknolojisini kullanılmıştır. Tüm bu çalışmaların ortak sonuçları, TLS (Karasal Lazer Tarayıcı) teknolojisi ve ortofotoların, cephe dokümantasyonu ve mimari analitik rölemlerin oluşturulması için geleneksel belgeleme tekniklerine göre büyük avantajları olduğudur. Tüm bu çalışmalarda yersel lazer taramadan elde edilen verilerin ve ortofotoların, yapının mimari çizimlerini belgelemek için yeterli kaynak sağladığını, tarihi yapıların basit düzeydeki mimari belgelenmesinin kısa sürede geliştirilmesini kolaylaştıran verilerin elde edilmesini sağlayabildiği belirtilmektedir. Hirschmüller ve Thielert (2014) çalışmasında, yersel lazer tarama verileri kullanılarak otomatik olarak ortofotolar oluşturulmuştur. Elde edilen ortofotolar, mimari çizimlerin temelini oluşturmak için kullanılmıştır. Khan vd. (2016) yersel lazer tarama verileri kullanılarak mimari kat planları otomatik

olarak oluşturulmuştur. Lazer tarama verileri, binanın iç ve dış yapılarını algılamak ve detaylı kat planlarını üretmek için kullanılmıştır. Sener ve Gruen (2018), yersel lazer tarama verileri ve fotogrametri teknikleri birleştirilerek mimari belgeleme gerçekleştirilmiştir. Lazer tarama verileri, binanın geometrisini yakalamak için kullanılmış ve ardından fotogrametriyle renk bilgileri eklenerek ortofotolar ve mimari çizimler oluşturulmuştur.

Tüm bu çalışmalar, yersel lazer tarama verilerinin kullanımıyla ortofotoların üretilmesini ve mimari çizimlerin oluşturulmasını ele almaktadır. Bu yöntemler, mimari belgeleme sürecini otomatikleştirmek ve daha hızlı, doğru ve detaylı sonuçlar elde etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda yersel lazer tarama verilerinin kullanımıyla ortofotoların yanı sıra bina cephe dokuları, yükselti çizimleri ve kesit çizimleri gibi mimari belgelerin otomatik olarak oluşturulmasını ele almaktadır. Bu yöntemler, mimari belgeleme sürecini daha verimli hale getirerek zaman ve iş gücü tasarrufu sağlamayı hedeflemektedir. Ancak bu çalışmalarda ortak olarak taş, tuğla gibi farklı yapı malzemesi birlikteliği ile inşa edilmiş ya da süsleme yönünden karmaşık geometriye sahip tarihi yapıların, bu yöntemle belgelenmesi sürecinde aşılması gereken sorunlar var olduğu vurgulanmaktadır (Karabacak & Yakar, 2022; Karataş vd., 2022a; Karataş, 2022).

Bu çalışmalarda ortofotoların basit düzeylerdeki mimari rölemleri oluşturmak için kaynak sağladığı, ancak karmaşık unsurların belgelenmesinde ortofotoların yüksek çözünürlüklü olması gerekliliği vurgulanmıştır (Koska & Křeme, 2013). Tarihi yapılarda yersel lazer tarama ve ortofoto kullanımı ile mimari belgelemede, farklı metodolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiş ve bu konu üzerine yapılacak gelecekteki çalışmaların önemine dikkat çekilmiştir (Řezníček, 2011; Karataş vd., 2022b; Ulvi vd., 2014; Yakar vd., 2015; Xu vd., 2010; Karataş, 2023).

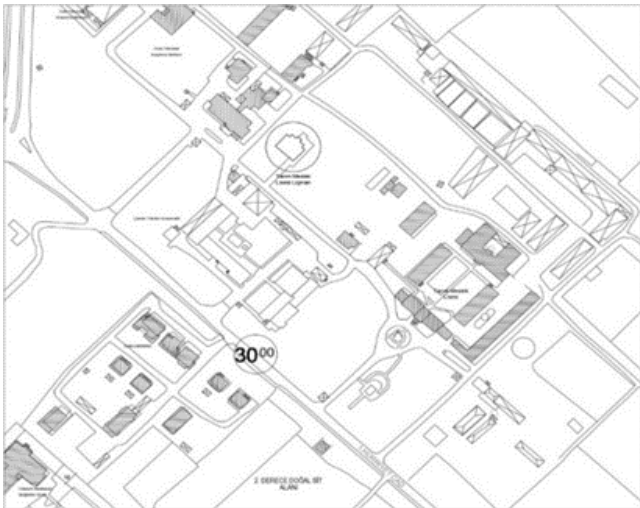
Yapılan çalışma, literatürde benzer çalışmalarda kullanılan, yersel lazer taramadan elde edilen seyrek nokta bulut verilerinden hasar tespitinden farklı bir yöntem sunmaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalarda, ortofotolar elde etmek için kullanılan seyrek nokta bulutunun düşük çözünürlüğü nedeniyle hasar tespitinde çeşitli dezavantajlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise, bu dezavantajlar, yoğun nokta buluttan elde edilen yüksek çözünürlüklü ortofotolar kullanılarak aşılmıştır. Bu çalışmanın alana getirdiği yenilik, lazer tarama ile elde edilen yüksek çözünürlüklü verileri kullanarak hasarları daha doğru, kesin ve hızlı bir şekilde tespit edebilme sağlayacak altlıklar oluşturabilmesidir (Yakar vd., 2016; Yakar vd., 2008; Yılmaz vd., 2008).



İncelenen tarihi yapı, Bursa İli Osmangazi İlçesi Hürriyet caddesinde yer alan tarihi bir okula ait tarihi değeri olan bir idare binasıdır. Çalışmanın amacı, yersel lazer tarama yöntemi ile yüksek çözünürlüklü ortofotolarının oluşturularak yapının mimari özelliklerinin belgelenmesidir. Yapının mimari özelliklerinin ortaya çıkarılması ve belgelenmesi ile tarihi yapının sürdürülebilirliğinin sağlanması noktasında literatüre kaynak sağlanacaktır. Çalışma kapsamında yapının ilk olarak tarihi ve önemi araştırılmıştır (Yılmaz & Yakar, 2006a; Yılmaz & Yakar, 2006b; Yılmaz vd., 2010). Böylece yapının tarihi, sanatsal ve mimari açılarından daha iyi anlaşılabilir değeri değerlendirilebilir hedeflenmektedir. Çalışmanın yöntem kısmında yapının yersel lazer taramadan elde edilen ortofotolar üzerinden mimari çizimlerinin nasıl elde edildiği aşama aşama açıklanmıştır. Bulgular bölümünde yapıya dair plan, cephe, yapısal özellikleriyle ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. Tartışma ve sonuç bölümünde ise, yapının bulunduğu dönem içerisindeki mimari durumu genel olarak değerlendirilip örneklendirilmiş, hangi mimari üsluplardan etkilendiği de belirlenerek tartışılmıştır.

## 2. Bursa Tarihi Ziraat Mektebi İdare Binası'na Genel Bir Bakış

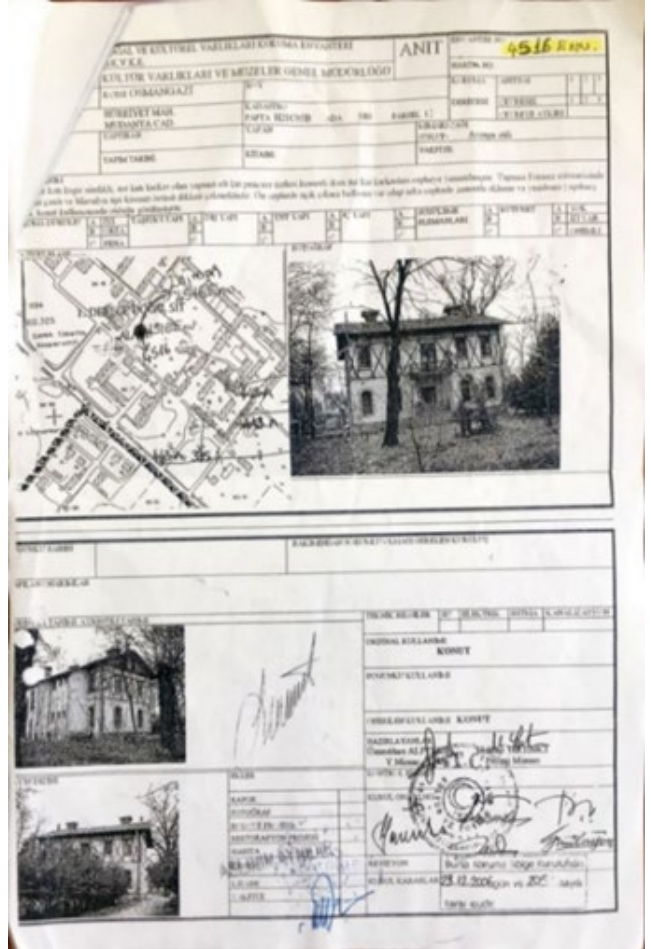
Yapı, Bursa İli Hürriyet Mahallesi, Hürriyet caddesinde, 580 ada 12 parselde yer almaktadır. Bursa tarihi Ziraat Mektebi'ne ait günümüzde lojman olarak kullanılan eski idare binası, 1605 x 1465 cm ebatlarında inşa edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Tarihi Ziraat Mektebi İdare Binası'nın kent içindeki konumu.

Hamitler Köyü'nden total Mehmet Ağa'nın devlete olan aşar borcunu ödeyememesi üzerine 26.000 dönümlük arazinin kamulaştırılması ile devletin eline geçmiştir. Yunanlıların Bursa işgalinden çekildiklerinde (1922) eski okul binası ve tesislerini

yakıp yıktıkları bilinmektedir. Tesislerden sadece böcekhane yıkılmamıştır. Daha sonra yapı topluluklarının eski haline uygun olarak yenilendiği bilinmektedir. Ayrıca Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Envanterinden alınan bilgilere göre Envanter No: 4516 numaralı yapı 1. derecede doğal sit alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 2).

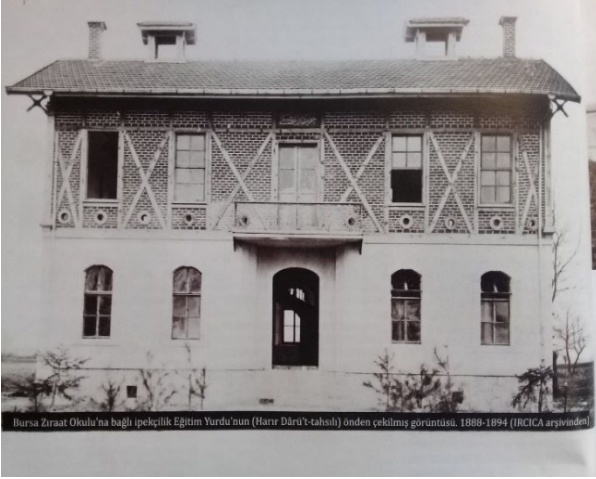


Şekil 2. Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Envanterinden alınan belge (Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Envanteri, 2023).

Belgelerde yer alan fotoğraflar ışığında yapının arka cephesine eklenen eklerin yakın dönemde eklendiği bilinmektedir. Konutun ana giriş kapısı ön cephede niş şeklinde içeriye çekilmiştir. Fakat bugün zemin katta açık çıkma olarak kullanılmaktadır. Araştırmalar dâhilinde bununla ilgili bir fotoğraf bulunamamıştır. Eser ilk yapıldığında idari bina olarak hizmet vermiştir (Şekil 3).

Yapı zemin ve birinci kattan oluşmaktadır. Zemin kat kâğır olarak inşa edilmiş yapının birinci katı ise karkas olarak yapılmış ve tüm cephelerinde ahşap karkas sistem detayları açıkta bırakılarak sıvanmıştır. Evin zemin katında yer alan iki daireden birisi aktif olarak kullanılırken, diğer konut kullanılmadığı için bakımsız kalmıştır. Birinci kat ve bodrum katları ise uzun zamandır boş kaldığı için oldukça yıpranmış ve kullanıma uygun değildir. Konutun kullanım

durumuna göre genel özelliklerini halen koruyabilmektedir. Yapıda var olan mevcut durum, kaynakçalar, tezler, eski fotoğraflar, benzer yapılar ile karşılaştırmalı çalışma bulguları, mimari gereklilik ve canlı kaynaklardan elde edilen bilgiler ışığında; Ziraat Mektebi içerisinde yer alan bu yapı, idari bina olarak hizmet vermesi için yapılmıştır. Ancak yapıya yakın dönemde arka cepheye ekler yerleştirilmiş, bununla birlikte yaşama ve ıslak hacimlerden oluşan bir konuta (lojman binasına) dönüşmüştür. Bu dönüşümle beraber zemin katta döner merdivenin yer aldığı sahanlığının sadece izleri kalmıştır.



**Şekil 3.** Bursa Ziraat Okulu idare binasının önden çekilmiş görüntüsü (1888-1894) (Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Envanteri, 2023).

### 3. Yöntem

Çalışmada, yapının mimari özelliklerinin analitik olarak belgelenmesi için literatür taraması, gözlemsel tespit, fotoğrafla belgeleme ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bilgiler betimsel ve sistematik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, örnek olay incelemesinin yapılacağı tarihi yapı ile ilgili durum analizi yapılmış ve yapının genel bilgileri sunulmuştur. Daha sonraki aşamada yapının iç ve dış tüm ölçümleri lazer tarama ile taranmış ve iki gün süren ölçümler sonucunda alınan veriler büro ortamında işlenmiş ve mimari çizim yapılabilecek verilere dönüştürülmüştür. Aşağıdaki kısımda bu aşamalara dair gerekli bilgilere yer verilmektedir.

#### 3.1. Ölçüm ve Kullanılan Ekipman

Çalışmada ana ölçüm yöntemi lazer tarama olup, istasyon ölçümleri ve ağ ayarları yalnızca nokta bulutu coğrafi referanslaması için kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan lazer tarayıcı sistemi Leica HDS3000'dir (Şekil 4). Cihaz, binanın farklı noktalarına 82 farklı istasyonda kurulmuş, yapı lazer tarama cihazıyla

taranmış ve yoğun çözünürlüklü nokta bulutu elde edilmiştir. Lazer tarayıcı bakış noktaları yere ve ana yapının çatısına yerleştirilmiş ve tarama yoğunluğu, nesne üzerindeki ortalama nokta aralığı 5 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Ortalama nokta aralığı daha sonra 10 mm'ye düşürülmüştür. Noktaların yaklaşık yarısı tarihi binanın içinde, yarısı da dışında olmak üzere yaklaşık 20 milyon noktadan oluşan bir nokta bulutu elde edilmiştir. Bu bölümde nokta bulutundan ölçülü mimari çizimlerin elde edilmesine geçen süreç aşamaları açıklanmaktadır.



**Şekil 4.** lazer tarayıcı (Leica Geosystems, 2004).

**Tablo 1.** Lazer Tarayıcı teknik özellikler (Leica Geosystems, 2004).

Öznitelik	Değer
Tipi	Maksimum 360° x 270° görüş alanına sahip yüksek hızlı, yüksek doğruluklu lazer tarayıcı
Sınıf	Sınıf 3R (IEC 60825-1)
Tarama Hızı	1800 nokta/saniyeye kadar*
Tarama Yoğunluğu (Çözünürlük)	Nokta boyutu 6 mm, 0 - 50 metre
Nokta aralığı	Birim alan başına toplam nokta sayısına veya noktalar arasındaki minimum mesafeye (belirtilen aralıkta) göre
Maksimum numune yoğunluğu	1,2 m

#### 3.2. Lazer Tarama Verilerinin İşlenmesi

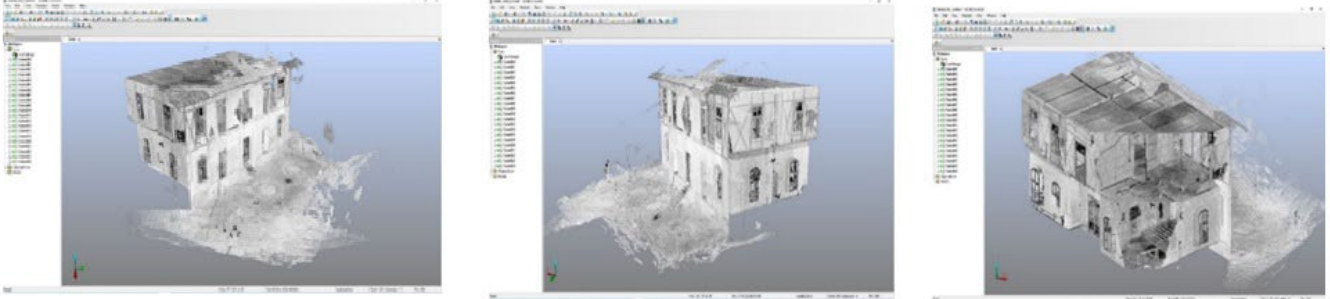
##### 3.2.1. Nokta Bulutu

İlk aşamada, nokta bulutu Leica HDS3000 lazer tarayıcıdan elde edilmiştir. Lazer tarayıcı bakış noktaları yere ve ana yapının çatısına yerleştirilmiş ve tarama yoğunluğu, nesne üzerindeki ortalama nokta aralığı 5 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Ortalama nokta aralığı daha sonra 10 mm'ye düşürülmüştür.

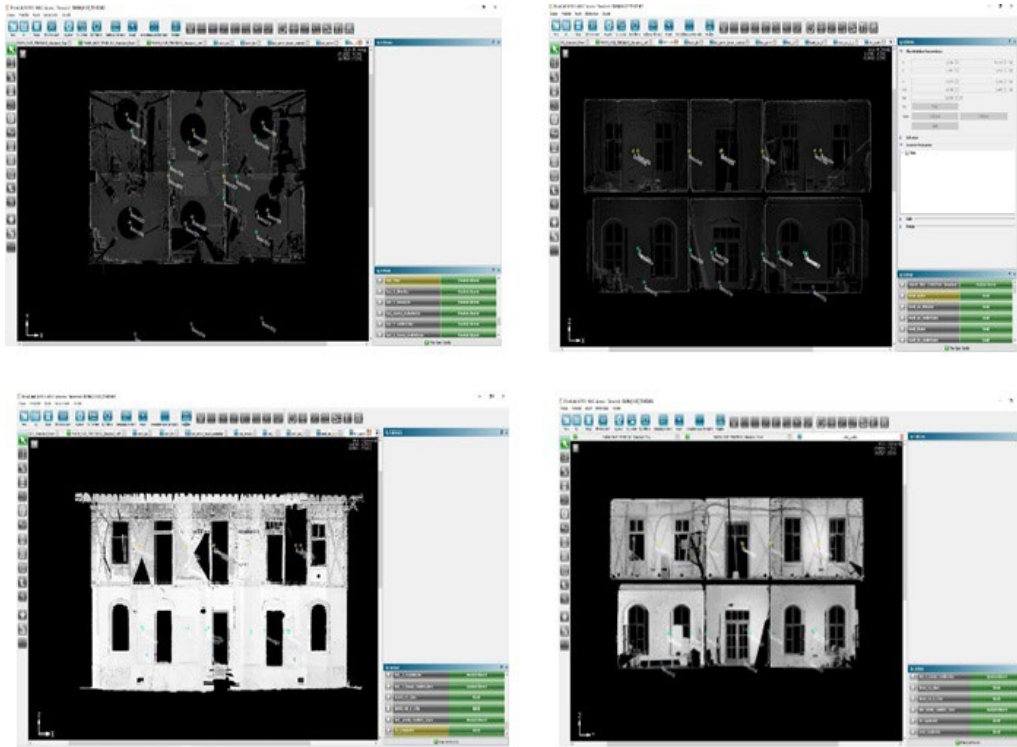
Noktaların yaklaşık yarısı tarihi binanın içinde, yarısı da dışında olmak üzere yaklaşık 20 milyon noktadan oluşan bir nokta bulutu elde edilmiştir. Bir sonraki adım, kontrol noktaları tarafından tanımlanan koordinat sistemine dönüşümü desteklemek için kullanılacak yazılım Scene'dir (Şekil 5).

### 3.2.2. Ortofoto (Dik foto) Üretimi

Bu aşamada PointCab Origins 4.0 adlı yazılımında lazer tarama işleminde elde edilen nokta bulutları, ölçekli kat planları ve cephe çizimlerinin üretiminde altlık olarak kullanılacak ortofotolarla dönüştürülmüştür (Şekil 6).



Şekil 5. Yersel lazer tarama elde edilen verilerin 'Scene' adlı program kullanılarak üç boyutlu hale getirilmesi.



Şekil 6. PointCab Origins 4.0 adlı programında elde edilen yapının ölçekli ortofotolarından(dik foto) örnek görseller. Kat planlarına dair ölçekli ortofoto örnekleri (üst), Cephelere dair ölçekli ortofoto örnekleri (alt).

### 3.2.3. Analitik Rölövelerin Elde Edilmesi

Yapıya dair plan, cephelere dair analitik rölövelerin (ölçekli mimari çizimler) oluşturulması işleminde ise AutoCAD programı kullanılmıştır. Çizim işlemine geçilmeden önce PointCab Origins 4.0 yazılımında üretilen ortofoto görüntüler AutoCAD ortamına aktarılmıştır. AutoCAD yazılımlarının ortak veri formatı olan .tif ya da .tiff uzantılı TIF dosyası formatında AutoCAD ortamına aktarılabilir. Elde edilen ölçekli ortofoto görüntüler kullanılarak, Autocad programı ile yapının plan ve cephelerine dair analitik rölöveler elde edilmiştir.

## 4. Bulgular

### 4.1. Plan Özellikleri

Düz bir arazi üzerinde, 580 ada 12. parselde konumlandırılmış yapı; bodrum, zemin ve birinci kattan oluşmaktadır. Yapı açık çıkmalı (balkon) iç sofalı plan tipinde iki katlı olarak kullanılmıştır. Mekânsal organizasyon bütünlüğü binanın plan şemasına egemendir. Yapının zemin ve birinci katlarında ikişer konut yer almaktadır. Buna bağlı olarak konut, binanın iki yönüne cephelenmiştir.



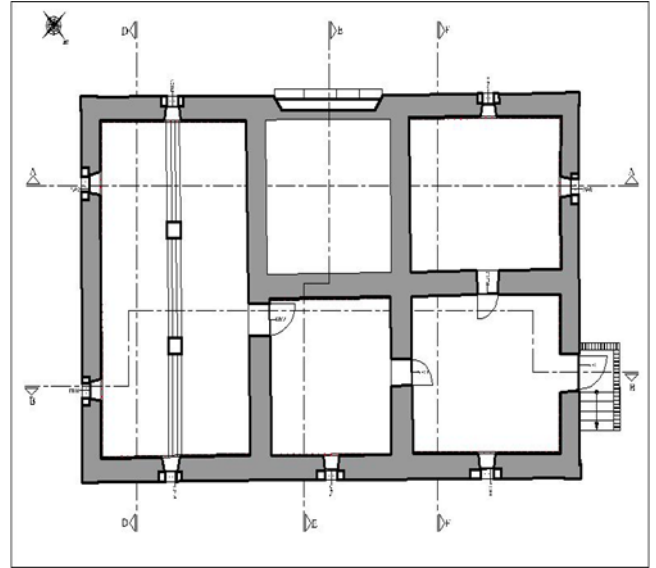
Yapıda giriş holü bulunmakta buradan antreye geçilmektedir.

Bu mekân yaşama ve yatma mekânlarına geçişi sağlamaktadır. Giriş holü konutun karşılama mekânı, birer dağılım ünitesi olarak kullanılmış, mekân organizasyonunda bağlayıcı öge görevini gören kapılar konutta yer almaktadır. Konut kapsamında bakıldığında ıslak hacimler (banyo – WC) ve yaşama alanlarından oluşmaktadır. Düşey ulaşımı sağlayan merdiven giriş aksının yerini belirlemiştir. Binada merdiven kovası cepheden algılanmamaktadır. Bir katta iki konuta açılacak şekilde tasarlanmış, konutta ortak olarak kullanılmıştır. Tavan arası ikiye bölünerek tanzim edilmiştir. Burayı kuzey ve doğu cephelere bakan iki yarım daire ve iki kuşluk pencere ile aydınlatmaktadır

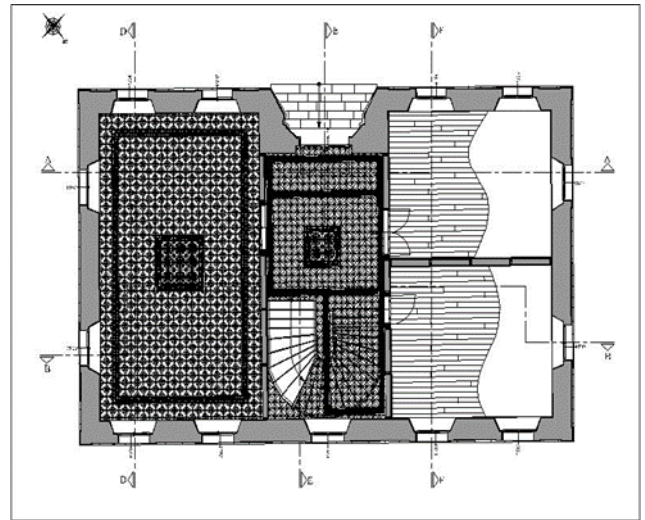
Yapı kırma çatı ile örtülmüş, üzeri Marsilya kiremitle kaplanmıştır. Saçak genişliği 100 cm'ye kadar ulaşmakta ve ahşap saçak konsollarıyla desteklenmiştir.

**Bodrum Kat Planı:** Zeminden beş basamak aşağıda bulunan ahşap kapıdan giriş sağlanmaktadır. Bodrum kat; giriş holü, odunluk, hol ve depodan meydana gelmektedir. Giriş holü, odunluk ve ikinci hole açılmaktadır. İkinci holden de depoya geçiş sağlanır. Depoda bina inşaatından hemen sonra yapıldığı tahmin edilen tuğla babalar yer almaktadır. Deponun volta döşeme tavanının ahşap kirişlerinin tahminen üzerindeki yükü taşıyamamasından ötürü kısa zamanda zarar görmesi nedeni ile çözüm olarak bu tuğla eklemelerin yapıldığı düşünülmektedir. Bu tuğla ekler üzerine 3 sıra ahşap taşıyıcı kirişler konuşlandırılmıştır. Bodrum kat pencerelerinde demir parmaklık bulunmaktadır (Şekil 7).

**Zemin Kat Planı:** Güneybatı cephesine yerleştirilen giriş kapısına, altı basamaklı merdivenle ulaşılmaktadır. Çift kanatlı ahşap kapı giriş holüne açılmaktadır. 3.85 x 4.00m'lik giriş holünden doğu batıdaki odalara geçiş sağlanır. Bursa Ziraat Okulu'na ipekçilik Eğitim Yurdu'nun önden çekilmiş görüntüsü. 1888-1894 IRCICA arşivinden olan fotoğrafta döner merdiven olduğu görülmektedir. Buna göre döner merdiven giriş holünün tam karşı duvarına yerleştirilmiştir. Doğudaki oda 8.70x 5.20m ölçülerindedir. Oda duvarlarına ikişer pencere açılmıştır. Batıdaki odalar ise 5.27 x 4.19-4.34m ölçülerinde olup burada da duvarlarda ikişer pencere yer alır. Odalara iki ve tek kanatlı ahşap kapılardan girilmektedir. Zemin kat duvarları sıvalı, tüm zemin ahşap kaplamadır. Bu kattaki tavan yüksekliği 3.80m olmakla birlikte ahşap pasalı tavan ile kapanmıştır ve giriş holünün giriş kapısına yakın tarafında ahşap tavan göbeği yer alır. Ahşap pencerelerin üst kısımlarındaki pencereler kelebek açılış biçimindedir. Batıdaki odaların zemini ahşap tercih edilmiştir (Şekil 8).



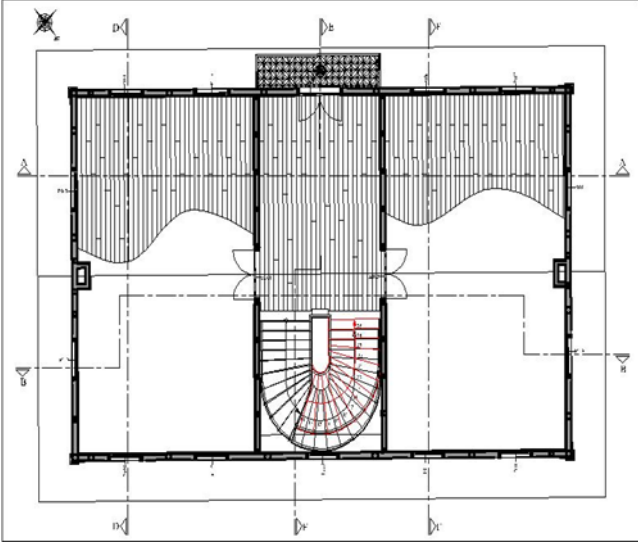
Şekil 7. Bodrum kat planı.



Şekil 8. Zemin kat planı.

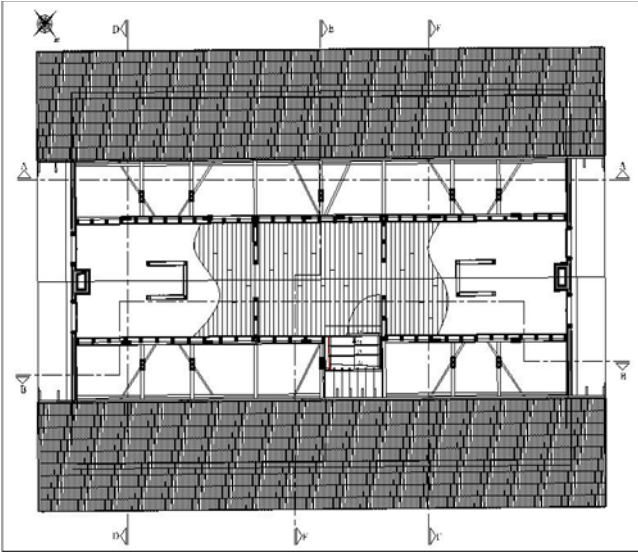
**Birinci Kat Planı:** Birinci kata, zemin kattaki giriş mekânın sahanlığından tek kollu ahşap bir merdivenle ulaşılmaktadır. Giriş mekânı ile merdiven yapının plan şemasının ortasında bulunmaktadır. Bu mekânın doğusuna ve batısına birer oda yerleştirilmiş odalara geçiş buradan sağlanır. Mekânın kuzeyin de ise açık çıkma yer alır. Birinci kat ahşap kaplama üzerine oturmakta ve kat yüksekliği 3.70m'dir. Mekânların tavanları ahşap pasalı tavan sisteminde düzenlenmiş olup her mekânın ortasına birer tavan göbeği yerleştirilmiştir. Giriş mekânının doğu ve batısında yer alan kapılar, odalara açılır. Kapılar ahşaptan çift kanatlı olarak tasarlanmıştır. Doğudaki oda, 9.60 x 5.62 m ölçülerinde, batıdaki oda ise 9.80 x 5.70 m ölçüdedir. Her iki odanın üç duvarına ikişer pencere açılmış, zemini ahşap kaplama, duvarları sıvalıdır. Odalarda ve holde bulunan ahşap pencereler düşey sürgülüdür. Odalarda pencere altlarında ve aralarında kil künkler ile oluşturulmuş havalandırma delikleri yer almaktadır (Şekil 9).





Şekil 9. Birinci kat planı.

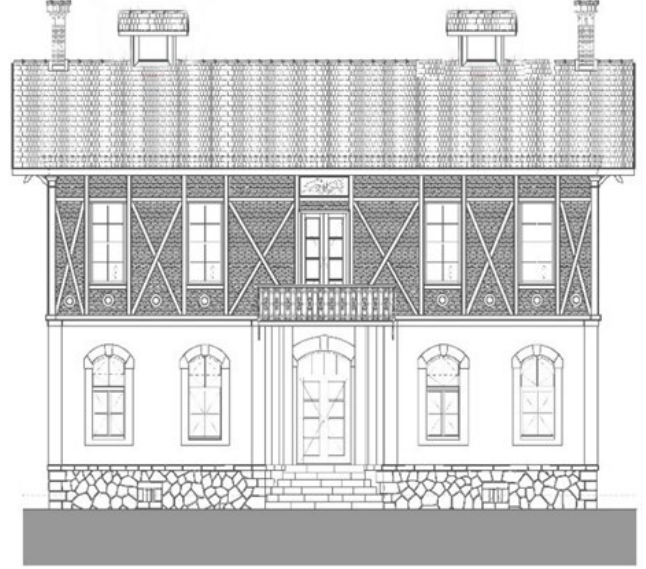
Çatı Kat Planı: Yapıyı 12.26 x 18.10m ölçülerindeki kırma çatı örtmektedir. Çatı Marsilya tipi kiremitle kaplanmıştır. İki uca yerleştirilen ateş bacası ve onlara 1.55m uzaklıkta güvercin gübresi elde etmek amacıyla yapılmış "kuşluk penceresi" olarak düşündüğümüz bir sistem yer almaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Çatı planı.

#### 4.2. Cephe Özellikleri

Yapının 4 adet cephesi bulunmaktadır. Kuzeydoğu cephe; ana aksın ortasına giriş kapısı yerleştirilmiştir. Cephenin tüm yüzeyi sıva ile kaplanmıştır. Giriş kapısı üzerinde merdiven boşluğunun aydınlatılması amacıyla yatay ve dikeyde ahşap çitlerle eşit parçalara bölünmüş dikdörtgen bir pencere yer almaktadır. Arka cephe zemin ve birinci katlarda sağ ve sol tarafa ıslak hacimlerin aydınlatılması ve havalandırılması amacıyla üçer küçük pencere açılmıştır (Şekil 11).

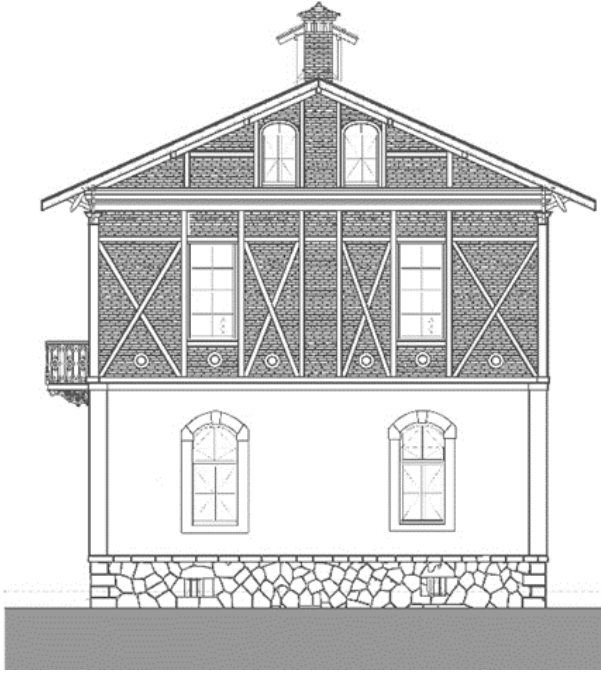


Şekil 11. Kuzeydoğu cephesi.

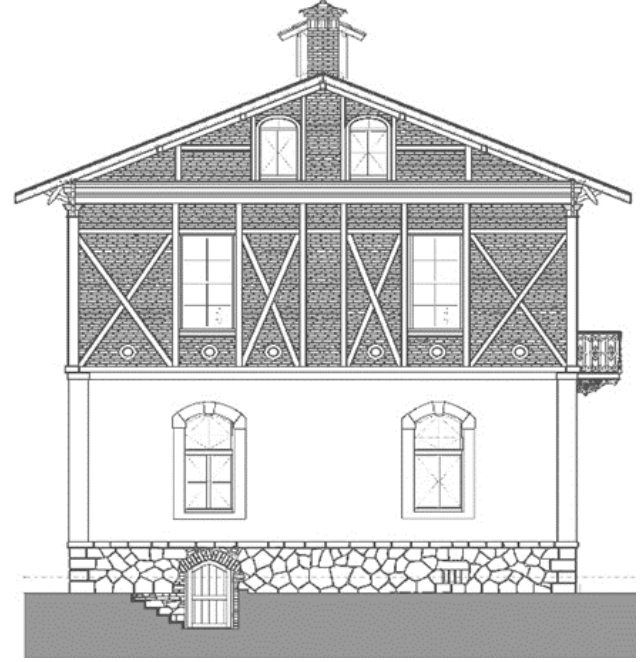
Güneydoğu cephe de ahşap karkas tuğla duvar örülü sistem açıkça görülmektedir. Ahşap yatay dikmeler zemin ve birinci katları birbirinden ayırmaktadır. Birinci kat ahşap karkas sistem görülecek biçimde sıvanmıştır. Bodrum katta doğal ışıklanma ve havalanma imkânı veren bahçe ile hem zeminin sol ve sağ taraflarında küçük boşluklar açılmıştır. Zemin katta iki Fransız penceresi yer almaktadır. Pencere lentoları basık kemer görünümlüdür ve doğramalar yatay ve dikey bölüntülerle bölünmüştür. Zemin kat pencerelerinin üstünde birinci kat pencereleri cephede simetrik olarak yer alır. Birinci katta yer alan pencereler dikdörtgen formdadır. En üstte ise iki adet yarım daire pencereler kullanılmıştır (Şekil 12).

Güneybatı cephe ise parsel içerisinde yer alan bahçeye bakmaktadır. Zemin ve birinci katta yer alan pencereler simetrik olarak yerleştirilmiştir. Zemin kat ve birinci kat pencereleri doğu ve kuzey cephelerindeki pencerelerle aynı formdadır. Altta ve üstte dört adet pencere konumlandırılmış, ortalarına ise iki katta da simetrik olarak yerleştirilmiş açık çıkma yer almaktadır. Açık çıkmaya girişte ahşap kasalı, çift kanatlı bir kapı yer alır. Kapı üstü penceresi kapı kasası ile çözümlenmiş, yatay ve dikeyde ahşap doğramalar kullanılarak cam yüzeyler bölünmüştür (Şekil 14).

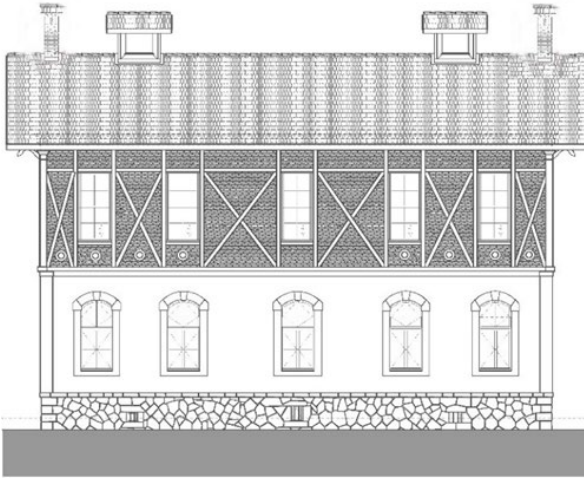
Kuzeybatı cephe, sol yan cephe ile birebir aynı özellikleri göstermekle birlikte bahçe ile hem zeminin altında dört basamakla ulaşılan bir kapı açılmıştır (Şekil 13).



Şekil 12. Güneydoğu cephesi.



Şekil 14. Güneybatı cephe.



Şekil 13. Kuzeybatı cephe.

### 4.3. Yapı Sistem Özellikleri

Konut kâgir sistemde inşa edilmiş, temel duvarlarında moloz taş kullanılmıştır ve poligon duvar örgü tekniğiyle örülmüştür. Kuzey ve doğu cephelerde yerden 91cm yüksekliğe kadar görülmektedir.

Yapının bodrum katı zemin kotunun altında yapılmış, tavan ise zeminden yüksekte inşa edilmiştir. Birinci katta ise ahşap karkas sistemde duvarlar arası harman tuğlası ile örülmüştür. Duvarlara yerleştirilen dikmeler ahşap bağlantı elemanlarıyla birbirlerine bağlanmış, pencere alt ve üstlerinden ahşap kuşaklar geçirilmiştir. Döşeme ve tavanlarda ahşap kullanılmış, merdivenler beton malzemeyle tek taraftan duvara bitişik bir şekilde inşa edilmiştir. Çatı ve tavan konstrüksiyonu ahşap, çatı kaplaması Marsilya kiremitle döşenmiştir. Pencere denizliklerinde ise beton malzeme kullanımı görülmektedir.

Yapının iç yükseklikleri bodrum katta 176 cm, zemin katta 315 cm ve birinci katta 368 cm'dir. Güneybatı, güneydoğu ve kuzeybatı cephelerde zemin katta yer alan Fransız pencereleri 145 x 202 cm ebatlarında, birinci kat pencereleri ise 110 x 207 cm ölçülerindedir. Kuzeydoğu cephede ıslak hacimlerin aydınlatılması ve havalandırması için kullanılan pencereler 90 x 113 ve 79 x 53 cm boyutlarındadır. Giriş kapısı üzerindeki pencere ise 246 x 114 cm ölçülerindedir. Kuzeybatı cephede bahçe ile hemzemin arasında 42 x 40 iki adet boşluk açılmış, en üstte 121 x 73 cm boyutlarında yarım daire pencereler yer almaktadır. Sol yan cephe bodruma giriş kapısı ise 114 x 97 cm ölçülerindedir. Merdivenler betonarme malzeme ile yapılmış, basamaklar bir taraftan duvara bitişik olarak inşa edilmiştir. Küpeşterler ahşap malzeme ile merdiven korkuluğu ise soğuk demir işçiliği ile yapılmıştır.

Zemin katta yer alan balkon korkuluğu ve küpeştede ahşap malzeme kullanılmıştır. Birinci kat koruluğu ise eğrisel formda demir malzemeden yapılmış, küpeşte kısmı ahşaptır. Ayrıca açık çıkmanın iki tarafı alttan eli bögründelerle desteklenmiştir. Eli belindeler bitkisel motiflerden oluşturulmuş korkulukla aynı malzemelerden yapılmıştır. Birinci katta yer alan ahşap tavan ve taban göbeği yapının orijinal kalabilmiş parçalarından birisidir. Ahşap tavan yüzeyi ince çıtalarla dikdörtgen bölümlere ayrılmış, tavan göbeği kare formdadır.

Ateş bacaları, tuğladan yapılmış 0.61 x 0.46 m ebatlarında 1.26 m yüksekliktedir. Bacanın üzerindeki başlık Marsilya tipi kiremitle örtülmüştür. Baca özellikle iç duvarlara göre düzenlenmiş, uzun kenarı çatı eğimine paralel olarak yerleştirilmiştir. Baca dibi çinko ile kaplanmış böylece yağmur ve kar sularının



baca dibine ve çatıya etkisi azaltılmıştır. Kuş Gözü Pencere, çatı üzerinde 1.20x 1.00m ölçülerinde ahşaptan yapılmıştır. İki yüzüne 0.66 x 0.53 m ebatlarında açıklıklar açılmıştır. Açıklıkların üzeri üçgen bir başlıkla kapatılmış ve üzeri Marsilya tipi kiremitle örtülmüştür. Kuşluk pencereleri içerden tavan arasına kadar devam etmektedir. Çatı ile tavan arasındaki bu bölüme çapraz veya düz ahşap parçalar yerleştirilmiş, üç tarafı ahşap kaplama ile kapatılmıştır. Bu parçalar sayesinde güvercinlerin giriş çıkışları sağlanmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Kuşluk pencereleri.

Cumhuriyetin kurulmasının ardından gelişen Türkiye döneminde gelişim, sivil mimari tasarımlarında ve kentsel mekânlarda izlenmiştir. İnşa edilen yapılar yaşanan dönemin sosyo - kültürel ve sosyo - ekonomik değişim ve gelişimlerinden etkilenmiştir (Bingöl 2020; Türkeri & Önal 2016; Kösten vd.2011). Bu değişim ve gelişimlerin ürünü olan binaları tasarlayan mimarların ve konut yaptıran sahiplerin beğenisini yansıtmaktadırlar. Bütün olarak bakıldığı zaman bunlar o dönemin akım, stil ve eğilimin birer belgesi konumundadır. Bursa'da Osmanlı dönemi ile birlikte başlayan kentsel dokunun gelişimi 1930 ve 1950 dönemlerinde hız kazanmıştır. Sonraki dönemlerde Osmanlı'dan itibaren başlayan doğu- batı yönündeki gelişim, kuzeye doğru olan kentten yeni gelişimine de eklenerek halen devam etmektedir. Bu dönem Bursa'sında ve Türkiye'de iki yaklaşım söz konusudur. İlki fonksiyonun ve rasyonelliğin ön planda tutulduğu, yalın cephe anlayışının egemenliği savunulmuş diğeri ise geleneksel mimarlığımızın biçim, tasarım ve düzenleme ilkelerinden, bina gereçlerinden, üslub özelliklerinden esinlenmiştir (Kaprol 2000; Ulubay & Türkeri 2014). Bursa her iki anlayışın etkisinde gelişmekle birlikte, burada incelenen yapıda ikinci yaklaşımın etkileri görülmektedir. Malzeme ve biçimlerinde bir sentez oluşturmuşlardır. Geçmişte atıfta bulunan çağdaş bir üslupla birleştirilmişlerdir. 17. yüzyıl sonlarından itibaren Bursa sivil mimari örneklerinde ve incelenen yapıda ahşap karkas sistem

uygulanmaya başlamış; dikme, taban ve kuşaklardan oluşan ahşap karkas duvar arasına ve yapının niteliğine, bulunduğu bölgeye göre tuğla dolgu yapılmaya başlanmıştır. Yapıların iç duvarları her zaman sıva üzerine boya yapılmıştır. Bu tekniğin ne zamandan beri kullanıldığı bilinmemekle birlikte ithal edildiği söylenmektedir. 18. yüzyıl Bursa evlerine göre değerlendirdiğimizde ise ahşap karkas arası dolgu sistem yaygınlaşmaya başlamış, duvarlarda daha fazla boşluk oluşturarak araştırmada incelenen idare binası içinde yer alan konuttaki gibi pencere sayıları artmıştır. Yapıların cephelerine sıva yapılması uygulamanın kolaylığından dolayı rağbet görerek bu sistem yaygınlaşmaya başlamış ve burada da izlenmektedir. Yapı kullanım ve fonksiyonel açıdan insan ölçülerine dayalı bir ölçü ve oran kullanılmıştır. Ahşap dikmeler arasında tekrar eden pencere boşlukları ise modüler birer sistem oluşturmuştur (Baykal 1950; Eldem 1984).

Yapı - parsel ilişkisi açısından konutu değerlendirmek gerekirse; Geleneksel Bursa evleri de merkezde ve kırsal alanlarda da çoğunlukla bahçe içine yapılmışlar, yapının ana cephesi burada olduğu gibi bahçeye çevrilmiştir. Art deco ve Kübizmde yer alan çıkmalar, Bauhaus ve Uluslararası üslup etkisindeki tasarımlarda yer almaya başlamıştır. Yapıda açık çıkmaya yer verilmiş olması bu üslupların etkisinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca pencere açıklıklarının yatay hatlı çözümlenmesi ve bir uçtan diğeri uca açılmış olması Bauhaus ve Uluslararası üslubun sonucudur. Dış görünümünün mekâna kesintisiz alınabilmesi ilkesi benimsenmiştir (Eldem 1984).

İdare binasında yer alan kuşluk penceresi olarak düşündüğümüz öğeler, herhangi bir tipoloji içerisinde değerlendirilememektedir. Tamamen zirai amaca yönelik yapılmış ve özgündürler. Bu sebeple kendi içinde karşılaştırılabilecek örnekleri mevcut değildir.

Günümüzde örnekleri az sayıda kalmış, çoğu harap durumda olan benzer örneklerini gördüğümüz bu yapılar ve tarım lisesi içindeki idare binası kültürel varlık niteliğindedir. Bu niteliğinden dolayı günümüz ihtiyaçları göz önüne alınarak, özgün kalan kısımlarının bozulmadan doğru proje malzeme ve uygulamalarla restore edilip gelecek kuşaklara aktarılması gerekmektedir.

## 5. Tartışma

Çalışma kapsamında incelenen tarihi yapı, Bursa İli Osmangazi İlçesi Hürriyet caddesinde yer alan tarihi bir okula ait tarihi değeri olan bir idare binasıdır. Çalışmanın amacı, yersel lazer tarama yöntemi ile yüksek çözünürlüklü ortofotolarının oluşturularak yapının mimari özelliklerinin belgelenmesidir. Çalışma sonucunda, yersel lazer tarama yöntemiyle elde edilen yüksek yoğunluklu verilerden, malzeme bozulmalarının kolaylıkla, hızlı bir şekilde ve gereken

hassasiyette tespit edilebildiği görülmektedir. Ayrıca yüksek yoğunluklu lazer tarama verilerinin, mimari çizimlerde düşük yoğunluklu verilerin oluşturduğu dezavantajları kapatabildiği görülmektedir. Ayrıca çalışma, malzeme bozulmalarının yerel lazer tarama yöntemiyle kolaylıkla belirlenebileceğini vurgulayan, geleneksel yöntemlerin malzeme bozulmalarını daha iyi analiz etmek için bugün yetersiz olduğunu ve yerel lazer tarama yönteminin diğer yazılım araçlarıyla birleştirilmesinin avantajlarını destekleyen çalışmaların sonuçlarını da desteklemektedir (De Reu vd., 2013).

Çalışma sonucunda üretilen yüksek çözünürlüklü ortofotoların, araştırma ve ölçüm için kullanılabilir olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen bu sonuç, literatürde daha önce bu konu üzerine yapılan çeşitli çalışmaların bulgularına destek vermektedir (Gabriel vd. 2010; Cömert vd. 2012; Koska & Kreme 2013).

Çalışmada kullanılan yöntem aynı zamanda tarihi yapıların karmaşık geometriye sahip cephelerinin ve iç mekân görünülerinin 2 boyutlu çizimlerini belgelemek için de kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ortofotoların mimari çizimler oluşturmak amacıyla kullanılmasının, standart nokta bulutu kullanımına göre daha uygun olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, veri miktarının çok daha az olmasıdır. Ayrıca yüksek çözünürlüklü ortofotolar üzerinde süsleme ve malzeme gibi ayrıntıların yorumlanması, nokta bulutu verilerine göre daha kolaydır

Özetle çalışmada yüksek yoğunluklu nokta bulutu verilerinin hasar tespitinde düşük yoğunluklu nokta bulutu verilerine kıyasla şu tür avantajları olduğu tespit edilmiştir.

- I. Detaylı bilgi: Yüksek yoğunluklu nokta bulutları, bir yapının yüzeyinin çok daha ayrıntılı bir 3D temsilini sağlar. Bu, mimari çizimlerde daha fazla detay yakalanmasını ve hasar tespitinin daha hassas bir şekilde temsil edilmesini sağlamaktadır. Örneğin, yüzey kirliliği, renk değişimi, yüzey kaybı gibi taş malzeme sorunları yüksek çözünürlüklü nokta bulutlarından daha iyi bir şekilde görülebilmektedir.
- II. Doğruluk ve hassasiyet: Yüksek yoğunluklu nokta bulutları, yapıdaki nesnelerin konumunu ve şeklini daha doğru bir şekilde temsil eder. Bu, mimari çizimlerin daha hassas ve doğru olmasını sağlamaktadır. Özellikle, ölçümler, kesitler ve detaylandırmalar gibi teknik bilgilerin gerektiği durumlarda, yüksek yoğunluklu nokta bulutlarından elde edilen ortofotolar daha güvenilir bir temel sağlamıştır. Örneğin, yapısal deformasyonlar, çatlaklar veya yapı elemanlarının bozulmaları gibi sorunlar yüksek yoğunluklu nokta bulutlarından daha iyi tespit edilebilir. Yüksek yoğunluklu nokta bulutlarından üretilen

ortofotolar, analiz için daha fazla olanak sunduğu için, bu durum yapının daha iyi anlaşılmasını ve yapısal analizlerin daha hassas yapılmasını sağlayacaktır.

- III. Daha iyi görselleştirme: Yüksek yoğunluklu nokta bulutlarından üretilen ortofotolar, yapının daha gerçekçi ve detaylı bir şekilde görselleştirilmesini sağlar. Bu, mimarların veya restorasyon uzmanlarının, yapıyı daha iyi anlamalarını ve tasarım veya restorasyon kararlarını daha iyi bir şekilde verebilmelerini sağlamaktadır.

Sonuç olarak, yüksek yoğunluklu nokta bulutlarından üretilen ortofotolar, mimari çizimlerde düşük yoğunluklu ortofotolardan daha faydalıdır. Daha detaylı bilgi, doğruluk, modelleme ve analiz imkanları ve daha iyi görselleştirme özellikleri sağlamaktadır. Bu da mimarlar, restorasyon uzmanları ve diğer ilgili kişilerin daha iyi kararlar vermesine ve yapıları daha etkili bir şekilde incelemesine yardımcı olmaktadır.

## 6. Sonuç

Çalışma, tarihi yapıların mimari olarak belgelenmesi için gerekli olan çalışma etaplarını, lazer taramadan elde edilen verilerin ortofotolar haline dönüştürülerek bir altlık olarak kullanılmasının yöntemlerini sistematik olarak örneklemesi yönüyle önemlidir. Bu makale, görsel olarak belgelenmesi daha zor farklı türden yapı malzemelerinden ve geometrilerden yapılmış tarihi binaların yüksek çözünürlüklü ortofotolarının nasıl oluşturulacağını tanıtmakta ve açıklamaktadır. Bu prosedür, lazer tarama ve ortofotografinin bir kombinasyonuna dayanmaktadır.

Son olarak Türkiye’de son zamanlarda gerçekleşen ardı ardına depremlerden kaynaklı pek çok yapının zarar gördüğü ya da yıkıldığı görülmektedir (Bayhan & Gülkan 2011; Çağlar vd.2023; Karataş vd.2023d). Araştırmada incelenen tarihi yapının, çevresel etkenlerin yanında deprem etkileri karşısında da birtakım hasarlara açık haldedir. Bu kapsamda yapıda gerçekleşecek her tür hasarın restorasyonu aşamasında, çalışmadan elde edilen verilerin, korumadan sorumlu farklı uzmanlar (koruyucular, mimarlar, bilim adamları, küratörler, operatörler, analistler, danışmanlar gibi) tarafından kullanılabilir ve tüm restorasyon çalışmaları için ön hazırlık olan bakım ve izleme aşamalarını desteklemesi umulmaktadır.

## Bilgilendirme/Teşekkür

Yapının lazer tarayıcı ile taranması sürecinde, sahada verilerin toplanması sürecinde yardımcı olan Mimar Ömer Güler’ e teşekkür ederiz.

**Yazarların Katkısı**

**Lale Karataş:** Metodoloji, Saha Çalışması, Modelleme, Yazım;

**Murat Dal:** Kontrol.

**Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

**Kaynaklar**

- Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Kaya bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). 3D model of Üçayak Ruins obtained from point clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 37-40.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). Lazer Tarayıcının Jeolojik Olayların Modellenmesinde Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 71-75.
- Balzani, M., Pellegrinelli, A., Perfetti, N., & Ucceli, F. (2002). A terrestrial 3d laser scanner-accuracy tests. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34(5/C7), 445-453.
- Bayhan, B., & Gülkan, P. (2011). Buildings Subjected to Recurring Earthquakes: A Tale of Three Cities. *Earthquake Spectra*, 27(3), 635-659.
- Baykal, K. (1950). Bursa ve Anıtları, Bursa.
- Bingöl, E. (2020) Colin Rowe'un "Bağlamsalılığı"na Yirmi Birinci Yüzyıl Kentleri Üzerinden Yeniden Bir Bakış, *Megaron Dergisi*, 15(3), 456-466.
- Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Envanteri (2023). Bursa Doğal ve Kültürel Varlıkları Koruma Kurulu Raporu, Envanter No: 4516.
- Cağlar, N., Vural, I., Kirtel, O., Saribiyik, A., & Sumer, Y. (2023). Structural damages observed in buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake in Türkiye. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e01886.
- Comert, R., Avdan, U., Tün, M., & Ersoy, M. (2012). Mimari belgelemede yersel lazer tarama yönteminin uygulanması (Seyitgazi Askerlik Şubesi Örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 1-18.
- Eldem, S. H. (1984). Türk Evi, TAÇ Vakfı, İstanbul.
- Gabriele, G., Danilo, G., & Marco, B. (2010). The employment of terrestrial laser scanner in cultural heritage conservation: the case study of Vallinotto Chapel in Carignano-Italy. *Applied Geomatics*, 2, 59-63.
- Hirschmüller, H., & Thielert, R. (2014). Automatic Generation of Orthophotos from Terrestrial Laser Scanning Data for Architectural Drawings. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87(1), 53-63.
- Jo, Y. H., & Hong, S. (2019). Three-dimensional digital documentation of cultural heritage site based on the convergence of terrestrial laser scanning and unmanned aerial vehicle photogrammetry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 53.
- 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.
- Kaprol, T. (2000). Bursa'da 1930-1950 Yıllarında İnşa Edilmiş Konutların Cephe Özelliklerinin Değerlendirilmesinde Tipolojik Bir Yöntem Denemesi, İstanbul.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2022). Giyilebilir Mobil LiDAR Kullanım Alanları ve Cambazlı Kilisesinin 3B Modellemesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(2), 37-52.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2023). 3D modeling of Mersin Akyar Cliffs with wearable mobile LIDAR. *Advanced Engineering Days (AED)*, 6, 86-89.
- Karataş, L., Ateş, T., Alptekin, A., Dal, M., & Yakar, M. (2023). A systematic method for post-earthquake damage assessment: Case study of the Antep Castle. *Türkiye Advanced Engineering Science*, 3, 62-71.
- Karataş, L. (2022). Integration of 2D mapping, photogrammetry and virtual reality in documentation of material deterioration of stone buildings: Case of Mardin Şeyh Çabuk Mosque. *Advanced Engineering Science*, 2, 135-146.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022a). 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.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022b). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- Khan, S., Hebel, M., Kada, M., & Reinhardt, W. (2016). Generation of Architectural Floor Plans from Terrestrial Laser Scanning Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(9), 140. doi:10.3390/ijgi5090140
- Koska, B., & Kremen, T. (2013). The combination of laser scanning and structure from motion technology for creation of accurate exterior and interior orthophotos of St. Nicholas Baroque church. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 40, 133-138.
- Kösten, Y., Şenyurt, O., & Türkeri, İ. (2011, Aralık). İzmit Anadolu Lisesi, Docomomo\_tr Türkiye Mimarlığında Modernizmin Yerel Açılımları. 48, 16-18, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Larsson, S., & Kjellander, J. A. P. (2006). Motion control and data capturing for laser scanning with an

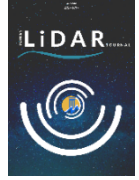


- industrial robot. *Robotics and autonomous systems*, 54(6), 453-460.
- Leica Geosystems (2004). The HDS 3000 technical specifications. Erişim Adresi: <http://www.leicageosystems.com>. [Erişim Tarihi: 05.05.2023].
- Řezníček, J. (2011). Overview of the Methods for Ortho-Image Generation from the Coloured Laser Scan Dataset. *XXIIIth International CIPA Symposium*, Prague, Czech Republic.
- Sener, B., & Gruen, A. (2018). Integration of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetry for Architectural Documentation. *Journal of Cultural Heritage*, 30, 92-102. DOI: 10.1016/j.culher.2017.08.006
- Stefani, C., Brunetaud, X., Janvier-Badosa, S., Beck, K., De Luca, L., & Al-Mukhtar, M. (2014). Developing a toolkit for mapping and displaying stone alteration on a web-based documentation platform. *Journal of Cultural Heritage*, 15(1), 1-9.
- Türkeri, İ., & Önal, F. (2016). Türkiye'deki Cami Sorunsalının Mimari Proje Yarışmaları Üzerinden Değerlendirilmesi. *Mimarist Dergisi*, 56, 91-98.
- Ulubay, S., & Türkeri, İ. (2014). Ankara Eski Osmanlı Bankası Ankara Şubesi Ek Binası, Docomomo\_tr Türkiye Mimarlığında Modernizmin Yerel Açılımları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum. ISBN: 978-975-442-677-9.
- Ulvi, A., & Yakar, M. (2014). Yersel lazer tarama tekniği kullanarak Kızkalesi'nin nokta bulutunun elde edilmesi ve lazer tarama noktalarının hassasiyet araştırması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 25-36 .
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S., & Mutluoglu, O. (2014). Laser scanning and photogrammetric evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36.
- Xu, L., Li, E., Li, J., Chen, Y., & Zhang, Y. (2010). A General Texture Mapping Framework for Image-based 3D Modeling. *17th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. 152-165. doi:10.1016/j.isprsjprs.2013.11.003
- Yakar, M. (2015). Laser scanning and photogrammetric evaluation of uzuncaburç monumental entrance. *International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers*. 3.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2015). The Problems and Solution Offers, Faced During The 3d Modeling Process Of Sekiliyurt Underground Shelters With Terrestrial Laser Scanning Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(2), 39-45.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2016). The Use of Laser Scanner in Caves, Encountered Problems and Solution Suggestion. *Universal Journal of Geoscience*, 4(4), 81-88.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Mutluoğlu, O. (2010). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station-based methods. *Lasers in Engineering*, 19, 331-345.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Mutluoğlu, Ö. (2008). Lazer tarama teknolojisi ve fotogrametrik yöntem ile hacim hesabı.
- 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.
- Yiğit, A., & Uysal, M. (2019). Afet yönetiminde uzaktan algılamanın kullanımı. *İdRc 2019 International Disaster & Resilience Congress*, 26-28 June.
- Yılmaz H. M., Yakar M., Yıldız F., Karabork H., Kavurmacı M.M., Mutluoglu O., & Goktepe A. (2010). Determining rates of erosion of an earth pillar by terrestrial laser scanning. *Arab. J. Sci. Eng.* 35(2A), 163-172 (2010)
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.



© Author(s) 2023.

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



## Nokta Bulutu Verisinden Bina Cephelerine Ait Düzlemlerin RANSAC ile Segmentasyonu

Yunus Kaya<sup>1\*</sup>, Nizar Polat<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63290, Şanlıurfa, Türkiye; (yunuskaya@harran.edu.tr; nizarpolat@harran.edu.tr)



\*Sorumlu Yazar:  
yunuskaya@harran.edu.tr

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Kaya, Y., & Polat, N. (2023). Nokta Bulutu Verisinden Bina Cephelerine Ait Düzlemlerin RANSAC ile Segmentasyonu. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 38-44.

Geliş : 06.06.2023  
Revize : 19.06.2023  
Kabul : 21.06.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

### Özet

Bu çalışma, yersel lazer tarama yoluyla elde edilen nokta bulutu verilerinden düzlem parçaları doğru bir şekilde elde etmek için izlenen bir iş akışını sunmaktadır. Bu iş akışı, veri toplama, ön işleme, RANSAC tabanlı segmentasyon, parametre ayarı ve sonuçların analizi gibi hususları içerir. Önerilen yaklaşım, mimari modelleme, şehir planlaması ve mirasın korunması için değerli bilgiler sağlayan, bina cephelerine karşılık gelen düzlemsel bölgeleri başarılı bir şekilde algılar ve çıkarır. Bu kapsamda yersel lazer tarayıcı kullanılarak Kocaeli'nde yapılan bir çalışmadan elde edilen veriler kullanılmıştır. İki farklı binaya ait cephelerde düzlemlerin tespiti çalışması gerçekleştirilmiştir. Buna göre birinci cephede 21 ikinci cephede 14 düzlem tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı nokta sayısı ve doğrultuya sahip düzlemlerin tespit edilebilmesi, uygulanan metodolojinin geliştirilebilir olmasına rağmen etkili ve başarılı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** RANSAC, nokta bulutu, segmentasyon, yersel lazer tarama.

## Segmentation of Building Facade Planes from Point Cloud Data with RANSAC

\*Corresponding Author:  
yunuskaya@harran.edu.tr

### Research Article

**Citation:** Kaya, Y., & Polat, N. (2023). Segmentation of Building Facade Planes from Point Cloud Data with RANSAC. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 38-44 (in Turkish).

Received : 06.06.2023  
Revised : 19.06.2023  
Accepted : 21.06.2023  
Published : 30.06.2023

### Abstract

This study presents a workflow for accurately obtaining plane segments from point cloud data obtained through terrestrial laser scanning. The workflow encompasses data acquisition, preprocessing, RANSAC-based segmentation, parameter tuning, and result analysis. The proposed approach successfully detects and extracts planar regions corresponding to building facades, providing valuable information for architectural modeling, urban planning, and heritage preservation. The study utilizes data collected through terrestrial laser scanning in Kocaeli, capturing the facades of two different buildings. A total of 21 planes were identified in the first facade and 14 planes in the second facade. The results demonstrate the effectiveness and success of the applied methodology in detecting planes with varying point densities and orientations. Although the methodology has potential for further improvement, it proves to be effective and successful in plane detection.

**Keywords:** RANSAC, point cloud, segmentation, terrestrial laser scanning.

## 1. Giriş

LiDAR (Light Detection and Ranging-Işıklı Algılama ve Uzaklık Ölçme), çevredeki nesnelere olan uzaklığı ölçmek için ışığı kullanan uzaktan algılama teknolojisidir. Fotogrametri yöntemlerine ek olarak kullanılan (Kabadayı & Uysal, 2019; Kabadayı & Uysal, 2020; Erdoğan vd., 2022) ve hassasiyeti artıran bu veri, nesne veya sahnenin yüzeyini temsil eden uzaydaki noktaların bir koleksiyonu olan üç boyutlu (3D) nokta bulutları oluşturmak için kullanılabilir. Son yıllarda, LiDAR teknolojisi çevrenin yüksek çözünürlüklü 3D verilerini yakalamak için değerli bir araç olarak ön plana çıkmıştır (Avdan vd., 2013; Yiğit vd., 2023; Nazari vd., 2023; Yakar vd., 2015; Ulvi vd., 2014; Yakar vd., 2016). LiDAR sistemleri, lazer ışınlarını kullanarak nesnelere olan uzaklığı ölçer ve gözlenen sahnenin mekansal dağılımını temsil eden nokta bulutları oluşturur (Uzar vd., 2019; Alptekin & Yakar, 2021; Kanun vd., 2021; Karataş vd., 2022a; Karabacak & Yakar, 2023). Bu nokta bulutları, otonom sürüş, robotik, kentsel planlama ve çevre izleme gibi çeşitli uygulamalar için temel bir veri kaynağı olarak hizmet eder (Cetin & Yastikli, 2023; Adjiski vd., 2023; Sanchez-Diaz vd., 2022; Ozdemir vd., 2021).

Bölütme, LiDAR nokta bulutlarının analizinde kritik bir adım olup nokta bulutunu tutarlı ve anlamlı bölgelere ayırmayı içerir. Nokta bulutu bölütmesi, ham LiDAR verisinden anlamsal olarak önemli bilgileri çıkarmada hayati bir rol oynar ve ardışık işleme ve yorumlama imkanı sağlar. Geometrik, mekansal veya semantik özelliklere dayanarak nokta bulutunu belirli segmentlere bölen bölütme algoritmaları, nesne tanıma, sahne anlayışı ve ardışık karar verme süreçlerini kolaylaştırır.

LiDAR nokta bulutu bölütmesinde öne çıkan özel bir yaklaşım, Random Sample Consensus (RANSAC) algoritmasıdır. RANSAC, bir alt küme olan içerik kümesine en iyi uyan matematiksel bir modelin parametrelerini tanımlamayı amaçlayan tekrarlayan bir algoritmadır (Carrilho ve Galo, 2018). Bu algoritma, çevrede yaygın olarak bulunan düzlem, çizgi veya silindir gibi geometrik temel öğelerin parametrelerini verimli ve güvenilir bir şekilde tahmin ederek nokta bulutlarını bölütme konusunda büyük potansiyele sahiptir (Canaz Sevgen & Karsli, 2020).

RANSAC tabanlı yöntemler kullanarak LiDAR nokta bulutu bölütmesi yapmak, edinilen verinin özellikleri nedeniyle çeşitli önemli zorluklar ortaya çıkarır. Öncelikle, nokta bulutları genellikle büyük bir nokta sayısına sahiptir, bu da hesaplama karmaşıklığı ve bellek kısıtlamalarına yol açar. Büyük veri hacmini işlemek ve makul sürelerde işlem yapabilmek için etkili algoritmalara ihtiyaç vardır. İkinci olarak, nokta bulutları genellikle sensör ölçüm hataları, kapanmalar

veya aykırı değerler gibi çeşitli tipte gürültüler içerir, bu da bölütlenme sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, gürültülü ve mükemmel olmayan verilerle başa çıkabilen sağlam bölütme algoritmaları önemlidir.

Ayrıca, LiDAR nokta bulutları, farklı nesne tipleri, çevresel yapılar ve arka plan gürültüsünü içeren karmaşık ve çeşitli sahneleri yakalar. Bölütme algoritmaları, nesne şekilleri, boyutları ve yoğunluklarındaki değişiklikleri ve komşu noktalar arasındaki mekansal ilişkileri dikkate almalıdır (Çömert vd., 2023). Ayrıca, bölütme süreci, kentsel ortamlar, doğal peyzajlar veya kapalı mekanlar gibi farklı uygulama alanlarına uyarlanabilir olmalıdır, çünkü bu alanların bölütme için kriterleri önemli ölçüde farklılık gösterebilir (Hammoudi vd., 2009). Son yıllarda, bu zorlukları ele almak için çeşitli RANSAC tabanlı bölütme teknikleri önerilmiştir. Bu yöntemler, Multi-Model RANSAC, Progressive RANSAC veya Randomized RANSAC gibi orijinal RANSAC algoritmasının çeşitli varyasyonlarını ve iyileştirmelerini kapsar. Her bir varyant, bölütme sürecinin sağlamlığını, verimliliğini veya doğruluğunu artırmayı hedefler. Ayrıca, RANSAC ile makine öğrenimi veya derin öğrenme tekniklerini entegre etmek, bölütme performansını iyileştirmede umut verici sonuçlar göstermiştir. Bu makalenin amacı, RANSAC tabanlı LiDAR nokta bulutu bölütme tekniklerindeki durumu ve gelişmeleri genel bir bakış sunmaktır. Çeşitli RANSAC varyantlarını ve uygulamalarını keşfedecek ve değerlendirilip, güçlü yönlerini, zayıflıklarını ve performans özelliklerini vurgulanmıştır. Mevcut metodolojilerin ve uygulanabilirliklerinin anlaşılmasıyla, araştırmacılar ve uygulamacılar, özellikle RANSAC tabanlı yaklaşımları göz önünde bulundurarak, spesifik ihtiyaçları için bir bölütme algoritması seçerken bilinçli kararlar verebilirler. RANSAC tabanlı LiDAR nokta bulutu bölütme alanındaki gelişmeler, 3D nokta bulutu verilerinin doğru ve etkili analizine dayanan sistemlerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Ayrıca nesne tanıma, sahne anlayışı ve karar verme yeteneklerini geliştirmesi beklenmektedir.

## 2. Veri ve Yöntem

Bu bölüm, yersel lazer tarama yoluyla elde edilen bina cephelerinin nokta bulutu verilerinden düzlem segmentlerini bölmek için kullanılan metodolojiyi açıklamaktadır. Veri ve yöntem bölümü, çalışma alanı, veri toplama, ön işleme, segmentasyon stratejisi, parametre ayarı, segmentasyon süreci ve doğrulama gibi süreçleri kapsar.

## 2.1. Çalışma Alanı

Çalışmada Kocaeli ili Dilovası ilçesinde bulunan bir sokakta yapılan bir projede elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı haritası Şekil 1’de verilmiştir.

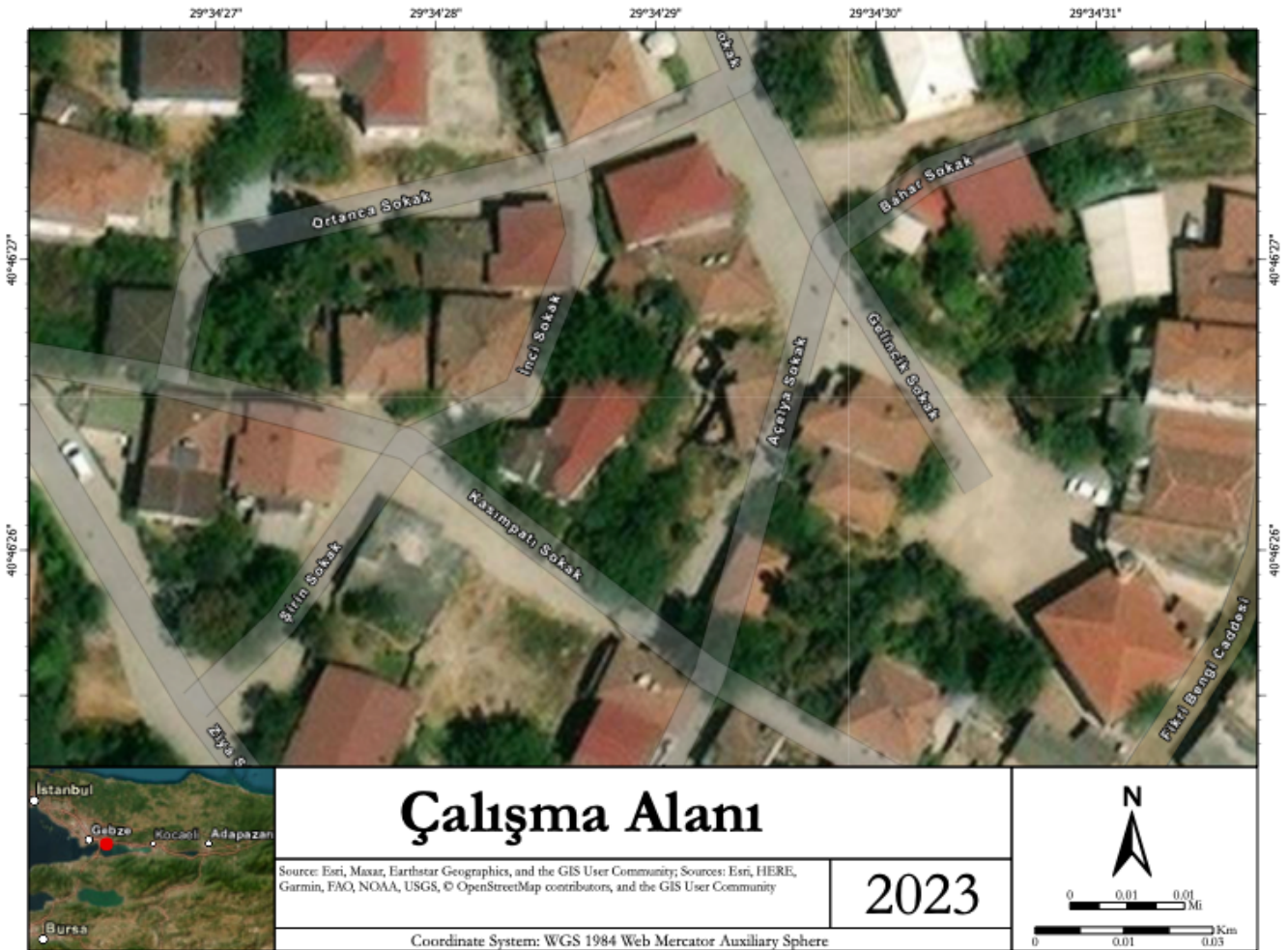
## 2.2. Veri Toplama

Bina cephelerinin nokta bulutu verisinin elde edilmesi, yersel lazer tarama kullanılarak gerçekleştirildi. Bu uzaktan algılama tekniği, çevre

ortamındaki nesnelere olan mesafeyi ölçmek için lazer ışınlarından yararlanarak detaylı 3B nokta bulutlarının oluşturulmasını sağlar (Alptekin & Yakar, 2020; Karataş vd., 2022b). Lazer tarayıcı, hedef binanın etrafında birden fazla gözlem noktasına yerleştirilerek kapsamlı bir cephe bilgisi yakalamak için kullanıldı. Tarama süreci, doğru geometrik verilerin elde edilmesini sağlamak için yüksek hassasiyet ve çözünürlükte gerçekleştirildi. Çalışmada kullanılan lazer tarayıcıya ait teknik bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** LiDAR FARO FocusS S350 teknik özellikleri.

Parametre	Değer
Ölçme menzili	İç veya dış mekanda 0,6-350 m
Ölçme hızı	Maksimum 976.000 nokta/saniye
Ölçme doğruluğu (10-25 m ölçümde)	±2 mm
Yerel doğruluk	±5 mm
Görüş alanı (dikey/yatay)	300° / 360°
Renk birimi çözünürlüğü	Maksimum 70 megapiksel
Lazer sınıfı	1.sınıf
Işın sapması	0.19 mrad (0,011°) (1/e, yarım açı)



Şekil 1. Çalışma alanı.



### 2.3. Önışleme

Segmentasyon aşamasından önce, ham nokta bulutu verisinin analiz için hazırlanması amacıyla bir dizi önışleme adımı uygulandı. Veri kümesinden gürültü, aykırı değerler ve ilgili olmayan noktaların temizlenmesi için temizleme ve filtreleme işlemleri gerçekleştirildi.

### 2.4. Segmentasyon Stratejisi

Düzlem segmentasyonu için temel yöntem olarak Random Sample Consensus (RANSAC) algoritması seçildi. RANSAC, bir matematiksel modelin parametrelerini en iyi şekilde uyacak şekilde bir inlier (uygun) veri noktaları alt kümesini belirlemeyi hedefleyen bir iteratif algoritmadır (Polat & Uysal, 2020). Bu çalışmada, RANSAC, bina cephesine karşılık gelen nokta bulutu içindeki düzlem bölgelerini tespit etmek için kullanıldı.

### 2.5. Parametre Ayarları

Bu çalışmada RANSAC algoritması için özelleştirilmiş birkaç parametre tanımlanmıştır. Bu parametreler, segmentasyon sonuçlarının performansını ve doğruluğunu etkileyen önemli rol oynamaktadır. İnlier eşik değeri, bir noktanın düzleme olan maksimum kabul edilebilir uzaklığını belirlemektedir. Maksimum iterasyon sayısı, RANSAC döngüsünün sonlandırılma kriterini kontrol etmektedir. Minimum nokta sayısı ise bir düzlem segmenti oluşturmak için gereken en az nokta sayısını belirlemektedir. Bu parametreler, deneyler ve ayarlama süreci ile dikkatlice seçilmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler:

- İnlier Eşik Değeri:** İçerideki eşik değeri, bir nokta ile uydurulan düzlem arasındaki maksimum kabul edilebilir mesafeyi belirler. Bu eşik değeri içindeki noktalar düzlemin bir parçası olarak kabul edilirken, eşik değerinin ötesinde kalan noktalar aykırı olarak sınıflandırılır. İçerideki eşik değeri, nokta bulutu verisinin özellikleri ve segmentasyon doğruluğu hedefi göz önünde bulundurularak dikkatlice seçilmiştir.
- Maksimum İterasyon Sayısı:** Maksimum iterasyon sayısı, RANSAC döngüsünün sonlandırma kriterini kontrol eder. Algoritma, nokta örneklerini iteratif olarak örnekler ve bu örnekler üzerinde düzlemler uygunlar. İterasyon sayısı, hesaplama verimliliği ile en iyi düzlem uydurmasını bulma olasılığı arasındaki dengeyi etkiler. Maksimum iterasyon sayısı, nokta bulutu verisinin karmaşıklığı ve kullanılabilir hesaplama kaynaklarına bağlı olarak belirlenmiştir.

- Minimum Nokta Sayısı:** Dikkate alınan başka bir parametre, bir düzlem segmenti oluşturmak için gereken minimum nokta sayısıdır. Bu parametre, yalnızca yeterli sayıda noktaya sahip düzlem segmentlerinin geçerli olarak kabul edilmesini sağlar. Veri içindeki gürültü veya aykırı değerler nedeniyle ortaya çıkabilecek küçük, anlamsız düzlem segmentlerini elemeye yardımcı olur.

RANSAC düzlem tespiti için parametre ayarları, nokta bulutu verisinin özel karakteristiklerine ve çalışmanın segmentasyon gereksinimlerine bağlı olarak değişebilir.

### 2.6. Segmentasyon Süreci

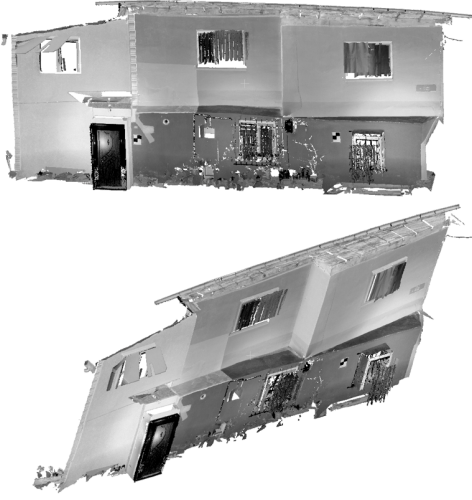
Segmentasyon süreci, önışlenmiş nokta bulutu verisine RANSAC algoritmasının uygulanmasını içermektedir. Algoritma, rastgele nokta alt kümesi seçer ve seçilen noktalara düzlemler uygunlar. Ardından, tüm noktalar ile uygunlanan düzlemler arasındaki mesafeler hesaplanır ve belirtilen inlier eşik değerine göre noktalar inlier (uygun) veya outlier (aykırı) olarak sınıflandırılır. Süreç, yeterli kalitede bir düzlem segmenti elde edilene kadar veya maksimum iterasyon sayısına ulaşılan kadar tekrarlanır. Belirlenen düzlem segmentleri sonraki analiz ve görselleştirme için saklanır.

### 2.7. Doğrulama

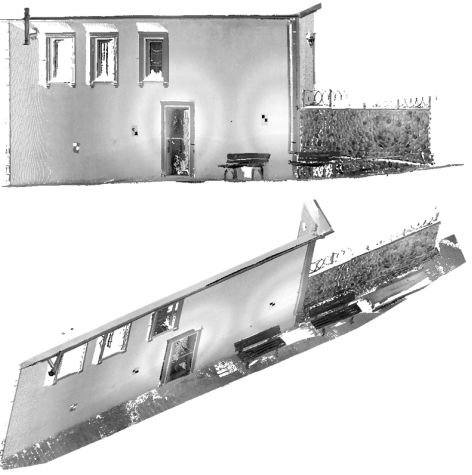
Düzlem segmentasyonu sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmek için bir doğrulama prosedürü uygulanmıştır. Manuel olarak işaretlenmiş düzlem segmentleri veya bilinen düzlem yapılarına sahip referans veri setleri gibi gerçek veriler karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru gibi nicel ölçütler, segmentasyon algoritmasının performansını değerlendirmek için hesaplanmıştır. Ayrıca, görsel incelemeler ve nitel değerlendirmeler, tespit edilen düzlem segmentlerinin görsel bütünlüğünü ve doğruluğunu doğrulamak için yapılmıştır.

## 3. Bulgular

Çalışma kapsamında iki farklı yapı üzerinde uygulanan metodoloji ile bu yapılar ait düzlem noktaları elde edilmiştir. Verilerin hazırlanmasında ilk olarak baca, zemin ağaç ve enerji nakil hattı gibi doğrudan bina cephesinden olmayan objelere ait noktalar manuel olarak temizlenmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'te verilen cephelerin karşıdan ve açılı görünümünde yatay ve düşey düzlemler açıkça görülmektedir.

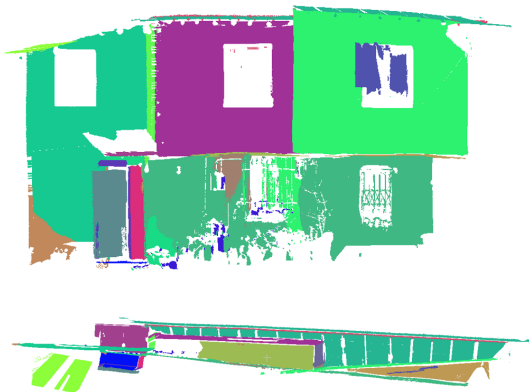


Şekil 2. Cephe 1 temizlenmiş verinin karşıdan ve açılı görünümü.



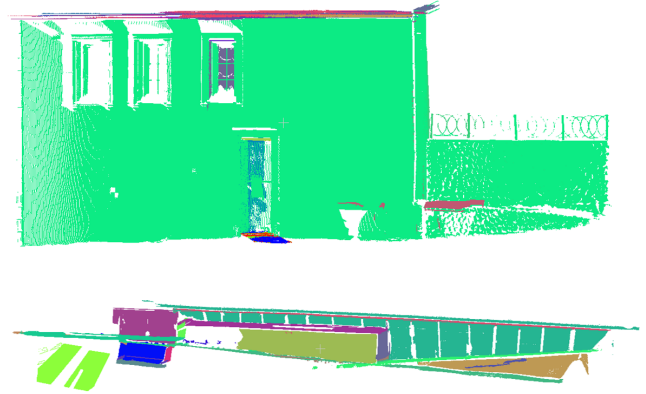
Şekil 3. Cephe 2 temizlenmiş verinin karşıdan ve açılı görünümü.

Temizlenen cepheler ayrı ayrı RANSAC ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda RANSAC parametre bağımlı bir yaklaşım olduğu için her cephede farklı parametreler kullanılmıştır. Parametreler denenerek en uygun olanlar seçilmeye çalışılmıştır. Bu noktada minimum düzlem alanı ve metre kareye düşen nokta sayısı dikkate alınmıştır. Birinci cephenin sonuçları karşıdan ve düşeyden görseller ile şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Ransac sonucu elde edilen Cephe 1 e ait düzlem sonuçları.

Cephe 1 için kullanılan parametreler ise Minimum nokta sayısı 5000, düzleme yakınlık 1 cm ve en yüksek düzlem açısı 55 derece olarak belirlenmiştir. İterasyon için sınır konmamıştır. Böylece veri setindeki tüm noktaların düzleme girip girmediği denenmiştir. Birinci cephede olduğu gibi ikinci cephede de parametreler denenerek en uygunu seçilmeye çalışıldı. Minimum nokta sayısı 3000, düzleme yakınlık 1 cm ve en yüksek düzlem açısı 55 derece olarak belirlendi. İkinci cephenin sonuçları Şekil 5 te verilmiştir.



Şekil 5. Ransac sonucu elde edilen Cephe 2 e ait düzlem sonuçları.

Elde edilen sonuçlar görsel olarak incelendiğinde düzlemlerin büyük oranda elde edildiği görülmektedir. Karar verilen parametrelere bağlı olarak veri setleri düzlemlere ayrılmıştır. Bu noktada veride düzlem oluşturabilecek kümelenmelerin büyüklüğü ve oluşabilecek düzlemin oluşturduğu açı doğru düzlemlerin oluşturulmasında önemli bir faktördür. Elde edilen sonuçların görsel analizi dışında sayısal analizi de yapılmıştır. Nokta sayısı ve düzlem sayısını içeren bu analizin sonuçları tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Cephelere ait düzlem ve nokta verileri.

	Düzlem sayısı	Nokta sayısı	Referans Düzlem	Referans Nokta
1. Cephe	21	11385645	13	15640886
2. Cephe	14	10389356	6	13954183

Çalışma kapsamında nokta sayısındaki farklılık beklenen bir durumdu. Çünkü RANSAC parametreye bağlı bir yaklaşım ve tüm veri setinin bu parametreye uyması mümkün bir durum değildir. Belirlenen parametrelere uymayan noktalar aykırı değer olarak kabul edilip RANSAC sonucuna dahil edilmez. Doğal olarak RANSAC sonucunda elde edilen nokta sayısı her iki, cephenin referans nokta sayısından beklendiği gibi daha azdır.

RANSAC sonucuna elde edilen düzlem sayısı her iki cephede de referans düzlem sayısından daha fazladır. Bu durum beklenen bir sonuç olmakla beraber manuel olarak düzenlenmesi mümkündür. Bu sonucun ortaya çıkmasında iki temel etken vardır. İlk olarak bir düzlem ağaç vb. bir obje ile ayrılmışsa ve bu obje RANSAC uygulamadan temizlenmişse o düzlem birden fazla parça olarak algılanabilmektedir. Benzer şekilde tek bir objenin birden fazla açıya sahip düzlemi varsa o obje de birden fazla düzlem olarak RANSAC tarafından tespit edilebilir. Her iki durum da manuel tanımla yapılarak düzlemlerin birleştirilmesi ile çözüme kavuşturulabilir.

#### 4. Sonuçlar

Sunulan çalışma, RANSAC algoritması kullanılarak yersel lazer tarama yoluyla elde edilen nokta bulutu verilerinden düzlem yapılarını segmentlere ayırmayı amaçladı. Metodoloji, veri toplama, ön işleme, segmentasyon stratejisi, parametre ayarı, segmentasyon süreci, doğrulama, yazılım uygulaması ve etik hususları kapsayan bir iş akışıyla çalışma tamamlandı. Uygulanan bu iş akışıyla, bina cephelerinin nokta bulutu verilerinden düzlem oluşturan kısımları başarıyla tespit edildi. Unutulmamalıdır ki elde edilen sonuçlar, parametreye bağlı olduğu için nokta sayısı eşik değer düzlem açısı gibi parametreler değiştikçe değişebilir. Ayrıca temizleme ve filtreleme gibi ön işleme adımlarının uygulanıp uygulanmaması da girdi verisini değiştirdiği için sonuçları etkiler. Çalışmada kullanılan parametreler iteratif olarak denemeye belirlenmiştir. Her deneme sonucu segmentasyon sonuçları doğruluk, bütünlük ve görsel uyum gibi ölçütlere dayanarak değerlendirilmiştir. En iyi segmentasyon performansını sağlayan parametre değerleri, sonuçların nihai analiz ve sunumu için seçilmiştir. Buna göre birinci cephede 21 ikinci cephede 14 düzlem elde edildi.

Sonuç olarak çalışma, RANSAC algoritmasını kullanarak düzlem bölütleme için kapsamlı bir metodoloji sağlayarak nokta bulutu analizi alanına katkıda bulunmuştur. Bulgular, seçilen metodolojinin, bina cephelerinin nokta bulutu verilerinden farklı açı ve nokta sayısına sahip düzlem segmentlerini doğru bir şekilde tespit etmedeki etkinliğini vurgulamaktadır. İzlenen metodoloji veri seti, hız ve düzlem belirleme ihtiyacı hususlarına bağlı olarak mimarlık, şehir planlama, kültürel mirasın korunması, sayısal belgeleme ve üç boyutlu modelleme gibi alanlarda uygulanabilir bir yaklaşımdır. Gelecekteki araştırmalarda, nokta bulutu verisinin ve verideki yoğunluğun artması beklentisi dikkate alındığında, makine öğrenimi veya derin öğrenme tekniklerinin

RANSAC ile kullanım potansiyelinin üzerinde durulması gerektiğini belirtmekte yarar vardır.

#### Yazarların Katkısı

Yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### Kaynaklar

- Adjiski V., Kaplan., G., & Mijalkovski, S. (2023). Assessment of the solar energy potential of rooftops using LiDAR datasets and GIS based approach. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(2), 188-199.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Kaya bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). Lazer Tarayıcının Jeolojik Olayların Modellenmesinde Kullanımı. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 3(2), 71-75.
- Avdan, U., Pekkan, E., & Çömert, R. (2013). Mağara Ölçümlerinde Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanılması (Tozman Mağarası Örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2) 16-28.
- Canaz Sevgen, S., & Karsli, F. (2020). An improved RANSAC algorithm for extracting roof planes from airborne lidar data. *The Photogrammetric Record*, 35(169), 40-57.
- Carrilho, A. C., & Galo, M. (2018). Extraction of building roof planes with stratified random sample consensus. *The Photogrammetric Record*, 33(163), 363-380.
- Çetin, Z., & Yastıklı, N. (2023). Automatic detection of single street trees from airborne LiDAR data based on point segmentation methods. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(2), 129-137.
- Çömert, R., Özdemir, S., Bilgilioglu, B. B., Alemdag, S., & Zeybek, H. I., (2023). 3D data integration for geo-located cave mapping based on unmanned aerial vehicle and terrestrial laser scanner data. *BALTICA*, 36(1), 37-50.
- Erdoğan, A., Görken, M., & Kabadayı, A. (2022). 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.
- Hammoudi, K., Dornaika, F., & Paparoditis, N. (2009). Extracting building footprints from 3D point clouds using terrestrial laser scanning at street level. *ISPRS/CMRT09*, 38, 65-70.

- Kabadayı, A., & Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 8-14.
- Kabadayı, A., & Uysal, M. (2020). Çok yüksek çözünürlüklü İHA verilerinden bina tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 43-48.
- 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.
- Karabacak, A., & Yakar, M. (2023). 3D Modeling of Mufti Abdullah Sıddık Mosque using Wearable Mobile LiDAR. *Advanced LiDAR*, 3(1), 01-09.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022a). 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.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022b). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- Nazari, S. W., Akarsu, V., & Yakar, M. (2023). Analysis of 3D Laser Scanning Data of Farabi Mosque Using Various Softwares. *Advanced LiDAR*, 3(1), 22-34.
- Ozdemir, S., Akbulut, Z., Karsli, F., & Acar, H. (2021). Automatic extraction of trees by using multiple return properties of the lidar point cloud. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(1), 20-26.
- Polat, N., & Uysal, M. (2020). An investigation of tree extraction from UAV-based photogrammetric dense point cloud. *Arabian journal of geosciences*, 13(17), 846.
- Sanchez-Diaz, B., Mata-Zayas, E. E., Gama-Campillo, L. M., Rincon-Ramirez, J. A., Vidal-Garcia, F., Rullan-Silva, C. D., Sanchez-Gutierrez, F. (2022). LiDAR modeling to determine the height of shade canopy tree in cocoa agrosystems as available habitat for wildlife. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(3), 283-293.
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S., & Mutluoglu, O. (2014). Laser scanning and photogrammetric evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36.
- Uzar, M., Tunalioglu, N., Arican, D., & Arda, T. (2019). Investigation of the filtering methods on 3D models using terrestrial laser scanning data. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (4), 1765-1775.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2015). The Problems and Solution Offers, Faced During The 3d Modeling Process Of Sekiliyurt Underground Shelters With Terrestrial Laser Scanning Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(2), 39-45.
- Yakar, M., Ulvi, A., & Toprak, A. S. (2016). The Use of Laser Scanner in Caves, Encountered Problems and Solution Suggestion. *Universal Journal of Geoscience*, 4(4), 81-88.
- Yiğit, A. Y., Hamal, S. N. G., Yakar, M., & Ulvi, A. (2023). Investigation and Implementation of New Technology Wearable Mobile Laser Scanning (WMLS) in Transition to an Intelligent Geospatial Cadastral Information System. *Sustainability*, 15(9), 7159.



© Author(s) 2023.

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