

e-ISSN
2717-6797

TÜRKİYE

LiDAR DERGİSİ

Turkish Journal of LiDAR



Cilt/Vol: 6
Sayı/ Issue: 2
Aralık/December, 2024



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 / 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 / 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,
- **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
- **Assoc. Prof. Dr. Murat UYSAL**, Afyon Kocatepe University
muysal@aku.edu.tr,
- **Assist. Prof. Dr. Bilgehan KEKEÇ**, Konya Technical University
kekec@ktu.edu.tr,
- **Dr. Hayri ULVİ**, Gazi University
hayriulvi@gmail.com,
- **Dr. Alper AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University,
alperakar@erzincan.edu.tr,
- **Dr. Özlem AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University
oakar@erzincan.edu.tr,
- **Dr. Mehmet Ali DERELİ**, Giresun University
madereli@gmail.com
Giresun University
- **Dr. Mustafa Zeybek**, Selçuk University
mzeybek@selcuk.edu.tr
- **Dr. Atta-ur RAHMAN**, Department of Geography and Geomatics,
University of Peshawar-Pakistan
atta-urrehman@uop.edu.pk

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- **Prof. Dr. İbrahim YILMAZ**,
iyilmaz@aku.edu.tr,
Afyon Kocatepe University
- **Dr. Resul ÇÖMERT**,
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

İçindekiler

Contents

Araştırma Makaleleri;

Research Articles**;

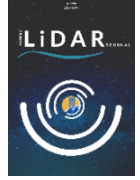
Sayfa/Page No	Makale Adı ve Yazar Adı Article Name and Author Name
44-50**	<i>Lidar Sensör ile Mimari Plan Şemalarının Okunması: Brookline Çocuk Kütüphanesi Örneği</i> <i>Determination Architectural Plan Diagrams with Lidar Sensor: Brookline Children's Library Example</i> Elif Merve Erturan
51-59**	<i>Yersel Lazer Tarama ile Tekli Yapıların Yüksek Hassasiyetli 3B Modellemesi ve Analizi</i> <i>High-Precision 3D Modeling and Analysis of Single Structures Using Terrestrial Laser Scanning</i> Adem Kabadayı
60-55**	<i>Hidrolojik ve Mekânsal Analizlerle Taşkın Risk Yönetiminde Yenilikçi Çözümler</i> <i>Flood Prediction through Hydrological Analysis and Simulation Techniques</i> Halil İbrahim Şenol
66-73**	<i>Yersel Lazer Tarama ile Mimari Koruma ve Restorasyon Süreçlerinin Dijitalleştirilmesi</i> <i>Digitization of Architectural Preservation and Restoration Processes Using Terrestrial Laser Scanning</i> Seda Nur Gamze Hamal & Ali Ulvi




Türkiye LiDAR Dergisi

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

e-ISSN 2717-6797



Lidar Sensör ile Mimari Plan Şemalarının Okunması: Brookline Çocuk Kütüphanesi Örneği

Elif Merve Erturan ^{1*} 

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık, 42250, Konya, Türkiye; (emerturan@ktun.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
emerturan@ktun.edu.tr

Araştırma Makalesi

Alıntı: Erturan, E. M. (2024). Lidar Sensör ile Mimari Plan Şemalarının Okunması: Brookline Çocuk Kütüphanesi Örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 6(2), 44-50.

Geliş : 01.12.2024
Revize : 10.12.2024
Kabul : 13.12.2024
Yayınlama : 31.12.2024

Özet

Gelişen teknolojinin disiplinlere etkisi sayesinde her alanda çalışmalar daha hızlı ve etkin şekilde yürütülmeye devam etmektedir. Lazer nokta bulut sistemlerinin gelişimi ile de ormancılıkta harita oluşturulması gibi sorunlar kolay hale gelirken mimari alanda restorasyon projeleri, bina cephelerinin üç boyutlu ortama aktarılması mümkün olmuştur. Fakat ne yazık ki lazer tarama cihazları çoğu zaman boyutlarının büyüklüğü, ağırlığı ve maliyeti sebebiyle kolay ulaşılabılır değildir. Bu çalışmada önerilen Lidar (Light Imaging Detection and Ranging) sensör ile mimaride plan şemasının okunması yöntemi hem maliyet açısından hesaplı hem de cihazın küçük olması sebebiyle ölçüm yapan kişiyi zorlamayan bir yöntemdir. Çalışma özelinde kullanılan Lidar sensör avuç içi büyüklüğü kadar olup SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) yöntemiyle bütünlük olarak imal edilmiştir. Ayrıca mobil uygulama ile mobil cihazlara bağlanarak sonuç vermektedir. Mimaride kullanım alanı bulabileceği düşünülen sensörün plan şeması okumayı kısa sürede tamamlaması da en büyük avantajlarından biridir. Örneklem olarak Brookline Halk Kütüphanesi'nin çocuk bölümü plan şeması çıkarılmış, bilgisayar ortamına aktarılmış ve işlevsel analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mimaride lidar sensör kullanımı, lidarslam, Brookline çocuk kütüphanesi, plan şemaları.

Determination Architectural Plan Diagrams with Lidar Sensor: Brookline Children's Library Example

*Corresponding Author:
emerturan@ktun.edu.tr

Research Article

Citation: Erturan, E. M. (2024). Determination Architectural Plan Diagrams with Lidar Sensor: Brookline Children's Library Example. *Turkish Journal of LiDAR*, 6(2), 44-50 (in Turkish).

Received : 01.12.2024
Revised : 10.12.2024
Accepted : 13.12.2024
Published : 31.12.2024

Abstract

Thanks to the influence of developing technology on disciplines, studies in every field continue to be carried out faster and more effectively. While problems such as creating maps in forestry have become easier with the development of laser point cloud systems, restoration projects in architecture and transferring building facades to a three-dimensional environment have become possible. Unfortunately, laser scanning devices are often not easily accessible due to their large size, weight and cost. The Lidar (Light Imaging Detection and Ranging) sensor proposed in this study is a method that is both cost-effective and does not strain the person performing the measurement due to the small size of the device. The Lidar sensor used in the study is the size of the palm of your hand and is manufactured integrated with the SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) method. It also provides results by connecting to mobile devices with a mobile application. The sensor, which is thought to find a field of use in architecture, is one of its biggest advantages in completing the reading of the plan diagram in a short time. As an example, the plan diagram of the children's section of the Brookline Public Library was extracted, transferred to the computer environment and functional analyses were performed.

Keywords: The use of lidar sensor in architecture, lidarslam, Brookline children's library, plan diagrams.

1. Giriş

Light Imaging Detection and Ranging (Lidar) ışık algılama ve mesafe ölçme anlamına gelen Lidar Teknolojisi günümüzde arkeoloji, şehir planlaması, petrol ve doğal gaz aramaları, haritalandırma, otonom otomobiller, orman ve su altı araştırma alanlarında kullanılmaktadır. Lidar'ın başlıca kullanım alanı yüzey topoğrafyası çıkarmaktır. Lidar bunu ışığın bir periyottaki salınımını ölçerek yapar bu frekans değişimi bize yüzey hakkında bilgi verir.

$X = V \cdot T / 2$ $X(\text{mesafe}), V$ (ışık hızı), T (zaman) denklemine göre haritadaki mesafeleri hesaplar.

Lidar sensörünün çalışma prensibi, gönderilen bir ışık hüzmesinin bir nesneye çarpıp geri dönmesiyle o nesnenin uzaklığının hesaplanmasına dayanır. Sensörden çıkan lazer ışını bir engele çarpar ve geri yansır; bu yansıma, ikinci bir dedektör tarafından algılanır. Yansımanın geri dönme süresi ölçülerek mesafe hassas bir şekilde hesaplanır.

Bu çalışmada, mimarlık alanında LIDAR kullanımının desteklenmesi ile hem zaman hem de iş gücü kazanılabileceği vurgulanmaktadır. İnsan ölçümlerinde dikkatli olmak ve ölçümleri birkaç kez kontrol etmek gerekmektedir, insan yorulabilir ama LIDAR kolaylıkla uzun süreler boyunca çalışabilir. Çalışmanın amacı zamandan ve iş gücünden kazanç elde edilebilecek bu haritalandırma yönteminin mimarlık disiplininde kullanılabilirliğini arttırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Lidar sensörün mimarlık disiplininde bir binanın plan şemasını elde edebilmesi için konumunu da bilmesi büyük avantaj sağlar. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) açılımıyla bilinen eş zamanlı haritalandırma ve konumlandırma mühendislik disiplininde önemli bir problemdir. Kapalı ortamlarda haritalandırma ve konumlandırma yaygın bilinen bir konumlandırma algoritması olan GPS sensörüyle uygulanamamaktadır. Bu nedenle kapalı ortam haritalarının elde edilmesinde SLAM yöntemi daha kullanışlı ve güvenilirdir.

Otonom robotların bir ortamda bağımsız şekilde hareket edebilmesi, çevredeki nesnelerin yerlerini ve kendi pozisyonunu doğru bir şekilde bilmesine bağlıdır. Bu sorun üzerine geliştirilen SLAM yöntemi, robotun hem bilinmeyen bir alanın haritasını çıkarmasını hem de aynı anda bu alan içindeki konumunu belirlemesini sağlayan bir yaklaşım olarak tanımlanır (Thrun ve Lonard, 2007). Robotun bir ortamda kendi konumunu bulması doğru bir haritaya bağlıdır, doğru harita, doğru konumlandırmayı sağlar (Duymaz vd., 2017). Olasılıksal çerçevede ele alındığında Denklem 1 ile ifade edilir.

$$p(x_t, m | z_{1:t}, u_{1:t}) \quad (1)$$

Burada x_t ; t anındaki pozisyon, m harita, $z_{1:t}$ ölçüm matrisi $u_{1:t}$ kontrol matrisidir. Bu denklem ile harita ve konum belirlenir.

Robotik alanda ortam haritası oluşturulurken, LIDAR, Sonar ve RGB-D gibi mesafe ölçebilen sensörler kullanılır (Şekil 1). Konum takibi ise odometri ve çeşitli sensör verileri aracılığıyla sağlanır. Burada en önemli sorun, ortam haritası çizilirken ortaya çıkan konum bilgisi hatalarıdır. Robotun bir noktada takılması veya tekerleğin boşa dönmesi gibi durumlar, konum bilgisinin kaybolmasına yol açabilir. Bu da haritalandırmanın konumdan bağımsız bir şekilde yapılmasına neden olur ve sonuç olarak hatalı bir harita oluşturur. Bu tür sorunları aşmak için genellikle sensör birleştirme teknikleri ve gelişmiş algoritmalar, örneğin SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) kullanılmaktadır. Bu yöntemler, sensörlerden alınan verileri bir araya getirerek daha doğru ve güvenilir haritalar elde edilmesini sağlar.



Şekil 1. Mesafe ölçebilen sensörler.

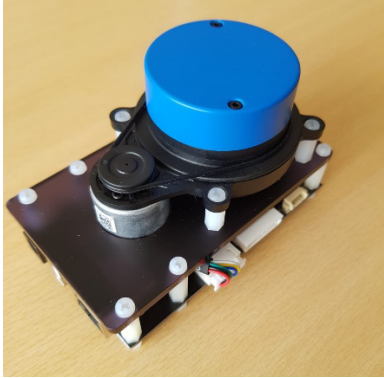
SLAM (Eşzamanlı Konum Belirleme ve Haritalama) yöntemi, hareket eden robotların gövde çerçevesinde mevcut ölçümler kullanarak konum ve harita oluşturma sürecini yönetir. Ölçümlerdeki belirsizlikler nedeniyle, güvenilir tahminler yapmak için sağlam filtreler gereklidir (Hashim, 2021). Bu bağlamda, geleneksel tahmin yöntemleri olarak Gauss filtreleri ve doğrusal olmayan deterministik filtreler sıklıkla tercih edilmektedir. SLAM sistemlerinin çoğu, Kalman Filtresi, Genişletilmiş Kalman Filtresi ve Parçacık Filtresi (Korkmaz vd., 2018) gibi tekniklere dayanmaktadır. Günümüzde bu filtrelerin birçok varyasyonu bulunmaktadır, bu da SLAM sistemlerinin esneklik ve performans açısından çeşitlenmesine olanak tanımaktadır.

Konumlandırma problemi konusunda literatürde En Yakın Nokta Hizalama (ICP), Adaptif Monte Carlo Lokalizasyonu (AMCL) yöntemleri gibi birçok yöntem kullanılarak çözüm sunulmuştur (Zhang, 1994). Geliştirilen birçok SLAM algoritması içerisinde Gmapping algoritması ve HectorSLAM algoritmaları doğruluk oranları ve işlem yükleri avantajları ile tercih edilmektedir. Gmapping algoritması Rao-Blackwellized parçacık filtresi tabanlıdır ve teker odometri verisi kullanılarak bir konum tahmininde

bulunurken (Grisetti vd., 2007); HectorSLAM algoritmasında teker bilgisine ihtiyaç duyulmadan LIDAR sensör aracılığıyla konum iteratif yöntemle elde edilir (Kohlbrecher vd., 2011). Dolayısıyla LIDAR sensör nokta bulut ışınları kullanılarak İteratif Closest Point (ICP) algoritması ile lazer ışınları hizalanır ve hizalanan her bir nokta kümesi için haritada konum takip edilir.

Geliştirilen LIDAR sensörlerin hız ve doğruluk oranı arttığından bu yöntemle doğru haritalar elde edilmektedir (Kamarudin vd., 2014). HectorSLAM yönteminde taranılan düzlemin bitiş noktaları eşleştirilir. Bu yöntem insansız hava araçlarında yaygın olarak kullanılmakla birlikte manuel haritalama süreçlerini de oldukça kolaylaştırmaktadır. Aynı anda haritalama ve konum belirleme kritik bir sorundur (Erturan vd, 2019; Erturan, 2023).

Farklı markalarda farklı menzillere ulaşabilen ve çözünürlükleri farklı sonuçlar verebilen sensörler üretilmekte olup çalışmada kullanılan Lidar sensör 5 metre menzilli ve Slam yöntemiyle otomatik uyumlu bir sensördür (Şekil 2). Sensörün mobil bir uygulama ile mobil cihazlara kablosuz ağ yöntemiyle bağlanması da kullanımını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca taşınabilir ağırlıkta olması ve ölçüm yapan kişiye tek başına kullanabilme rahatlığı vermesi de tercih edilmesinin nedenleridir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan Lidar sensör.

Lidar sensör 360 derece tarama yapabilen bir sensör olması avantajıyla oldukça kısa sürelerde yüzeylerin tamamını okuyarak plan şeması elde edebilmektedir. Çalışmada kullanılan Lidar ile Boston MA ABD’de bulunan The Public Library of Brookline çocuk bölümü planı elde edilerek işlevsel analizler yapılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Kütüphaneler her bireyin kolayca ulaşabildiği merkezi bilgi kaynaklarıdır. Belli bir sisteme göre tasnif edilen kitap ve benzeri materyallerin toplandığı, saklandığı, araştırmacı ve okuyucuların faydasına sunulduğu yerlerdir (Baltacıoğlu, 2022). UNESCO'ya

göre, kütüphane; yerel bilgi merkezi olarak tanımlanmakta ve her türlü bilgiyi kullanıcıya kolayca sunmaktadır. Kütüphane hizmetleri, yaşa, ırka, cinsiyete, dine, dile veya sosyal duruma bakılmaksızın herkese eşit erişim imkanı vermektedir (Baysal, 1993; Dikici, 2023). Kütüphanelerde tüm bilgi kaynakları basılmış veya basılmamış olsun, arandığı zaman en kolay şekilde bulunacak şekilde organize edilerek sınıflandırılır ve okuyucuyla buluşturulur.

Zamanla artan nüfus ve teknolojik, eğitimsel ve kültürel gelişmeler, kütüphane binalarının mimari özelliklerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Kütüphaneler, yalnızca bilginin saklandığı yerler olmanın ötesine geçerek, insanların bilimsel çalışmalar yapabileceği ve boş zamanlarında kaliteli vakit geçirebileceği çok işlevli kompleks yapılar haline gelmiştir. Geçmişte bilgi edinme yeri olarak tanımlanan kütüphaneler, günümüzde teknoloji ve eğitim alanındaki ilerlemelerle birlikte, bilginin üretildiği ve paylaşıldığı kamusal mekânlar olarak dönüşmüştür (Topatan ve Aydın, 2022).

Kullanıcıların yaş, cinsiyet, sosyal ve kültürel ayrılıkları bulunan ortamda çeşitli tutum sergilenmesine sebep olmaktadır (Onat, 1990). Bu tutumlara karşın, alan içinde sirkülasyonun, mekân organizasyonunun, iç-dış mekân ilişkisinin birbirleriyle uyumlu olacak biçimde olması gerekmektedir. Mekân düzeninin rahat bir şekilde algılanabilmesi için sirkülasyon alanlarının tasarımı önemli olmaktadır. Sirkülasyon alanları mekanlar arasında dolaşımı sağlamaktadır. Fakat günümüzde sirkülasyon alanları mekanlar arasında ilişki kurmanın yanında sergi, etkinlik, oturma, çalışma alanları gibi fonksiyonlar için de kullanılmaktadır. Mekân organizasyonu; birçok fonksiyonu içinde barındıran kütüphanelerin birbirleri ile ilişkili alanların kullanılabilir ve kullanıcılar tarafından yaşanabilir bir yer olması amacıyla bir arada tasarlanması gerekmektedir. Kütüphane yapıları teknik, idari ve kullanıcı alanları olmak üzere üç ana mekâna ayrılmaktadır.

Türkiye'nin ilk çocuk kütüphanesi, 1925 yılında Türk Ocakları tarafından Akhisar'da kurulmuş, daha sonra Manisa Halkevi'nde bir çocuk kütüphanesi oluşturulmuştur. 1980 yılında hizmete başlayan Bakırköy Halk Kütüphanesinde "Örnek Çocuk Kütüphanesi" kurulmuş ve ilk kez modern bir anlayışla okul öncesi çocuk bölümü açılmıştır (Sağlamtuğ, 1998).

Çocuk kütüphanelerinin amacı çocuklar için okuma kültürü oluşturmak ve öğrenmeye teşvik etmektir (Güller ve Bilbay, 2016). Dolayısıyla bir çocuk kütüphanesi her türlü öğrenme yöntemlerine uygun hizmet ve çeşitlilikte etkinliklere yer vermelidir.

Hedef kitlesi çocuklar olan çocuk kütüphaneleri, 19. yüzyılın başlarında halk kütüphanelerinin içinde

çocuklar için ayrılan bir mekan veya alan ile ortaya çıkmaya başlamıştır (Akkaya ve Odabaş, 2019). Günümüzde ise çocuk kütüphaneleri halk kütüphanelerinden bağımsız bir bina olarak inşa edilmeye başlamıştır. Bunun en bilinen örneklerinden biri 2011 yılında ABD'nin New York şehrinde açılan Children's Library Discovery Center (Çocuk Kütüphanesi Keşif Merkezi)'dir. Mevcut Queen Merkez Kütüphane binasına birleşik bir eklenti olarak inşa edilen fakat özgün mimari tasarımıyla ayrı da kullanılabilir iki katlı çocuk kütüphanesi binasıdır. 2013 yılında ABD'nin Little Rock şehrinde kullanıma açılan Hillary Rodham Clinton Çocuk kütüphanesi ve öğrenme merkezi de herhangi bir kütüphaneden bağımsız çocuk kütüphanesi örneklerinden biridir.

4. Brookline Halk Kütüphanesi

Brookline Village'da bulunan, kırmızı tuğladan yapılmış bu gösterişli Gürcü Uyanışı tarzı yapı, 1910 yılında ünlü Boston mimarı R. Clipston Sturgis tarafından tasarlanmıştır (Battis vd., 2007). Kütüphane, ülkedeki ilk çocuk okuma odalarından birinin kurulması gibi önemli kişiler, etkinlikler ve simge yapılarla ilişkilendirilir.



Şekil 3. Brookline Halk Kütüphanesi dış görünüşü.

Tuğla ve Indiana kireç taşı kaplamasıyla inşa edilen kütüphane, dairesel bir yola sahip bir tepeliğin üzerinde yer almaktadır. En etkileyici özelliklerinden biri, tavana kadar pencereleri (Şekil 4) ve gümüş avizeleri olan meşe panelli okuma odasıdır. 1970 yılında bir ek bina inşa edilmiştir. 2003 yılında tamamlanan bir yenileme çalışması, kapalı rafları ortadan kaldırarak ve personel ofislerini binanın orijinal ayak izinin içinde yeni oluşturulan üçüncü kat konumlarına taşıyarak 18.000 metrekarelik kamusal alan eklenmiştir. Yenileme çalışmasıyla orijinal çift girişler restore edilmiş, büyük sütunlu giriş holü ortaya çıkarılmıştır.

En önemli miraslarından biri, Nisan 1890'da yalnızca çocuklara özel ayrı bir okuma odası kurulmasıdır. Brookline modeli, ülke çapındaki çocuklara yönelik kütüphane hizmetlerinin genişletilmesinde etkili olmuştur. 1899'da, kendi

kütüphanecisi olan çocuklar için bir referans odası kurulmuştur. 1969'a kadar, kamu okulu kütüphaneleri Brookline Halk Kütüphanesi'nin himayesinde olup 1969'da ayrılmıştır. 2003'teki yenilemeyle, yeni çocuk odasının girişine çocuk boyutunda bir kapı eklenmiş (Şekil 5), alan iki katına çıkmış ve hikâye saatleri ve diğer etkinlikler için büyük birçok amaçlı oda oluşturulmuştur.



Şekil 4. Kütüphanenin okuma odaları.



Şekil 5. Çocuk kütüphanesi bağımsız giriş.



Şekil 6. Çocuk kütüphanesi bebek ve çocuk bölümü.



Şekil 7. Ergenler (teens) için tasarlanmış bölüm.



Şekil 8. Gençler (tweens) bölümü.

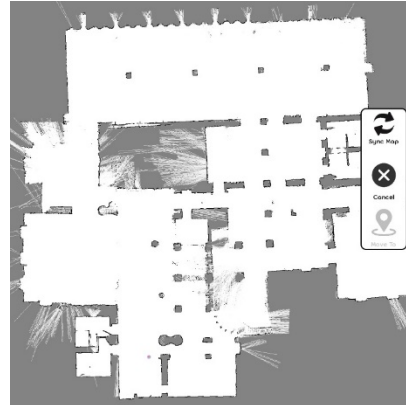
Brookline halk kütüphanesi Coolidge Corner ve Putterham'da da kendine bağlı iki kütüphanesi olan ve geniş etki alanına sahip bir kütüphanedir. Haftaiçi ve haftasonu birçok etkinlik yürütülmektedir. Yalnızca pazar günleri kapalıdır.

Çocuklar (Şekil 6), gençler (Şekil 7) ve 20li yaşlar (Şekil 8) için ayrı tasarlanmış birimler görülmektedir. Her birimde kitaplık yükseklikleri, oturma birimi yükseklikleri ve oturma düzenleri hitap ettiği yaşa göre tasarlanmıştır. Ayrıca bağımsız küçük birimler halinde bireysel çalışma odaları da bulunmaktadır.

5. Bulgular

Çalışmanın örneklem alanı Brookline halk kütüphanesinin zemin katında yer alan çocuk birimi seçilmiştir. Bu alanda standart kütüphane kuralları geçerli olmayıp çocuklar için birlikte oynayıp kitap okuyup etkinliklere katılabilecekleri mekanlar oluşturulmuştur.

Lidar sensör ile mekân içinde gezilerek kat planı elde edilmiştir (Şekil 9). Daha sonra plan görüntüsü cad ortamına aktarılarak yerinde tespit ve referans ölçü alınarak mimari plan şeması halinde Şekil 10'daki halini almıştır.



Şekil 9. Lidar sensör ile elde edilen kütüphane çocuk bölümü planı.



Şekil 10. Planın çizim ortamına aktarılması ve mekân isimleri.

6. Sonuç

Kütüphane mekanları, belli bir grup yerine, herkes tarafından, her zaman kullanılabilen, kendini tekrarlamadan yenilikler sunabilecek olan, keyifli öğrenme ortamlarına dönüşümünde mimari arayışlar önemlidir (Potur, 2010).

Yetişkinlerden farklı olarak çocuklar; davranışları, duygu ve düşünceleriyle değişime-yeniliğe her zaman açık, kendilerine özgü varlıklardır. Bu yüzden erken yaşlarda zengin uyarıcılarla karşılaşmaları, iyi düzenlenmiş bir ortamda, iyi planlanmış bir eğitim almaları son derece önemlidir (Koçak, 2001).

Kütüphaneler toplumun değişimi ve ilerlemesi açısından önemli bir role sahip olan kurumlardır. Kütüphanelerin sunduğu hizmetler ve bilgi kaynakları bireysel gelişime yardımcı olmakta ve geleceği olumlu yönde geliştirebilecek bir toplum yapısı olmaktadır. Küçük yaşlarda kütüphane alışkanlığı kazanımı ve kitaplara aşina olma çocuklar ve gençler için günümüz şartlarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle bebeklik çağından itibaren kütüphanelere gidilmesini teşvik etmek, kütüphanelerin sayısının artmasını sağlamak da mimari tasarımların yaygınlaşmasıyla gerçekleştirilebilir. Kütüphane planlarını anlamak ve sistemin nasıl işlediğini çözümlenmek faydalı olacaktır.

Sayıda az olan kütüphane birimleri Lidar sensör ile kolaylıkla plan şemaları elde edilerek örnek olarak gösterilebilir. Lidar ve Slam birlikteliği de tüm yapılar ve binalar için kolaylıkla ölçüm yapmayı sağlamaktadır. Çünkü Lidar sensörün kullanıldığı pahalı sistemlerin aksine altta çalışan bir Slam algoritması kapalı alan haritalandırmalarında fayda-fiyat oranı oldukça yüksek bir avantaj oluşturmaktadır.

Yazarların Katkısı

Makale tek yazarlıdır ve tüm katkı sorumlu yazara aittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Akkaya, M. A., & Odabaş, H. (2019). Kütüphane deneyiminin beşiği olarak çocuk kütüphaneleri. İçinde M. A. Akkaya & H. Odabaş (Ed.), *Bilgi merkezleri: Kütüphaneler-Arşivler-Müzeler*, 82-125. İstanbul: Hiperyayın.

Baysal, J. (1993). *Kütüphanecilik*. İstanbul: Esin Yayınevi.

- Battis, C., Reed, A., & Clark, A. (2007). *Public Library of Brookline 150th Anniversary, 1857-2007*.
- Dikici, B. Ü. (2023). *Kütüphanelerde etkin gün ışığı sistemlerinin değerlendirilmesi; Konya İl Halk Kütüphanesi örneği* (Doktora tezi). KTO Karatay Üniversitesi, Konya.
- Duymaz, E., Oğuz, A. E., & Temeltaş, H. (2017). Eş zamanlı konum belirleme ve haritalama probleminde yeni bir durum tahmin yöntemi olarak parçacık akış filtresi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(4).
- Erturan, A. M., Durdu, A., & Erturan, E. M. (2019). The use of LIDAR technology in architectural offices. *European Journal of Engineering Science and Technology*, 2(2), 40-48.
- Erturan, E. M. (2023). *Lidar Slam ile mimari plan şeması belirleme yöntemi: Eskişehir Odunpazarı Evleri örneği* (Doktora tezi). Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Grisetti, G., Stachniss, C., & Burgard, W. (2007). Improved techniques for grid mapping with Rao-Blackwellized particle filters. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(1).
- Güller, E. D., & Bilbay, P. (2016). Kütüphane yapılarında okul öncesi çocuklara yönelik interaktif mekânların irdelenmesi. *Türk Kütüphaneciliği*, 30(3), 398-414. <http://www.tk.org.tr/index.php/TK/article/view/2691> (Erişim tarihi: 27.10.2021).
- Hashim, A. H. (2021). A geometric nonlinear stochastic filter for simultaneous localization and mapping. *Aerospace Science and Technology*, 111, 106569.
- Campaniolo, J. (2014). *Legendary Local of Brookline Massachusetts*. South Carolina: Arcadia Publishing. <https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=u0JQBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=public+library+of+brookline&ots=uwe9wa0x0A0&sig=tjVj8M3sNRP9R4xYfxlNWAcQsHg#v=onepage&q=public%20library%20of%20brookline&f=false>
- Kamarudin, K., Mamduh, S. M., Shakaff, A. Y. M., & Zakaria, A. (2014). Performance analysis of the Microsoft Kinect sensor for 2D simultaneous localization and mapping (SLAM) techniques. *Sensors*, 14(12), 23365-23387.
- Koçak, N. (2001). Erken çocukluk döneminde eğitim ve Türkiye'de erken çocukluk eğitiminin durumu. *Milli Eğitim Dergisi*, Temmuz-Ağustos-Eylül, 151.
- Kohlbrecher, S., Stryk, O., Meyer, J., & Klingauf, U. (2011). A flexible and scalable SLAM system with full 3D motion estimation. *Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics*, Kyoto, Japan, November 1-5.
- Korkmaz, M., Durdu, A., & Tusun, Y. E. (2018). Sensor comparison for a real-time SLAM application. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 8(1).
- Onat, E. (1990). Mekansal organizasyonlarda ihtiyaç programlaması. Ankara: Teknik Yayınevi.
- Potur, A. A. (2010). Sessizlikten oyunlaşan mekânlara: Özgürleştiren öğrenme ortamları olarak çocuk kütüphaneleri. *Mimar.ist*, 2010(3), 74-79.

Sağlamtuç, T. (1998). Türkiye'de çocuk ve halk kütüphaneleri. İçinde B. Onur (Yay. Haz.), *Cumhuriyet ve çocuk - II. Ulusal Çocuk Kültürü Kongresi Bildirileri 4-6 Kasım 1998* (ss. 73-83). Ankara: Ankara Üniversitesi, ÇOKAUM.

Thrun, S., & Leonard, J. J. (2007). Simultaneous localization and mapping. In: *Springer Berlin Heidelberg*, Eds: Springer Berlin Heidelberg.

Topatan, S., & Aydın, D. (2022). 21. yüzyıl kütüphane binalarının mimari tasarım kriterleri doğrultusunda analizi. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7(1), 263-283. <https://doi.org/10.30785/mbud.1066760>

Zhang, Z. (1994). Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces. *International Journal of Computer Vision*, 13(2), 119-152.



© Author(s) 2024.

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



Yersel Lazer Tarama ile Tekli Yapıların Yüksek Hassasiyetli 3B Modellemesi ve Analizi

Adem Kabadayı ^{1*}

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66800, Yozgat, Türkiye;
(adem.kabadayi@bozok.edu.tr)



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

Araştırma Makalesi

Alıntı: Kabadayı A. (2024). Yersel Lazer Tarama ile Tekli Yapıların Yüksek Hassasiyetli 3B Modellemesi ve Analizi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 6(2), 51-59.

Geliş : 27.11.2024
Revize : 09.12.2024
Kabul : 16.12.2024
Yayınlama : 31.12.2024

Özet

Bu çalışma, yersel lazer tarama teknolojisinin tekli yapıların 3 boyutlu modellenmesi ve analizi süreçlerindeki etkinliğini incelemektedir. Yüksek hassasiyetli yersel lazer tarayıcı kullanılarak hem iç hem de dış mekânlardan toplanan verilerle oluşturulan nokta bulutları, yapının mevcut durumunu detaylı bir şekilde ortaya koymuş ve deformasyon, yapısal bozulma gibi unsurların analizine olanak sağlamıştır. Elde edilen 3B model hem mevcut durumu belgeleme hem de restorasyon ve koruma süreçlerini planlama açısından önemli bir referans sunmaktadır. Çalışma, yersel lazer taramanın sağladığı hız, doğruluk ve esneklik avantajlarının altını çizerken, özellikle karmaşık yapıların ve tarihi alanların belgelenmesi gibi çeşitli kullanım alanlarına yönelik gelecekteki araştırmalara ışık tutmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yersel lazer tarama, Nokta bulutu, Kültürel mirasın korunması, Restorasyon planlaması, Yüksek hassasiyetli tarama.

High-Precision 3D Modeling and Analysis of Single Structures Using Terrestrial Laser Scanning

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

Research Article

Citation: Kabadayı A. (2024). High-Precision 3D Modeling and Analysis of Single Structures Using Terrestrial Laser Scanning. *Turkish Journal of LiDAR*, 6(2), 51-59 (in Turkish).

Received : 27.11.2024
Revised : 09.12.2024
Accepted : 16.12.2024
Published : 31.12.2024

Abstract

This study examines the effectiveness of terrestrial laser scanning technology in the three-dimensional modeling and analysis processes of single structures. High-precision terrestrial laser scanners were used to collect data from both interior and exterior spaces, generating point clouds that detailed the current state of the structure and allowed for the analysis of elements such as deformations and structural damages. The resulting three-dimensional model serves as a significant reference for documenting the current state as well as for planning restoration and conservation processes. The study highlights the advantages of terrestrial laser scanning, such as speed, accuracy, and flexibility, while shedding light on future research opportunities, particularly for documenting complex structures and historical sites.

Keywords: Terrestrial laser scanning, Point cloud, Heritage conservation, Restoration planning, High-precision scanning.

1. Giriş

Son yıllarda dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, farklı mühendislik ve bilim dallarında veri toplama, modelleme ve analiz süreçlerinde köklü değişikliklere yol açmıştır. Özellikle mimarlık, arkeoloji, inşaat mühendisliği ve kültürel mirasın korunması gibi alanlarda, üç boyutlu (3B) modelleme ve veri analizi teknikleri, fiziksel yapıların belgelenmesi ve değerlendirilmesi için vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir (Kaya vd., 2021). Bu kapsamda, Yersel Lazer Tarama (YLT) teknolojisi, yüksek hassasiyetle detaylı 3B veri elde edilmesini sağlayan yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Yapıların dış cephelerinden iç mekânlarına kadar, milimetrik doğrulukla modelleme yapabilen bu yöntem, araştırmacılara hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir veri elde etme imkânı sunmaktadır (Ulvi & Yakar, 2014).

YLT teknolojisi, özellikle tekli yapıların detaylı incelenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır (Ulvi, 2022). Çoğu zaman geleneksel ölçüm yöntemleri, yapıların karmaşık geometrik formlarını veya yapısal bozulmalarını yeterli doğrulukta tespit edememekte, bu da eksik ya da hatalı sonuçlara yol açabilmektedir. Buna karşın, YLT sayesinde hem yapıların genel geometrisi hem de deformasyon, çatlak veya malzeme kayıpları gibi mikro düzeydeki detaylar dahi kolayca belgelenebilmektedir (Fidan & Fidan, 2021). Bu yönüyle YLT, hem mevcut durum tespiti hem de restorasyon ve koruma süreçlerinin planlanmasında önemli bir role sahiptir (Balcı & Uvi, 2024).

YLT yöntemi kullanılarak tekli bir yapının kapsamlı bir 3B modeli oluşturulmuş ve bu model üzerinden detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, YLT teknolojisinin tekli yapıların belgelenmesi ve analizi sürecindeki etkinliğini ortaya koymaktır (Çelik vd., 2020). Bununla birlikte, çalışmanın hedefleri arasında yapıların dijitalleştirilmesi, mevcut durumlarının hassas bir şekilde tespit edilmesi ve bu verilerin gelecekteki mühendislik projeleri veya restorasyon uygulamaları için referans materyal olarak kullanılması yer almaktadır. Bu tür belgeler, yalnızca yapının fiziksel durumunun korunmasına yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda ilgili yapıların tarihsel, kültürel ve mimari değerlerini sürdürülebilir bir şekilde gelecek nesillere aktarmayı da mümkün kılmaktadır (Alptekin vd., 2019).

Tekli yapıların 3D modellemesi, yalnızca yapının görsel bir temsilini sunmakla kalmaz, aynı zamanda yapı ile ilgili çok daha derinlemesine ve kapsamlı veriler sağlar. Bu modeller, yapının geometrik şekli, boyutları ve detayları ile birlikte, yapı elemanlarının malzeme özellikleri, yüzey dokuları, yapıdaki stres noktaları, zemin etüdü sonuçları gibi kritik bilgileri de içerebilir. Bu veriler, mimarların ve mühendislerin,

yapının daha iyi bir şekilde analiz edilmesine olanak tanır ve bu sayede tasarım sürecini optimize eder. Yapıdaki her bir bileşenin doğru ve hassas bir şekilde modellenmesi, proje ekibine her aşamada daha bilinçli kararlar verme fırsatı sunar (Yiğit & Uysal, 2023).

Yiğit ve Uysal (2023), tekli yapıların model oluşturulmasında nokta bulutlarının doğrudan kullanımını incelemişler. LiDAR ve fotogrametri yöntemleriyle elde edilen üç boyutlu nokta bulutları, dijital ikizlerin doğru ve güncel yansıtılmasını sağlamaktadır. Üç karmaşık heykel üzerinde yaptıkları çalışmada, derinlik algısının zor olduğu alanlarda model eksiklikleri tespit edilmişlerdir. SfM tabanlı fotogrametrik yazılımlar ile elde edilen nokta bulutlarının dijital ikizlerin hızlı ve düşük maliyetle oluşturulup güncellenmesine büyük avantaj sağladığını ortaya koymuşlar.

3D modelleme teknolojisi sayesinde, yapıların zaman içindeki değişimlerine dair simülasyonlar yapılabilir. Örneğin, bir yapının yaşlanma süreci, malzeme yorgunluğu, çevresel etkiler, iklim değişikliği gibi faktörler göz önünde bulundurularak, yapının gelecekteki durumu hakkında tahminlerde bulunulabilir. Bu, erken aşamalarda potansiyel problemleri ve zayıf noktaları belirleyerek, gereksiz masrafların ve uzun vadeli risklerin önüne geçilmesini sağlar (Georgantas vd., 2012).

3D modelleme ile elde edilen detaylı veriler, yapıların bakım ve onarım süreçlerini de büyük ölçüde iyileştirir. Özellikle eski veya tarihi binalarda, mevcut durumun doğru bir şekilde tespit edilmesi, restorasyon ve güçlendirme çalışmalarının verimli bir şekilde yapılmasına olanak verir. Yapıların çeşitli bölümleri, daha önceden belirlenmiş modeller üzerinden izlenebilir ve bu sayede daha hedeflenmiş ve etkili bakım programları oluşturulabilir. 3D modeller, gelecekteki onarımların planlanması ve yapılacak müdahalelerin optimize edilmesi açısından da kritik rol oynar (Yılmaz & Yakar, 2006).

3D modelleme, bir yapının sadece görsel değil, işlevsel ve yapısal özelliklerini de gözler önüne sererek, yapıların ömrünü uzatmak, sürdürülebilirliğini artırmak ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlamak için önemli bir araçtır. Bu süreç, mimariden inşaaata, restorasyondan bakım süreçlerine kadar çok sayıda alanda fayda sağlayarak hem kısa vadede hem de uzun vadede yapıların daha güvenli, dayanıklı ve ekonomik olmasını mümkün kılar (Saponaro vd., 2020).

Günümüzde, YLT'nin yaygınlaşmasıyla birlikte, bu teknoloji üzerine yapılan akademik çalışmalar artış göstermektedir (Yiğit & Ulvi, 2020). Ancak, birçok çalışmada geniş ölçekli yapı grupları veya karmaşık yapılar odak noktası olmuştur. Bu bağlamda, tekli yapıların detaylı incelenmesi, mevcut literatürde sınırlı bir yere sahiptir. Bu çalışmanın özgün katkısı, tekli

yapıların geometrik özelliklerini ve mevcut durumlarını detaylı bir şekilde ortaya koyan kapsamlı bir metodoloji sunmasıdır (Çömert vd., 2012). Böylelikle hem bilimsel literatüre hem de uygulamalı projelere önemli bir katkı sağlanması hedeflenmiştir (Dittrich vd., 2017).

Yersel Lazer Tarama (YLT) teknolojisinin tekli yapıların 3D modelleme süreçlerine olan katkısını detaylı bir şekilde incelemesinde yatmaktadır. Literatürde genellikle geniş ölçekli yapılar veya karmaşık yapı gruplarına odaklanılırken (Jia & Lichti 2019), bu çalışma tekli yapıların geometrik özelliklerini ve mevcut durumlarını hassas bir şekilde ortaya koyan kapsamlı bir metodoloji sunmaktadır. YLT'nin sağladığı yüksek doğruluk, hız ve esneklik gibi avantajlar, özellikle restorasyon ve inşaat mühendisliği alanlarında önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, bu çalışma, YLT'nin dijital ikizlerin oluşturulmasındaki rolünü, geleneksel ölçüm tekniklerine kıyasla sunduğu yenilikçi çözümleri ve bu teknolojinin gelecek projelerde nasıl uygulanabileceği hakkında somut örnekler sunarak, alanın gelişimine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu özgün yaklaşım hem akademik literatüre hem de uygulamalı mühendislik ve mimarlık projelerine önemli bir yenilik getirmeyi hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, YLT teknolojisinin tekli yapıların 3 boyutlu modellenmesindeki rolünü incelemek, bu yöntemin sağladığı avantajları tartışmak ve mevcut uygulamalara dair örnekler sunarak gelecekteki gelişim alanlarını belirlemektir. YLT'nin, geleneksel modelleme tekniklerine göre sunduğu hız, doğruluk ve esneklik gibi avantajlar, bu teknolojiyi inşaat mühendisliğinden restorasyona kadar geniş bir yelpazede cazip kılmaktadır.

2. Yersel Lazer Tarayıcı

FARO, lazer tarama teknolojileri alanında dünya çapında tanınan bir markadır ve özellikle inşaat, mühendislik, mimarlık, arkeoloji ve endüstriyel uygulamalar gibi birçok alanda kullanılan YLT cihazları ile dikkat çekmektedir. FARO'nun YLT'ları, yüksek hassasiyet, hız ve güvenilirlik sunarak, karmaşık 3D modellerin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Lazer tarayıcılar, prensip olarak bir hedef noktasına olan mesafeyi ölçer ve aynı zamanda bu noktaların dikey ve yatay açılarını kaydeder. Bu işlem, bir total station'dan farklı olarak, lazerin belirgin bir hedefe yöneltilmesine gerek olmaksızın gerçekleştirilir. Cihaz, görüş alanındaki düzenli bir açı modeli üzerinde "tarama" yaparak veri toplar. Hedef mesafesinin yanı sıra, geri dönen yankı sinyalinin göreceli yoğunluğu ve hedef noktasının gerçek rengi de kaydedilebilir. Bu özellik, lazer taramanın

fotogrametri ile bir bağlantı kurmasını sağlar. Taramanın birincil verisi, sensörün yerel koordinat sisteminde elde edilen "nokta bulutu" olarak adlandırılır. Tek bir bakış açısından yapılan bir taramada, oklüzyon sorunları nedeniyle tüm yüzeyin eksiksiz bir temsili elde edilemez. Bu nedenle, yüzeyin tam ve doğru bir şekilde modellenmesi için farklı konumlardan birden fazla "tarama" elde edilmesi gerekir. Nokta bulutunun daha eksiksiz bir temsili oluşturmak için, genellikle çok sayıda taramanın ortak bir koordinat sistemine birleştirilmesi gerekir. Bu işlem "kayıt" olarak adlandırılır ve genellikle birden fazla taramada görülebilen noktasal nesnelere tespiti ile yapılır. Ancak bu işlem, taramaların yoğunluğuna ve/veya renkli görüntülerine dayanan fotogrametrik yöntemlerle de gerçekleştirilebilir. Alternatif olarak, klasik ölçme yöntemleri kullanılarak veri toplamadan önce tarayıcıların göreceli konum ve yönü doğru bir şekilde belirlenebilir.

FARO lazer tarayıcıları, yüksek doğrulukla nokta bulutları oluşturabilen cihazlardır (Sabuncu & Özener, 2020). Genellikle milimetre düzeyinde hassasiyet sunarak, özellikle detaylı geometrik analiz ve modelleme gerektiren projelerde üstün performans sergiler. Bu hassasiyet, özellikle yapıların mevcut durumlarının doğru bir şekilde belgelenmesi ve restorasyon projelerinde büyük önem taşır. FARO cihazları, 1-2 mm'lik hata payı ile tarama yaparak, son derece doğru veriler elde edilmesini sağlar. Ayrıca saniyede yüzbinlerce nokta tarayabilme kapasitesine sahip olup, hızlı veri toplama özellikleriyle dikkat çeker. Özellikle büyük alanların ve karmaşık yapıların 3D modellerinin hızlı bir şekilde oluşturulması gerektiğinde, bu yüksek hız büyük bir avantaj sağlar. Bu özellik, özellikle inşaat ve mühendislik projelerinde zaman tasarrufu sağlar ve projelerin daha kısa sürelerde tamamlanmasına yardımcı olur. Bu cihazlar yüksek çözünürlükte nokta bulutları üretebilir, bu da yapıların çok detaylı bir şekilde modellenmesine olanak tanır. Tarama sonuçları, her yüzeyin küçük detaylarına kadar dijital ortamda temsil edilir. Bu, özellikle karmaşık yapıların modellenmesinde ve simülasyonlarda daha gerçekçi bir sonuç elde edilmesine olanak tanır. Geniş bir tarama menziline sahiptir. Örneğin, bazı FARO modelleri 120 metreye kadar olan mesafelerde veri toplayabilir. Bu uzun menzil, geniş alanların veya yüksek binaların taranmasını kolaylaştırır. Uzun mesafe taramaları, özellikle büyük inşaat projeleri ve kentsel alanların dijitalleştirilmesinde önemli bir avantaj sunar. Zorlu çevresel koşullarda da etkili bir şekilde çalışabilir. Hızlı hareket eden nesnelere tarayabilme yeteneği, doğrudan ışık koşullarından bağımsız olarak işlevselliği sunar. Cihazlar, dış mekanlarda yoğun güneş ışığı veya yağmur gibi doğal etmenlerden etkilenmeden doğru taramalar yapabilmektedir. Bu durum, açık hava

inşaat projeleri ve tarihi yapıların taranması gibi durumlarda büyük bir avantaj sağlar. Genellikle taşınabilir ve kompakt bir tasarıma sahiptir. Bu özellik, özellikle saha çalışmalarında, tarayıcıların kolayca taşınmasını ve farklı alanlarda kullanımını mümkün kılar. Kullanıcı dostu arayüzleri, operatörlerin cihazı kolayca kontrol etmelerini ve veri toplama işlemlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar. Elde edilen verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için gelişmiş yazılımlar ile uyumlu çalışır. FARO'nun "Scene" yazılımı, toplanan verilerin düzenlenmesi, işlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü araçlar sunar (Fidan vd. 2022). Bu yazılım, noktaların hizalanması, modelleme, raporlama ve görselleştirme süreçlerini kolaylaştırır. Ayrıca, CAD (Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) ve BIM (Building Information Modeling-Bina Bilgi Modelleme) yazılımlarıyla uyumlu çalışarak, verilerin başka platformlarla entegrasyonunu sağlar. 3D verilerin anlık olarak görselleştirilmesine ve gerçek zamanlı simülasyonların yapılmasına imkân verir. Bu özellik, kullanıcıların tarama sürecinde karşılaşılan potansiyel problemleri anında fark etmelerini sağlar. Gerçek zamanlı görselleştirme, özellikle büyük projelerde ilerlemenin izlenmesi ve potansiyel hata noktalarının tespit edilmesi için önemlidir. Yüksek hassasiyet, hız, uzun menzil, çevresel zorluklara dayanıklılık ve kullanıcı dostu tasarımıyla sektördeki en gelişmiş lazer tarama çözümlerinden biridir. İnşaat, mühendislik, mimarlık ve restorasyon gibi birçok alanda, bu cihazlar sayesinde yapıların dijital ortamda doğru bir şekilde modellenmesi ve analiz edilmesi mümkün hale gelmektedir. FARO'nun sunduğu gelişmiş veri toplama ve işleme yetenekleri, projelerin daha hızlı, verimli ve doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlar.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında, YLT yöntemi kullanılarak tekli bir yapının üç boyutlu (3B) modellenmesi gerçekleştirilmiş ve bu model üzerinden detaylı analizler yapılmıştır. Çalışmanın yürütülmesi sırasında kullanılan materyaller ve izlenen yöntemler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. Çalışma Alanı

Araştırmanın hedef yapısı, mimari açıdan özel bir öneme sahip olan, kısmen yıpranmış ve farklı yapısal bozulmalar içeren bir tekli yapı olarak seçilmiştir. Bu yapı, hem fiziksel hem de yapısal olarak tarama ve modelleme süreçlerinin etkinliğini değerlendirmek için uygun özelliklere sahiptir. Çalışma alanında, yapının çevresel faktörlerden etkilenmiş alanlarının detaylı bir şekilde belgelenebilmesi için saha koşulları

göz önünde bulundurulmuş ve veri toplama süreçleri bu bağlamda planlanmıştır.

3.2. Kullanılan Ekipmanlar

YLT işlemleri için yüksek hassasiyetli bir lazer tarayıcı cihazı kullanılmıştır. Seçilen cihaz hem yapı yüzeylerinden hem de iç mekanlardan milimetrik doğrulukta veri toplayabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca, hedef yapının tüm detaylarının yakalanabilmesi için aşağıdaki ekipmanlar ve yazılımlar kullanılmıştır:

Lazer Tarayıcı: FaroFocus 3D X 330

Referans Hedefler: Nokta bulutlarının birleştirilmesi ve hizalanması için hedef plakalar yerleştirilmiştir.

Fotogrametri Destekli Kamera Sistemi: Yüzey dokularının detaylı bir şekilde işlenmesi için Faro Focus 3D X 330 içerisinde kamera ile resimler çekilmiştir.

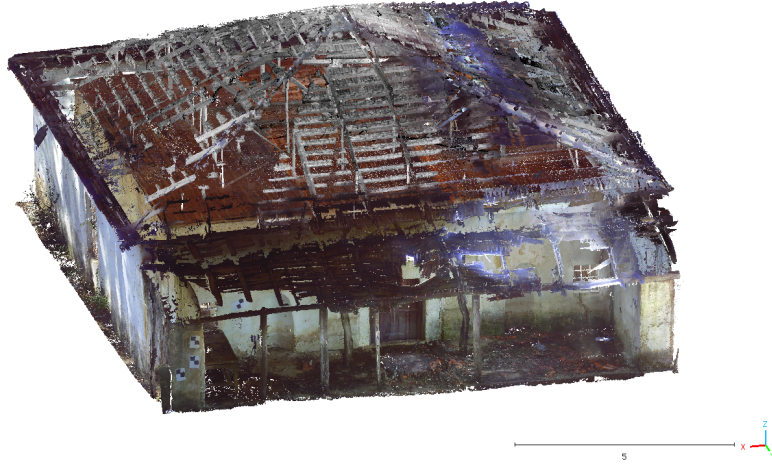
Veri İşleme Yazılımı: Nokta bulutu verisinin işlenmesinde SCENE yazılımı, segmentasyonu ve 3B modelin oluşturulması için kullanılmıştır.

3.3. Veri Toplama Süreci

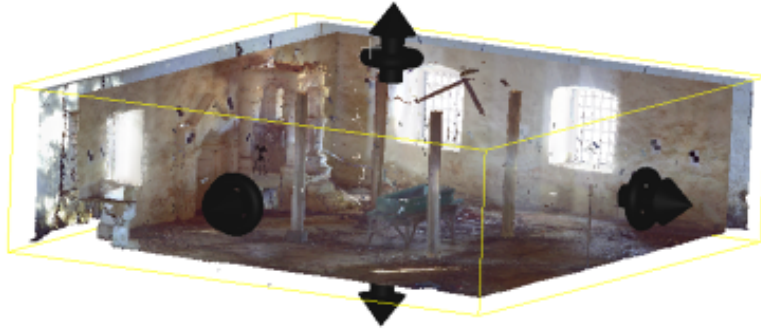
Yapının dış cephesi ve iç mekanları ayrı ayrı taranmıştır. Bu süreç, belirli adımlar izlenerek gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, yapının çevresinde ve iç mekânında, lazer tarayıcı cihazının yerleştirileceği uygun tarama noktaları belirlenmiştir. Tarama noktaları, tarayıcıya olan görüş açısının kesintisiz olmasını ve minimum veri kaybını sağlayacak şekilde seçilmiştir. Sonraki adımda, yapının tüm yönlerinden veri toplamak amacıyla cihaz farklı noktalara yerleştirilmiş ve her tarama noktası için yüksek çözünürlüklü tarama gerçekleştirilmiştir. İç mekânlarda, yapının geometrik detaylarının ve mevcut durumunun tespitine odaklanılmıştır. Birden fazla tarama noktasından elde edilen nokta bulutlarının birleştirilmesi için, çalışma alanına kalibrasyon hedefleri yerleştirilmiş ve bu hedefler tüm tarama işlemlerinde referans olarak kullanılmıştır. Tarama işlemlerine ek olarak, yapı yüzeylerinin dokusal detaylarının işlenmesi amacıyla yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekilmiş ve bu fotoğraflar, nokta bulutlarıyla entegre edilmiştir.

Yapının taranması için kullanılan cihazlar, farklı noktalara yerleştirilmiş ve bu yerleşim bir plan üzerinde gösterilmiştir (Şekil 1). Plan, yapı üzerindeki her bir lazer tarayıcı cihazının konumunu belirten işaretler içerir. Cihaz konumları, yapıdaki belirli alanların verimli bir şekilde taranabilmesi amacıyla stratejik olarak yerleştirilmiştir.

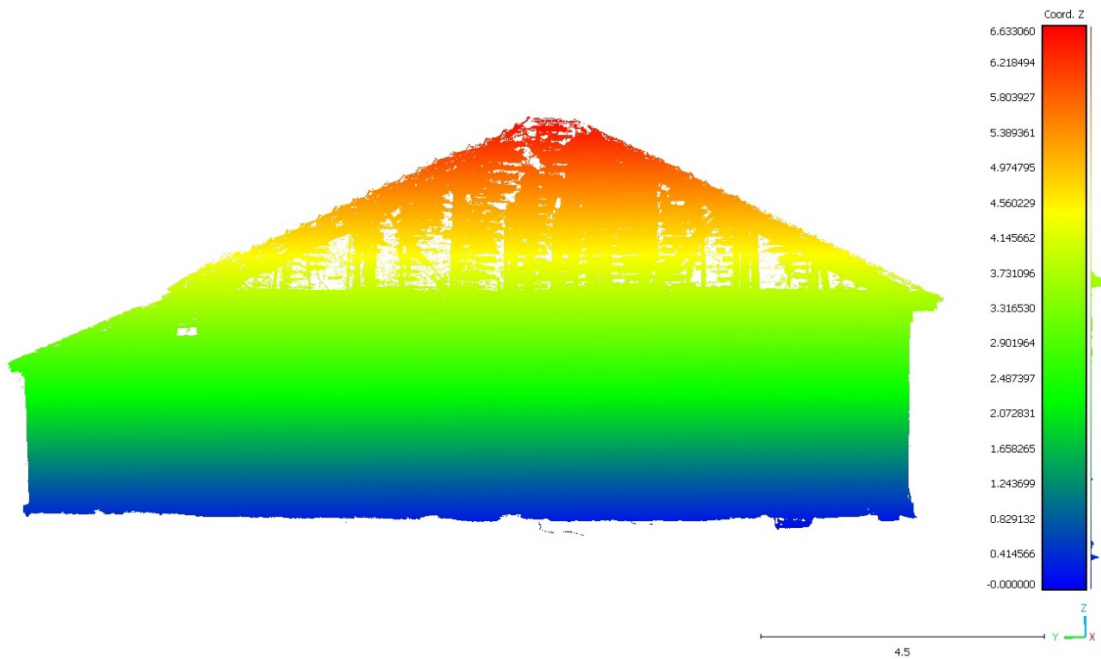
Dış cephenin taranabilmesi için cihazlar, bina çevresinin farklı bölümlerine yerleştirilmiştir. Bu



Şekil 3. Nokta bulutu yapının dış mekân görünümü.



Şekil 4. Nokta bulutu yapının iç mekân görünümü.



Şekil 5. Model yükseklik görünümü.

5. Bulgular

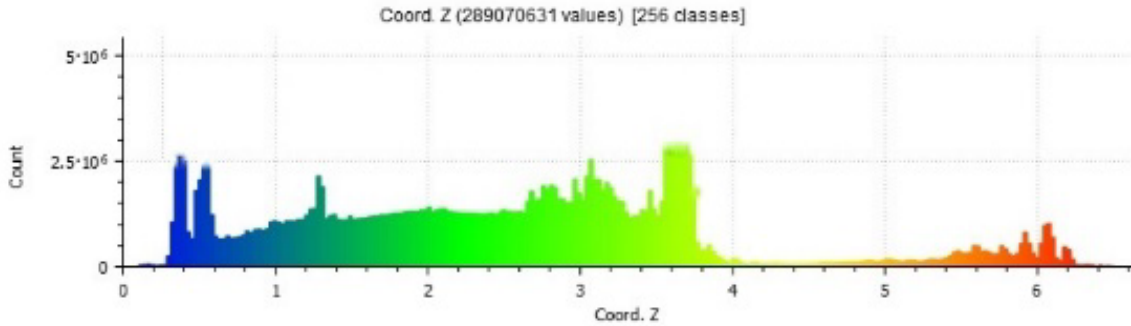
Farklı yüksekliklerdeki nokta sayısını gösteren analiz, yapı üzerinde toplanan verilerin yüksekliğe bağlı olarak nasıl dağıldığını ortaya koyar. Bu analiz, yapının farklı bölgelerinde ne kadar detaylı veri toplandığını ve hangi yüksekliklerde nokta yoğunluğunun arttığını gösterir. FARO cihazı ile yapılan lazer tarama işlemi sırasında, yükseklik farklarına göre nokta yoğunluğu değişebilir ve bu durum, yapının bazı alanlarının diğerlerine göre daha detaylı bir şekilde tarandığını gösterir.

Yüksek nokta yoğunluğu, yapının belirli bölgelerinin daha yakın mesafelerden tarandığını ve bu alanlarda daha fazla veri toplandığını gösterir. Bu durum, özellikle alt kısmı veya belirli yönleri daha yakın mesafelerden taranmış olan alanlarda geçerlidir. Yüksek yoğunluk, yüzey detaylarının daha hassas bir şekilde modellenmeye dahil edilmesini sağlar. Öte yandan, düşük nokta yoğunluğu olan bölgeler ise daha uzak mesafelerden yapılan taramalardan kaynaklanır. Uzun mesafelerde yapılan taramalar, nokta yoğunluğunun azalmasına neden olabilir ve bu bölgelerdeki veriler daha az detaylı olabilir.

Yüksekliklere göre değişen nokta yoğunluğu, yapının fiziksel özelliklerinden de etkilenebilir. Örneğin, yapının eğimli veya çıkıntılı bölgeleri, lazer tarayıcı tarafından daha zor erişilen alanlar olabilir ve

bu durum, daha düşük nokta yoğunluğuna yol açabilir. Yapının üst kısmı gibi daha uzak ve görüşün az olduğu eğimli bölgelerde de nokta sayısı genellikle düşük olduğu görülmüştür. Bu analiz, yapı üzerinde toplanan verilerin hangi bölgelerde daha yoğun olduğunu ve hangi alanlarda daha fazla veri toplanması gerektiğini göstermektedir (Şekil 6). Yüksek nokta yoğunluğu olan bölgeler, daha fazla detay ve doğruluk sağlarken, düşük yoğunluklu bölgelerde eksiklikler ve çözünürlük kayıpları olabilmektedir. Bu tür analizler, eksik verilerin tamamlanması için hangi alanlarda ek tarama yapılması gerektiğine dair bilgi verir ve modelin doğruluğunu artırmaya yardımcı olur.

Bu çalışmada, 39 adet lazer tarama oturumu gerçekleştirilmiştir ve toplamda 289.070.631 adet nokta toplanmıştır. Bu yüksek miktarda veri, yapı üzerindeki farklı bölgelere dair ayrıntılı bir modelin oluşturulmasına olanak sağlamış ve tarama işlemlerinin geniş kapsamlı bir analiz yapılmasına imkân tanımıştır. Nokta yoğunluğundaki değişiklikler, özellikle daha zor erişilen alanlarda belirginleşmiş olup, modelin doğruluğunu artırmak için hangi bölgelere ek tarama yapılması gerektiği net bir şekilde ortaya konmuştur. Bu sayede, verilerin doğruluğu ve modelin çözünürlüğü önemli ölçüde iyileştirilmiştir.



Şekil 6. Farklı yüksekliklerde nokta yoğunluk bilgisi.

6. Sonuçlar

Bu çalışma, YLT teknolojisinin tekli yapıların 3B modellenmesi ve analizi sürecindeki etkinliğini açıkça ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında kullanılan FARO lazer tarayıcı, yüksek hassasiyeti ve hızlı veri toplama kapasitesi ile yapıların hem iç hem de dış mekânlarında detaylı bir model oluşturulmasını sağlamıştır. Elde edilen 3B model, yapının mevcut durumunu belgelerken aynı zamanda deformasyonlar, yapısal bozulmalar ve geometrik özellikler hakkında kapsamlı analizler yapılmasına imkân tanımıştır. YLT teknolojisinin geleneksel yöntemlere göre sunduğu hız, doğruluk ve esneklik avantajları, bu yöntemi restorasyon projelerinden inşaat mühendisliğine kadar

geniş bir yelpazede vazgeçilmez bir araç haline getirmektedir. Bununla birlikte, çalışmada karşılaşılan nokta yoğunluğu farklılıkları ve erişimi zor alanlarda veri eksikliği gibi zorluklar, daha fazla tarama noktası kullanımı veya İHA gibi destekleyici teknolojilerle giderilebilecektir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, YLT'nin karmaşık ve çok katmanlı yapıların belgelenmesi, tarihi yapıların zamansal değişimlerinin izlenmesi ve enerji verimliliği gibi sürdürülebilirlik odaklı analizlerdeki rolü incelenebilir. Ayrıca, yapay zekâ ve makine öğrenimi tabanlı algoritmaların nokta bulutlarının işlenmesi süreçlerine entegre edilmesi, hem veri analizi süreçlerini hızlandıracak hem de sonuçların doğruluğunu artıracaktır. Bu çalışma, YLT'nin sağladığı imkânların yanı sıra bu alandaki

potansiyel kullanım alanlarını da ortaya koyarak, yapı modelleme ve analizi süreçlerinde önemli bir referans oluşturmuştur.

Veri eksikliği yaşanan bölgelerde, lazer tarama teknolojisinin sınırlamalarını aşmak için alternatif yöntemler de kullanılabilir. Örneğin, lazer tarama cihazlarının erişim zorluğu yaşadığı eğimli, çıkıntılı veya uzak bölgelerde, bu eksikliklerin giderilmesi için İnsansız Hava Aracı (İHA) destekli fotogrametrik tarama yöntemleri veya ek taramalar yapılabilir. İHA'lar, özellikle yüksek çözünürlükte görüntü elde etme ve daha geniş alanları hızlı bir şekilde tarama imkânı sunarak, lazer tarama ile elde edilen verilerin tamamlanmasına katkı sağlayabilir. Ek taramalar ise nokta yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde daha fazla veri toplanmasını sağlayarak, modelin doğruluğunu artırabilir. Bu tür alternatif yöntemlerin kullanımı, eksik verilerin giderilmesinde ve yapının daha ayrıntılı bir şekilde modellenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Yüksek hassasiyetli 3B modeller, restorasyon planlaması ve kültürel mirasın korunması süreçlerinde somut katkılar sağlamaktadır. Bu modeller, yapının mevcut durumunu doğru bir şekilde belgelendirerek, restorasyon çalışmalarının ihtiyaçlarını belirlemede büyük rol oynamaktadır. Örneğin, tarihi bir yapının dış cephelerinde meydana gelen deformasyonlar, çatlaklar veya malzeme kayıpları, 3B modelleme sayesinde ayrıntılı olarak tespit edilebilir. Bu, restorasyon ekibine, hangi bölgelerin öncelikli olarak güçlendirilmesi gerektiği konusunda net bir rehberlik sunar.

Nokta bulutu yoğunluğu farklılıkları, 3B modellemenin doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyebilir. Nokta yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde detaylar daha net bir şekilde modellenirken, yoğunluğun düşük olduğu bölgelerde ise çözünürlük kaybı yaşanabilir. Bu durum, modelde eksik veya hatalı veri olmasına yol açabilir ve bu da restorasyon veya inşaat süreçlerinde ciddi karar hatalarına neden olabilir.

Yazarların Katkısı

Makale tek yazarlıdır ve tüm katkı sorumlu yazara aittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Alptekin, A., Fidan, Ş., Karabacak, A., Çelik, M. Ö., & Yakar, M. (2019). Uçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1(1), 16-20.
- Balcı, D., & Ulvi, A. (2024). Kültürel mirasların korunmasına yönelik LiDAR ve İHA fotogrametrisi yöntemlerinin birlikte kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 6(1), 10-29.
- Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G., & Yakar, İ. (2020). Yersel lazer tarama (YLT) yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonunda kullanımı: Alman Çeşmesi örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2(1), 15-22.
- Çömert, 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.
- Dittrich, A., Weinmann, M., & Hinz, S. (2017). Analytical and numerical investigations on the accuracy and robustness of geometric features extracted from 3D point cloud data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126, 195-208.
- Fidan, D., & Fidan, Ş. (2021). Yersel lazer tarama teknolojileriyle oluşturulan 3B modellerin akıllı kent uygulamalarında kullanımı: Mersin Süslü Çeşme örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 48-57.
- Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G., & Fidan, Ş. (2022). Tersine mühendislik uygulamalarında yersel lazer tarayıcıların kullanım olanaklarının araştırılması; klasik otomobiller örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 1-10.
- Georgantas, A., Brédif, M., & Pierrot-Desseilligny, M. (2012). An accuracy assessment of automated photogrammetric techniques for 3D modeling of complex interiors. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39, 23-28.
- Jia, F., & Lichti, D. D. (2019). A model-based design system for terrestrial laser scanning networks in complex sites. *Remote Sensing*, 11(15), 1749.
- Kaya, Y., Yiğit, A. Y., Ulvi, A., & Yakar, M. (2021). Arkeolojik alanların dokümantasyonunda fotogrametrik tekniklerinin doğruluklarının karşılaştırmalı analizi: Konya Yunuslar örneği. *Harita Dergisi*, 165, 57-72.
- Sabancı, A., & Özener, H. (2020). Mimari dokümantasyonda yersel lazer tarama teknolojisi kullanımı: Tarihi sismoloji binası örneği. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 1(1), 45-52.
- Saponaro, M., Capolupo, A., Caporusso, G., Borgogno Mondino, E., & Tarantino, E. (2020). Predicting the accuracy of photogrammetric 3D reconstruction from camera calibration parameters through a multivariate statistical approach. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 479-486.

- 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, C. (2022). Yersel lazer tarayıcıların tarama çözünürlüğü üzerine bir araştırma: Bina içi örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 21-26.

- Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2006). Yersel lazer tarama teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yiğit, A. Y., & Ulvi, A. (2020). İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2023). Dijital ikiz oluşturmada nokta bulutlarına dayalı analiz. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 318-329.



© Author(s) 2024.

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



Hidrolojik ve Mekânsal Analizlerle Taşkın Risk Yönetiminde Yenilikçi Çözümler

Halil İbrahim Şenol ^{1*}

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, 63000, Şanlıurfa, Türkiye; (halilisenola@gmail.com)



*Sorumlu Yazar:
halilisenola@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Şenol, H. İ. (2024). Hidrolojik ve Mekânsal Analizlerle Taşkın Risk Yönetiminde Yenilikçi Çözümler. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 6(2), 60-65.

Geliş : 28.11.2024
Revize : 14.12.2024
Kabul : 19.12.2024
Yayınlama : 31.12.2024

Özet

Bu çalışma, kentsel ortamlarda üç boyutlu (3B) taşkın simülasyonu için coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojilerinin uygulanmasını ve buna ilişkin risklerin belirlenmesini incelemektedir. Bu çalışmada, akış yönlerini, havza bölgelerini ve olası taşkın bölgelerini belirlemek için LiDAR verilerinden elde edilen bir sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılmıştır. Akış yönlerini belirlemek için D8 algoritması kullanılmış ve şiddetli yağış (200 mm) koşulları altında taşkın simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Modeller, taşkınların bölgesel sonuçlarını ve kentsel altyapı üzerindeki zararlı etkilerini ortaya koymuştur. Çalışmanın bulguları ani taşkın durumlarında kentsel ölçekte 10 dakika gibi kısa bir sürede bile oluşan hasar miktarını ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın bulguları, gelişmiş CBS ve simülasyon araçlarının etkin taşkın riski yönetimi ve önleme yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, LiDAR SYM, CBS, hidrolojik analiz, Taşkın simülasyonu.

Flood Prediction through Hydrological Analysis and Simulation Techniques

*Corresponding Author:
halilisenola@gmail.com

Research Article

Citation: Şenol, H. İ. (2024). Flood Prediction through Hydrological Analysis and Simulation Techniques. *Turkish Journal of LiDAR*, 6(2), 60-65 (in Turkish).

Received : 28.11.2024
Revised : 14.12.2024
Accepted : 19.12.2024
Published : 31.12.2024

Abstract

This study examines the application of geographic information systems (GIS) and LiDAR (Light Detection and Ranging) technologies for three-dimensional (3D) flood simulation in urban environments, with a particular focus on the identification of associated risks. In this study, a digital elevation model (DEM) derived from LiDAR data was used to identify flow directions, catchment areas and potential flood zones. The D8 algorithm was employed to ascertain the direction of flow, and flood simulations were conducted under conditions of heavy rainfall (200 mm). The models demonstrated the regional consequences of flooding and its deleterious impact on urban infrastructure. The results of the study demonstrate the extent of damage that can occur in as little as 10 minutes at the urban scale in flash flood situations. The findings of this study illustrate the efficacy of advanced GIS and simulation tools in the development and implementation of effective flood risk management and prevention methods.

Keywords: Remote sensing, LiDAR DEM, GIS, Hydrological analysis, Flood simulation,

1. Giriş

Kentsel taşkınlar, ekonomik, sosyal ve ekolojik sistemler üzerinde derin bir etki yaratan yaygın ve yıkıcı bir doğa olayıdır (Heymans vd., 2019). Son yıllarda iklim değişikliğinin hidrolojik döngü ve yağış modelleri üzerinde belirgin bir etkisi olmuş, bu da yüzey akışının ve kentsel taşkın vakalarının artmasına yol açmıştır. (Xiong & Yang, 2024) Buna karşılık, hızlı kentleşme su geçirmeyen yüzeylerde artışa neden olmakta, bu da nüfus, refah ve altyapıdaki değişikliklere bağlı olarak taşkın risklerini etkilemektedir. Birçok yerde taşkınların görülme sıklığı artmakta ve önemli hasarlara yol açmaktadır (Koç, 2022). Taşkın analizleri, karar vericilerin taşkın riskini anlamaları ve kayıplarını azaltmak için etkili stratejiler geliştirmeleri için önemli bilgiler sağlayabilir (Sibandze vd., 2024).

Taşkın tehlikesi değerlendirme çalışmaları için temel olarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı hidrolojik analiz modelleri kullanılmaktadır (Karakuş & Ceylan, 2022; Karakoca & Ünver, 2024). CBS tabanlı modeller çöküntüleri, su akış yönlerini ve su birikim noktalarını etkin bir şekilde belirleyebilmektedir. Ancak, temel CBS teknolojilerinin hassasiyeti genellikle yetersizdir ve kanalizasyon sistemleri ile yüzey akışı arasındaki bağlantıları kuramamaktadır (Sibandze vd., 2024). Bununla birlikte günümüzde CBS teknolojilerinde gerçekleşen gelişmeler doğrultusunda var olan hidrolojik analizlere 3B simülasyon analizi desteği de getirilmiştir (Güven vd., 2024). CBS, bu sayede taşkınların sadece arazi yapısı kaynaklı oluşumunu baz alarak değil, diğer su yönetim unsurlarını da dahil edilerek çok kapsamlı bir taşkın analizi yapmaya imkân tanımaktadır (Wu vd., 2019).

Taşkın tehlikesi haritalarının üretim teknikleri ve hesaplama kaynaklarındaki gelişmelere rağmen, yüksek kaliteli taşkın haritalarının üretimi zorlu bir mücadele olmaya devam etmektedir. Giderek artan sayıda araştırmacı, hızlandırılmış tehlike harita üretim yöntemlerini araştırmıştır. Elkhrachy (2015), uydu görüntüleri ve CBS araçlarını kullanarak, Suudi Arabistan'ın Najran şehri için ani taşkın risk haritası oluşturup, taşkın riski faktörlerini analiz ederek, nüfus ve altyapının potansiyel risklerini belirlemiştir. Curebal vd. (2016), CBS ve hidrolojik modelleme yöntemlerini kullanarak, Türkiye'deki Keçidere Havzası'nda 2009 yılında meydana gelen taşkın büyüklüğünü ve oluşum özelliklerini inceleyip taşkın riskini değerlendirmiştir. Pham vd. (2020), CBS tabanlı hibrit makine öğrenimi yaklaşımlarını kullanarak, İran'ın Markazi eyaletindeki bir havza için ani taşkın risk haritaları oluşturmayı ve bu modellerin doğruluğunu değerlendirmeyi amaçlamıştır. Popescu ve Bărbulescu (2023), HEC-RAS hidrolik modelleme ve CBS yazılımlarını kullanarak Romanya'daki Vedea

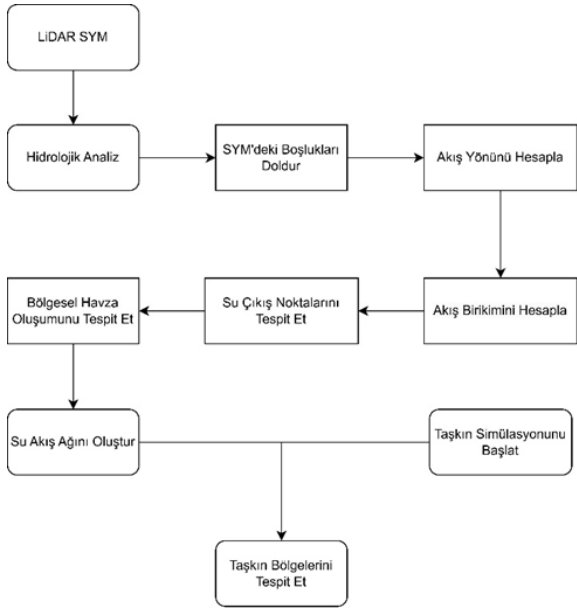
Nehri'nde 2005 yılı temmuz ayında meydana gelen taşkın etkilerini simüle edip, yerleşim yerlerini taşkınlardan koruma önlemlerini değerlendirmiştir.

LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) üretimi için dönüştürücü bir araç olarak ortaya çıkmış ve arazi temsiline benzersiz bir doğruluk ve ayrıntı sunmuştur (Kabadayı, 2023a). Yüzeyle lazer noktaları gönderen ve bu noktaların geri dönme süresini ölçen LiDAR, geleneksel ölçme yöntemlerinin genellikle yetersiz kaldığı karmaşık (Kabadayı, 2023n) ve bitki örtülü arazilerde bile yüksek çözünürlüklü yükseklik verilerini yakalayabilmektedir. Çeşitli çalışmalar, LiDAR'ın hidrolojik analizler, taşkın riski değerlendirmesi ve şehir planlaması için vazgeçilmez olan kapsamlı üç boyutlu modeller oluşturma yeteneğini ortaya koymuştur (Trepekli vd., 2022; Bolick vd., 2023). Ayrıca, LiDAR'dan türetilen SYM'ler, kentsel taşkın simülasyonlarında çok önemli bir rol oynamış ve aşırı yağış olayları sırasında su hareketinin ve potansiyel risk bölgelerinin hassas tahminlerini kolaylaştırmıştır (Muhadi vd., 2020).

Bu çalışma, temel CBS işlevlerinin kullanılması ve gelişmiş taşkın simülasyonunun uygulanması yoluyla kentsel taşkına eğilimli bölgelerin hızlı bir şekilde belirlenmesi için bir yöntem sunmaktadır. Bu yöntem yeterli veri ve yazılım ihtiyacının sağlanması doğrultusunda kullanıcılara hızlı ve pratik bir simülasyon yöntemi sunmaktadır. Dolayısıyla bir dizi CBS tabanlı hidrolojik değerlendirme yoluyla yüzey su taşkını karakterizasyonunun doğruluğunu ve verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, verilerin ve zamanın sınırlı olduğu durumlarda taşkın tehlikesi koşullarının tanımlanmasını gerektiren etkili erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, geliştirilen taşkın simülasyonlarıyla karar vericilere taşkın önleme konusunda yenilikçi bir çözüm sunmaktır.

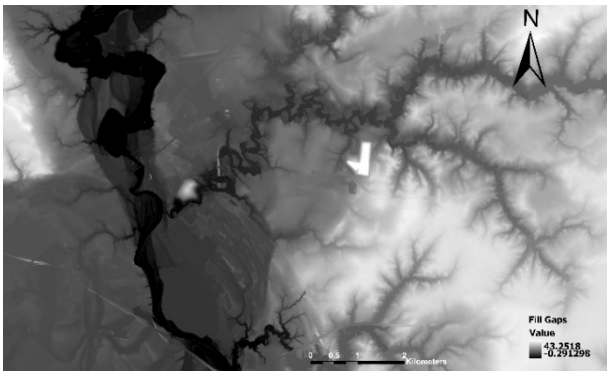
2. Yöntem

Şekil 1, LiDAR ile üretilen SYM'den elde edilen girdileri kullanan CBS tabanlı hidrolojik modelleme metodolojisinin akış şemasını göstermektedir. Taşkına eğilimli bölgeleri belirlemek için dağılımları, kapsamları ve akış yönleri hakkındaki verileri kapsayan iki analitik adım uygulanmıştır. Yerel çöküntüler ArcGIS Pro yazılımındaki "Fill" fonksiyonu kullanılarak tanımlanmış ve ardından hidrolojik analiz "Flow Direction", "Flow Accumulation", "Watershed Delineation" ve "Raster Calculator" fonksiyonlarını entegre ederek akış yollarını eş zamanlı olarak belirlemiştir.



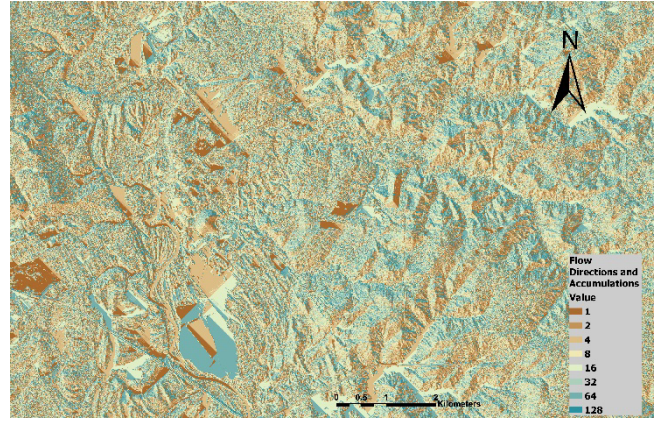
Şekil 1. Hidrolojik analizler ve taşkın simülasyonu için izlenecek iş akış şeması.

Bir LiDAR verisi olan CoNED TBDEM, arazi modeli ve batimetri modeli üretimini sağlayan ve Earth Explorer üzerinden bu verileri paylaşan bir platformdur (USGS, 2024). Bu veriden elde edilen SYM, veri sağlayıcısının paylaştığı konumlardan biri olan Amerika Birleşik Devletleri Virginia Eyaletinde bulunan ve içerisinden Blackwater nehrinin geçtiği Franklin şehrinin hidrolojik incelemesi için kullanılmıştır. Bu araştırmanın amacı, bölgenin hidrodinamiğini ve akış yönlerini ölçmenin yanı sıra şehre doğru su akışının yönlerini tespit etmektir. SYM verileri ilk olarak ArcGIS yazılımına aktarılmış ve arazi yapısından kaynaklanan boşluklar, kesintisiz hidrolojik akışı sağlamak için doldurulmuştur (Şekil 2).



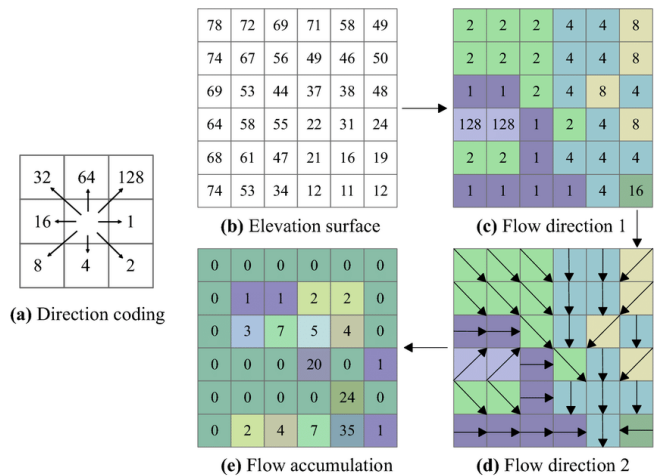
Şekil 2. Arazi akışının bozulmaması ve hidrolojik analiz için sağlıklı yapılabilmesi için SYM'deki boşlukların doldurulması.

ArcGIS'te bulunan hidrolojik analiz araçları bu araştırmayı kolaylaştırmada etkili olmuştur. Daha sonra, su akışının yönünü belirlemek için D8 yöntemi kullanılmış ve elde edilen veriler akış yönlerini ve akış birikim alanlarını hesaplamak için kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Hidrolojik analizde akış yönlerinin ve birikim alanlarının belirlenmesi.

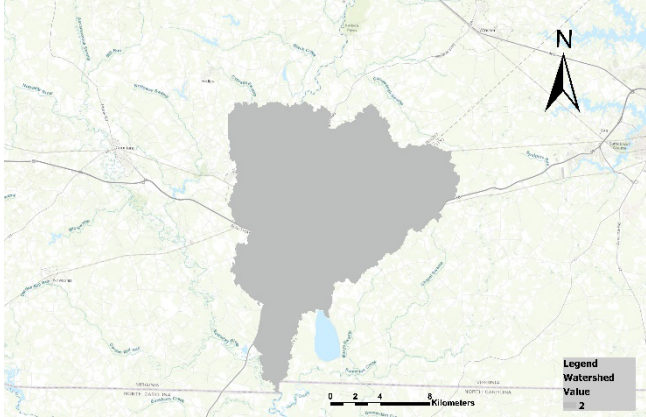
D8 algoritması, basitliği nedeniyle yaygın olarak kullanılan hücre tabanlı bir yöntemdir (Şekil 4). D8 algoritması, hidrolojik modelleme ve coğrafi bilgi sistemleri alanlarında SYM akış yönünü belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Algoritma, bir hücrenin sekiz komşu hücresi arasındaki en dik eğim eğimini hesaplayarak akış yönünü belirler ve suyu etkili bir şekilde en düşük bitişik hücreye yönlendirir. D8 algoritması, akış yönlerinin sayısını tek bir yöne indirgeyerek havza tanımlama, akış biriktirme ve akış ağı çıkarma gibi işlemlerde hesaplama verimliliğini artırır. Bununla birlikte, bu basitleştirme, farklı akışların modellenememesi ve akış yönünün belirsizleştiği düz veya neredeyse düz arazilerde potansiyel yanlışlıklar da dahil olmak üzere sınırlamalar getirmektedir. Bu zorluklara rağmen, D8 algoritması arazi analizinde temel bir araç olmaya devam etmekte ve sıklıkla D^∞ ve çoklu akış yönü algoritmaları gibi daha sofistike akış yönü modelleri için bir temel teşkil etmektedir.



Şekil 4. D8 algoritmasının çalışma prensibi (ESRI, 2024a).

Amaç, topografik verileri kullanarak suyun geçebileceği potansiyel yolları göstermektir. Daha sonra, arazi üzerindeki birikim bölgeleri belirlenmiş ve arazinin haritalanması yoluyla potansiyel olarak su

kaynağı olabilecek hücreler tanımlanmıştır. Söz konusu hücreler, arazideki bölgesel havzaların görselleştirilmesinde kullanılmıştır. Havza modellemesi belirlenen konumda başlatılmış ve suyun biriktiği havzanın tanımlanmasıyla sonuçlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Hidrolojik analiz sonucu ortaya çıkan bölgesel havzanın haritası.

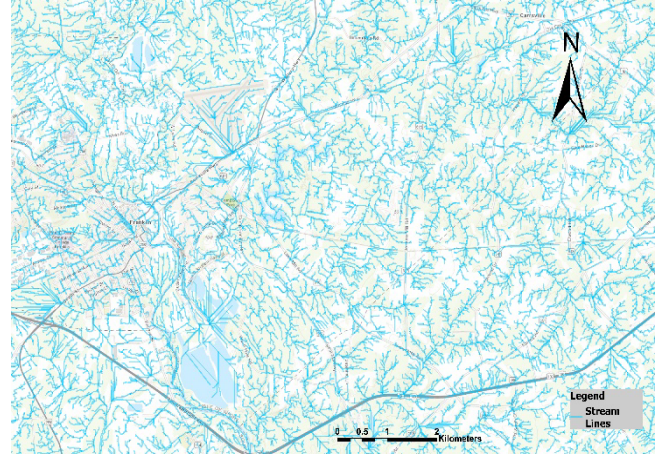
Sonuç olarak, akış modeli belirlenmiş ve akış çizgileri çizilmiştir. Bu yaklaşımın temel amacı, arazinin doğal akış yönünü belirlemek ve şehre potansiyel su akışının olası kaynağını tespit etmektir. Bu metodoloji, suyun şehre giriş yönünün hesaplanmasının yanı sıra su taşınımını düzenleyen kriter ve mekanizmaların netleştirilmesine de olanak tanımaktadır. Daha sonra, su akış ağları vektör veri olarak dışa aktarılmıştır.

Son olarak kullanılan bölgenin akış çizgileri ve birikim noktalarından da yararlanarak bölgeye ait bir taşkın simülasyonu yapılmıştır. Bölgede oluşabilecek ekstrem taşkın durumlarının ortaya çıkarılması için ArcGIS Pro'da bulunan simülasyon aracı kullanılmıştır (ESRI, 2024b). Bu araç kullanılarak yapılan simülasyonun ekstrem durumları ortaya koyabilmesi için yağış miktarı 200mm olarak belirlenmiş ve 10 dakikalık bir taşkın simülasyonu elde edilmiştir. Bu simülasyon aracılığıyla özellikle kentsel alanda su geçirmez kısımların ortaya çıkması ve ani taşkınlarda ortaya çıkarabileceği sonuçlar ortaya koyulmuştur. Örnek çalışma alanı gibi içinden nehir geçen kentsel alanlarda önlem alınmadığında ani taşkın durumlarının yıkıcı etkisinin görülebilmesi için kentsel taşkın simülasyonları önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır.

3. Bulgular

Bu çalışmada hidrolojik analiz ve taşkın simülasyonu kullanılarak ani taşkın durumlarının hızlıca simüle edilmesi ve karar vericilerin kritik müdahale bölgelerinin belirlenmesine yardımcı olunması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yöntemde

bahsedilen ArcGIS Pro kullanılarak yapılan hidrolojik analiz sonucunda arazinin bölgesel havzası oluşturulmuş ve son olarak da bölgeye ait su akış ağı vektör veri olarak kaydedilmiştir (Şekil 6). Bu veri suyun tahmini akış yönlerinin anlaşılmasına ve müdahale alanlarının belirlenmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca bölgenin taşkın gibi önemli afetlerden önce su akışını kusursuz bir biçimde sağlamaya yönelik yöntemler geliştirmek konusunda karar vericilere destek olacaktır.



Şekil 6. Hidrolojik analiz sonucu ortaya çıkan bölgesel su akış ağları.

Bununla birlikte ArcGIS Pro'nun bir 3B analizi olan taşkın simülasyonu analizi kullanılmış ve kentsel ölçekte taşkın oluşabileceği sonuçlar ortaya koyulmuştur. Görüldüğü üzere su akış ağlarına benzer bir yol izleyen taşkın süreci doğrultusunda kentsel ölçekte oluşabilecek hasar Şekil 7'de görselleştirilmiştir. Burada her ne kadar ekstrem bir yağış olan 200mm yağış kullanılmış olsa da günümüz küresel ısınma koşullarında böyle bir yağış durumu oldukça olasıdır.



Şekil 7. Taşkın simülasyonu sonucunda oluşan kentsel su baskını.

Bölge için elde edilen akış yönleri ve taşkın simülasyonu arasındaki uyum, buradaki kentsel ölçekte oluşabilecek taşkın durumlarında kritik risk alanlarını öne çıkarmaktadır. Yapılan taşkın simülasyonları, bölgedeki yüzey akış yollarını ve olası taşkın alanlarını hassasiyetle belirlemiştir. Özellikle, suyun yoğun birikim gösterdiği bölgelerdeki riskli alanlar detaylı olarak haritalandırılmış ve bu alanların gelecekteki taşkın olayları karşısında kritik müdahale noktaları olduğu vurgulanmıştır. Ek olarak, 3B taşkın simülasyonları, taşkın etkilerinin yerel altyapı üzerindeki olası etkilerini tahmin etmede önemli bir araç olarak öne çıkmıştır. Bu bulgular, yalnızca taşkın risk yönetimini geliştirmekle kalmayıp, aynı zamanda afet müdahale planlamasında karar vericilere stratejik bir rehberlik sunmaktadır.

4. Sonuçlar

Toplanan veri, nokta bulutu olarak elde edilip analiz sürecine hazırlanmıştır. Bu çalışma, hidrolojik analiz ve LiDAR tabanlı taşkın simülasyonu kullanarak ani taşkınların etkilerinin anlaşılmasında etkili bir yaklaşım sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, özellikle riskli bölgelerin hızlı ve hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlamış, bu bölgelerdeki potansiyel taşkın etkilerini önceden değerlendirmek için önemli bir veri kaynağı oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan D8 algoritması, su akış yönlerinin belirlenmesinde güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmış ve bölgesel havza modellemesiyle entegre edildiğinde taşkın tehlikesi haritalarının doğruluğunu artırmıştır.

Ayrıca, 3B taşkın simülasyonları sayesinde, ekstrem yağış senaryolarının kentsel altyapı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu analizler, taşkınların hem ekonomik hem de çevresel etkilerini azaltacak stratejik müdahale noktalarının belirlenmesini mümkün kılmıştır. Çalışmanın sonuçları, mevcut hidrolojik analiz yöntemlerinin kapsamını genişleterek, taşkın riski yönetiminde teknolojik yeniliklerin kullanımının önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, benzer taşkın analiz çalışmalarından elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir. Örneğin, Elkhachy (2015) tarafından Suudi Arabistan'ın Najran şehrinde yapılan çalışmada, CBS tabanlı taşkın risk haritalarının, afet risk bölgelerinin hızlı tespitinde etkili olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde, Pham vd. (2020) tarafından İran'ın Markazi Eyaletinde gerçekleştirilen hibrit makine öğrenimi yaklaşımlarına dayalı taşkın duyarlılığı haritaları, taşkınların neden olabileceği etkilerin önceden belirlenmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmıştır. Türkiye'de Keçidere Havzası'nda yapılan bir diğer çalışma, CBS ve hidrolojik modelleme

tekniklerinin birleştirilmesiyle, geçmişte yaşanmış taşkın olaylarının analiz edilmesine olanak tanımıştır (Curebal vd., 2016). Bu çalışmaların tamamı, bu araştırmanın bulgularıyla örtüşerek, CBS ve taşkın simülasyonlarının risk yönetimi ve karar destek süreçlerindeki vazgeçilmez rolünü vurgulamaktadır. Ancak, bu çalışma 3B taşkın simülasyonlarının kentsel altyapı üzerindeki etkilerini tahmin etmesi bakımından diğer çalışmalardan farklı bir yaklaşım sunmakta ve taşkın risk haritalarının doğruluğunu artırmaktadır.

Bu araştırma, gelişmiş CBS ve simülasyon araçlarının taşkın risk analizinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, çalışmanın bazı sınırlamaları olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, kullanılan yağış senaryosu ekstrem bir durum üzerine kurgulanmış olup, farklı meteorolojik koşullar altında daha fazla simülasyon yapılması gereklidir. Ayrıca, altyapı verilerinin ve kanalizasyon sistemlerinin modele entegrasyonu, simülasyonların doğruluğunu artırabilir. Çalışmada kullanılan yağış senaryosu ekstrem bir durum olan 200 mm yağışa dayanmaktadır; bu senaryonun farklı meteorolojik koşullar ve uzun dönemli yağış modelleri altında doğruluğu artırmak için genişletilmesi gereklidir. Özellikle hızlı kentleşmenin su geçirmez yüzeylerde yarattığı etkiler ile taşkın süreçleri arasındaki bağlantılar detaylandırılmamıştır. Ek olarak, kullanılan veri kaynaklarının coğrafi kapsamı ve detay seviyesi, simülasyon sonuçlarının genellenebilirliği üzerinde sınırlayıcı bir etkiye sahip olabilir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalar, bu eksikliklerin giderilmesine ve daha kapsamlı bir taşkın riski değerlendirmesine odaklanabilir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Çalışmada kullanılan 3B SYM verisi için NASA'ya teşekkür ederim.

Yazarların Katkısı

Halil İbrahim Şenol makalenin tüm aşamalarında yer almıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

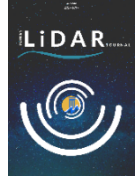
Kaynaklar

- Bolick, M. M., Post, C. J., Naser, M. Z., Forghanparast, F., & Mikhailova, E. A. (2023). Evaluating urban stream flooding with machine learning, LiDAR, and 3D modeling. *Water*, 15(14), 2581.
- Curebal, I., Efe, R., Ozdemir, H., Soykan, A., & Sönmez, S. (2016). GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto International*, 31(4), 355-366.
- Elkhrachy, I. (2015). Flash flood hazard mapping using satellite images and GIS tools: a case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 261-278.
- ESRI, (2024a). Available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/hydrologic-analysis-sample-applications.htm> Access date: 28/11/2024.
- ESRI, (2024b). Available online: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/simulation/simulation-in-arcgis-pro.htm> Access date: 28/11/2024.
- Güven, D. S., Yenigün, K., Isinkaralar, O., & Isinkaralar, K. (2024). Modeling flood hazard impacts using GIS-based HEC-RAS technique towards climate risk in Şanlıurfa, Türkiye. *Natural Hazards*, 1-19.
- Heymans, A., Breadsell, J., Morrison, G. M., Byrne, J. J., & Eon, C. (2019). Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11(13), 3723. <https://doi.org/10.3390/su11133723>
- Kabadayı, A. (2023). Yersel lazer tarama yöntemi ile röle ve restitasyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(1), 17-25.
- Kabadayı, A. (2023). Yersel Lazer Tarayıcıların Tarihi Köprülerin Modellenmesinde Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(2), 68-75.
- Karakoca, E., & Ünver, A. (2024). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak Eşen Çayı Havzası'nda taşkın riski değerlendirilmesi ve haritalandırılması. *Geomatik*, 10(1), 124-139.
- Karakuş, C. B., & Ceylan, Ş. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Taşkın Tehlike Haritalaması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(4), 1155-1173.
- Koç, C. (2022). Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 207-216.
- Muhadi, N. A., Abdullah, A. F., Bejo, S. K., Mahadi, M. R., & Mijic, A. (2020). The use of LiDAR-derived DEM in flood applications: A review. *Remote Sensing*, 12(14), 2308.
- Pham, B. T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T. V., Al-Ansari, N., Ho, L. S., Das, S., Le, H. V., Amini, A., Bozchaloei, S. K., Jafari, F., & Prakash, I. (2020). GIS Based Hybrid Computational Approaches for Flash Flood Susceptibility Assessment. *Water*, 12(3), 683. <https://doi.org/10.3390/w12030683>
- Popescu, C., & Bărbulescu, A. (2023). Floods simulation on the vedea river (Romania) using hydraulic modeling and gis software: a case study. *Water*, 15(3), 483.
- Sibandze, P., Kalumba, A. M., H Aljaddani, A., Zhou, L., & Afuye, G. A. (2024). Geospatial Mapping and Meteorological Flood Risk Assessment: A Global Research Trend Analysis. *Environmental Management*, 1-18.
- Sibandze, P., Kalumba, A. M., H Aljaddani, A., Zhou, L., & Afuye, G. A. (2024). Geospatial Mapping and Meteorological Flood Risk Assessment: A Global Research Trend Analysis. *Environmental Management*, 1-18.
- Trepekli, K., Balström, T., Friborg, T., Fog, B., Allotey, A. N., Kofie, R. Y., & Møller-Jensen, L. (2022). UAV-borne, LiDAR-based elevation modelling: A method for improving local-scale urban flood risk assessment. *Natural Hazards*, 113(1), 423-451.
- USGS. (2024). Available at: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-coastal-national-elevation-database-coned> Access date: 28/11/2024.
- Wu, Y., Peng, F., Peng, Y., Kong, X., Liang, H., & Li, Q. (2019). Dynamic 3D Simulation of Flood Risk Based on the Integration of Spatio-Temporal GIS and Hydrodynamic Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 520. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110520>
- Xiong, J., & Yang, Y. (2024). Climate Change and Hydrological Extremes. *Current Climate Change Reports*, 11(1), 1.



© Author(s) 2024.

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



Yersel Lazer Tarama ile Mimari Koruma ve Restorasyon Süreçlerinin Dijitalleştirilmesi

Seda Nur Gamze Hamal ^{1*}, Ali Ulvi ^{2,3}

¹ Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, 33110, Mersin, Türkiye; (sedanurgamzehamal@gmail.com)

² Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, 33110, Mersin, Türkiye; (aliulvi@mersin.edu.tr)

³ Mersin Üniversitesi, Deniz Araştırmaları ile Hidrografik Ölçmeler ve İnsansız Deniz-Hava Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, 33110, Mersin, Türkiye; (aliulvi@mersin.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
sedanurgamzehamal@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Hamal, S. N. G., & Ulvi, A. (2024). Yersel Lazer Tarama ile Mimari Koruma ve Restorasyon Süreçlerinin Dijitalleştirilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 6(2), 66-73.

Geliş : 24.11.2024
Revize : 13.12.2024
Kabul : 24.12.2024
Yayınlama : 31.12.2024

Özet

Bu çalışma, Yersel Lazer Tarayıcı (YLT) teknolojisi ile belgelenmesi, restorasyon ve restitüsyon süreçlerindeki kullanımını incelemektedir. Bu doğrultuda eski bir yapı üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, FARO FocusS 350 lazer tarayıcı kullanılarak yapının üç boyutlu nokta bulutu ve ortofoto görüntüleri üretilmiştir. Elde edilen bu veriler, yapının mevcut durumunun detaylı bir şekilde belgelenmesini ve restorasyon projelerine temel oluşturacak hassas çizimlerin hazırlanmasını sağlamıştır. Çalışma kapsamında, YLT teknolojisinin geleneksel yöntemlere kıyasla sunduğu hız, hassasiyet ve doğruluk avantajları ortaya konulmuştur. Yapının röleve çalışmaları sırasında, ahşap, taş ve kerpiç gibi yapı elemanlarının malzeme bozulmaları detaylı bir şekilde belgelenmiş ve yapının mevcut durumundaki deformasyonlar tespit edilmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler üzerinden, yapının restorasyon ve restitüsyon süreçlerinde kullanılabilirlik temel verileri sağlanmıştır. Sonuçlar, YLT teknolojisinin tarihi yapıların belgelenmesi ve korunmasında etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Çalışma, bu teknolojinin mimari koruma projelerine entegrasyonunun, yapılar üzerinde yapılacak müdahalelerin planlanmasında ve uygulanmasında kritik bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yersel lazer tarayıcı, Belgeleme, Restorasyon, Restitüsyon, 3B modelleme.

Digitization of Architectural Preservation and Restoration Processes Using Terrestrial Laser Scanning

*Corresponding Author:
sedanurgamzehamal@gmail.com

Research Article

Citation: Hamal, S. N. G., & Ulvi, A. (2024). Digitization of Architectural Preservation and Restoration Processes Using Terrestrial Laser Scanning. *Turkish Journal of LiDAR*, 6(2), 66-73 (in Turkish).

Received : 24.11.2024
Revised : 13.12.2024
Accepted : 24.12.2024
Published : 31.12.2024

Abstract

This study examines the documentation, restoration and restitution processes of Terrestrial Laser Scanning (TLS) technology. In this context, a FARO FocusS 350 laser scanner was used to produce three-dimensional point cloud and orthophoto images of an old structure. The data obtained provided detailed documentation of the status of the structure and the preparation of precise drawings that would form the basis of restoration projects. Within the scope of the study, the speed, precision and accuracy advantages offered by TLS technology compared to traditional methods were demonstrated. During the survey studies of the structure, material deteriorations of structural elements such as wood, stone and adobe were documented in detail and deformations in the status of the structure were determined. In addition, basic data that can be used in the restoration and restitution processes of the structure were provided through the obtained data. The results show that TLS technology is an effective tool in the documentation and preservation of historical structures. The study reveals that the integration of this technology into architectural conservation projects can play a critical role in the planning and implementation of interventions to be made on structures.

Keywords: Terrestrial laser scanner, Documentation, Restoration, Restitution, 3D modeling.

1. Giriş

Tarihi ve mimari yapıların belgelenmesi, bu yapıların mevcut durumunun kayıt altına alınması ve geleceğe aktarılması için kritik bir öneme sahiptir. Bu belgeler hem bilimsel araştırma hem de koruma çalışmalarında temel referans olarak kullanılır (Erdoğan vd., 2021). Mimari koruma projelerinde, yapıların detaylı bir şekilde belgelenmesi, restorasyon ve restitüsyon gibi hassas çalışmaların başarıyla yürütülmesi açısından vazgeçilmez bir gerekliliktir (Kabadayı, 2023a). Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerin hassasiyeti ve hızı, elde edilen sonuçların kalitesini doğrudan etkiler (Rossi vd., 2024).

Geleneksel belgelenme yöntemleri genellikle uzun süreçler ve yoğun emek gerektiren çalışmalarla yürütülür (Kabadayı & Erdoğan, 2022). Ancak bu yöntemler, karmaşık yapılara sahip tarihi eserlerin detaylı belgelenmesinde yeterli olmayabilir. Son yıllarda gelişen teknoloji, bu zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli yenilikçi çözümler sunmuştur. Bu kapsamda, Yersel Lazer Tarama (YLT) teknolojisi, tarihi yapıların belgelenmesi ve korunmasında kritik bir çözüm olarak öne çıkmıştır.

Koruma ve restorasyon çalışmalarının başarısı, yapıların mevcut durumunun detaylı ve hassas bir şekilde kaydedilmesine bağlıdır. Restitüsyon, yani kaybolmuş ya da tahrip olmuş yapı unsurlarının yeniden canlandırılması süreci de aynı şekilde hassas belgeleme gerektirir. Bu süreçlerin her biri, mimari yapıların özgün karakterinin korunması ve doğru bir şekilde restore edilmesi için büyük bir önem taşımaktadır.

Günümüze kadar, çeşitli yöntemlerle restorasyon çalışmaları yapılmıştır ve bu yöntemler zamanla teknolojik gelişmeler ışığında dönüşüm geçirmiştir. Geleneksel yöntemler, yapıların elle ölçülmesi ve belgelenmesi gibi zahmetli süreçleri içermekteydi ve bu durum süreçlerin verimliliğini kısıtlamaktaydı (Carbonara, 2012; Savaş vd., 2024). Bu yöntemle, yapıların genel özelliklerini kaydetmekte yetersiz kalmakta ve bu süreçler çoğu zaman zahmetli, uzun süreli ve hata payı yüksek olmaktadır. Ancak teknolojinin gelişmesiyle birlikte, bu işlemler artık çok daha hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu noktada, YLT teknolojisi devreye girmektedir (Xie vd., 2024; Liu & Li, 2024).

YLT tekniği, LiDAR (Light Detection and Ranging) sistemi içerisinde yer almaktadır (Buckley vd., 2008; Lemmens & Lemmens, 2011; Willkens vd., 2024). LiDAR sistemleri, uzaktan algılamanın temel prensiplerine göre ölçüm yapmaktadır (Pfeifer & Briese, 2007; Sturzenegger & Stead, 2009). LiDAR, nesnelere hassas, otomatik ve doğrudan koordinatlarını elde etmeye olanak tanıyan bir teknolojidir. Radar benzeri bir prensiple çalışan bu

teknoloji, tarayıcı sensörden gönderilen lazer atımlı ışık kullanarak nesnelere olan mesafeyi ölçer (Alikhodja vd., 2023). LiDAR sistemleri, saniyede binlerce nokta verisi toplayabilen otomatik ve sistematik bir işlem sürecine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde LiDAR, fiziksel verilerin hızlı, hassas ve düşük maliyetli bir şekilde dijitalleştirilmesini sağlar (Roggerove & Diara, 2024). Tarama işlemi sonunda işlenen veriler istenilen formatlara dönüştürülebilmekte ve aktarılabilir. Ayrıca, LiDAR yöntemi diğer 3B modelleme yöntemleriyle de bütünleşerek birçok mühendislik uygulamasında tercih edilen bir teknoloji haline gelmiştir. Sağladığı bu avantajlar sayesinde LiDAR, üç boyutlu (3B) modelleme ve ölçme uygulamalarında son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde taranan objeye ait 3B nokta bulutu hassas ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Elde edilen nokta bulutundan kültürel mirasın belgelenmesi için 3B modeller oluşturulabilmektedir. Bu bağlamda, üretilecek nokta bulutunun sıklığı ve metrik doğruluğu son derece önemlidir (Lichti & Gordon, 2004; Gabriele vd., 2010; Karasaka & Beg, 2021).

Uzun ve Spor (2019), yaptıkları çalışmada Elâzığ Harput Kale Hamamı'nda yersel lazer tarayıcı kullanılarak yapıların mevcut durumunun hassasiyetle belgelendiğini ve bu verilerin dijital ortamda yeniden modellenerek restitüsyon ve restorasyon süreçlerinde kullanıldığını göstermektedir (Uzun & Spor, 2019). Benzer şekilde Kabadayı (2023b) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Akşehir Kale kalıntılarının YLT yöntemiyle detaylı bir şekilde belgelenmesi sağlanmış ve elde edilen veriler, rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu tür çalışmalar hem belgelenme süreçlerinin hızlanmasını sağlamakta hem de elde edilen verilerin doğruluğunu artırmaktadır.

Bu çalışma, XX. yüzyıldan kalma tarihi bir yapının belgelenmesi örneği üzerinden, YLT teknolojisinin uygulama alanlarını ve sağladığı avantajları incelemektedir. Belgeleme süreci boyunca, yapının mimari detaylarını ve mevcut durumundaki bozulmaları tespit etmek amacıyla, FARO FocusS 350 lazer tarayıcısı kullanılmış ve hassas 3B modeller oluşturulmuştur.

Bu modeller, yapının rölöve, restorasyon ve restitüsyon projeleri için temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Güncel çalışmalar, YLT'nin kullanımıyla elde edilen verilerin, geleneksel yöntemlere oranla daha hızlı, doğru ve çok yönlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, YLT'nin tarihi yapıların belgelenmesi sürecinde sağladığı katkıları ve bu teknolojinin mimari koruma projelerinde nasıl etkin bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Konutun Plan ve Mimari Özellikleri

Bu çalışmada ele alınan konut, XX. yüzyıl başlarına tarihlenmekte olup Şekil 1’de görüldüğü gibi iki katlı eski bir yapıdır. Yapı, bulunduğu bölgenin geleneksel mimari karakterini yansıtan belirgin özelliklere sahiptir. İnşa tekniği, kullanılan malzemeler ve plan şeması, dönemin diğer yapılarıyla benzerlik göstermektedir ve bu yönüyle bölgesel bir temsil niteliği taşımaktadır (Eldem, 1984).

Konut, zemin üzeri iki katlı olarak inşa edilmiştir. Ana inşa malzemesi olarak, su basman seviyesinde taş, üst bölümlerde ise ahşap karkaslı kerpiç dolgular kullanılmıştır. Bu malzeme seçimi, dönemin çevresel koşulları ve yapının dayanıklılığı göz önüne alınarak tercih edilmiştir. Beden duvarları dıştan sıvalı ve badana boyalıdır. Cephe düzeninde dikdörtgen formlu pencereler yer almakta olup, bu elemanlar yapıya hareketlilik kazandırmıştır. İkinci katta, dört yönde cepheden taşan bir yapı düzenlemesi göze çarpmaktadır. Ayrıca, sofa da dikdörtgen bir çıkma yaparak cephede belirgin bir özellik oluşturmaktadır. Çıkmalara, altta ahşap konsollarla desteklenmiştir.

İç mekânda, konutun asıl yaşama alanını oluşturan ikinci kat, iç sofalı plan şemasına sahiptir. Dikdörtgen planlı sofa, iki yanında ikişer adet oda ile çevrelenmiştir. Odalarda, dönemin mimarisine özgü yüklükler, ahşap kapaklı dolaplar ve ocaklar bulunmaktadır. Bu unsurlar, yapının iç mekân organizasyonunu ve kullanımını anlamada önemli ipuçları sunmaktadır. Üst örtü ise ahşap kirişlemeli bir tavan düzenine sahiptir. Yapının çatı örtüsü, dışarıdan kiremit kaplı kırma çatı formunda tasarlanmıştır. Odalar içerisinde yer alan ocakların bacaları, üst örtüye dikdörtgen kesitli olarak yansımaktadır.



Şekil 1. Konutun ön ve sağ cephe görünümü.

Bu yapının mimari önemi hem malzeme kullanımındaki özgünlüğü hem de iç mekân organizasyonundaki işlevsellik ile açıklanabilir. Ayrıca, zaman içerisinde yapıda meydana gelen

bozulmalar, tarihi yapıların korunması için alınması gereken önlemlerin önemini vurgulamaktadır. Konutun mimari karakteristiği, hem dönemin sosyal ve ekonomik yapısına hem de çevresel koşullara ışık tutmaktadır. Bu bağlamda, yapının mevcut durumu, gelecekte yapılacak restorasyon çalışmaları için önemli bir temel sunmaktadır.

2.2. Yersel Lazer Tarayıcı Teknolojisi

YLT tekniği herhangi bir objenin LiDAR teknolojisi vasıtasıyla örneklendiği veya tarandığı bir tekniktir. Lazer tarayıcı cihazından çıkan lazer ışını aracılığıyla nesne ile cihaz arasındaki mesafeyi ölçülebilmekte, nokta bulutu elde edilebilmekte ve bunun sonucu olarak istenilen detayın 3B modelini oluşturabilmektedir (Solla vd., 2024).

Bu teknikte, cihazdan çıkan lazer ışını ile nesneden yansıyan ışının fazları karşılaştırılır ve bu faz farkı yardımıyla mesafe hesaplanır (Li vd., 2024). Faz farkı, lazer sinyalinin yayıldığı ve geri döndüğü süre boyunca aldığı yolun uzunluğunu belirlemekte olup bu mesafe denklem 1’de verilmiştir.

$$d = \frac{\Delta\Phi c}{4\pi f} \quad (1)$$

Burada; d, cihaz ile nesne arasındaki mesafeyi (m) $\Delta\Phi$, gönderilen ve yansıyan sinyaller arasındaki faz farkını (radyan) c, ışık hızını ($\approx 3 \times 10^8$ m/s) f ise lazer sinyalinin frekansdır (Hz).

Bu çalışmada, yapının rölöve, restorasyon ve restitüsyon projeleri kapsamında belgelenmesi için YLT teknolojisi kullanılmıştır. Çalışma alanındaki yapı, tarihi ve mimari özellikleriyle dikkat çekmektedir. YLT, yapının mevcut durumunu hassas bir şekilde belgelemek ve üç boyutlu dijital modelini oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda FARO FocusS 350 lazer tarayıcı cihazı tercih edilmiştir. Bu cihaz, yüksek çözünürlüklü nokta bulutları üreterek yapının detaylı ve hızlı bir şekilde belgelenmesini sağlamaktadır. Başlıca özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

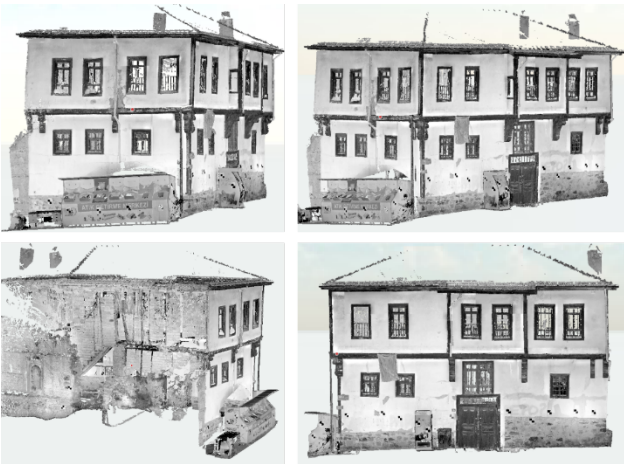
Tablo 1. Cihazın teknik özellikleri.

Özellik	Değer
Tarama Mesafesi	0.6m 350m
Ölçüm Hızı	976.000 nokta/sn
Ölçüm Doğruluğu (10-25) m ölçümler için	± 2 mm
Doğruluk	± 5 mm
Ağırlık	4.2 kg
Boyut	230x183x103 mm

2.3. Yersel Lazer Tarayıcı ile Veri Toplama ve Veri İşleme Prosedürü

Bu çalışmada, veri toplama işlemi için FARO FocusS 350 lazer tarayıcısı kullanılmıştır. Tarama işlemi sırasında, yapının tüm yüzeylerinin eksiksiz bir şekilde kaydedilmesi hedeflenmiştir. Veri toplama aşamasında toplam 15 istasyon noktası kurulmuş ve bu noktalar arasında %60 oranında örtüşme sağlanmıştır. Bu yaklaşım, verilerin doğruluğunu artırmak ve tarama sonuçlarının birleştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla tercih edilmiştir. İstasyonların konumları, cihazın optimum görüş alanına sahip olacağı ve yapının tüm detaylarının kaydedilebileceği şekilde belirlenmiştir. Tarama süreci sırasında çevresel gürültü veya hareketli nesnelere gibi gereksiz veriler kaydedilmiştir ancak bu veriler veri işleme aşamasında temizlenmiştir.

Tarama işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen ham veriler FARO Scene yazılımına aktarılmıştır. Burada, nokta bulutları arasında bağlantılar buluttan buluta (cloud-to-cloud) yöntemiyle oluşturulmuş ve ± 5.6 mm hassasiyet sağlanmıştır. Nokta bulutu verileri arasında bağlantı sağlanırken örtüşen alanlardan alınan yüzey verileri referans olarak kullanılmıştır. Ayrıca, tarama sırasında kaydedilen yapıya ait olmayan gereksiz ve dağınık veriler (örneğin, çevresel gürültü veya hareket eden nesnelere) titizlikle temizlenmiştir. İşlemin son aşamasında, işlenmiş nokta bulutu (Şekil 2) verilerinden ortofoto görüntüleri üretilmiştir.



Şekil 2. Yapının farklı açılardan yoğun nokta bulutu görseli.

Bu görüntüler, restorasyon ve restitüsyon projeleri için temel veri kaynağı olarak kullanılmış ve yapının mevcut durumunun hassas bir şekilde analiz

edilmesini sağlamıştır. Bu süreçte, arazi çalışmaları 200 dakika, veri işleme aşaması ise 130 dakika sürmüştür. Lazer tarama teknolojisi sayesinde, yapının ayrıntılı ve hızlı bir şekilde belgelenmesi sağlanmıştır.

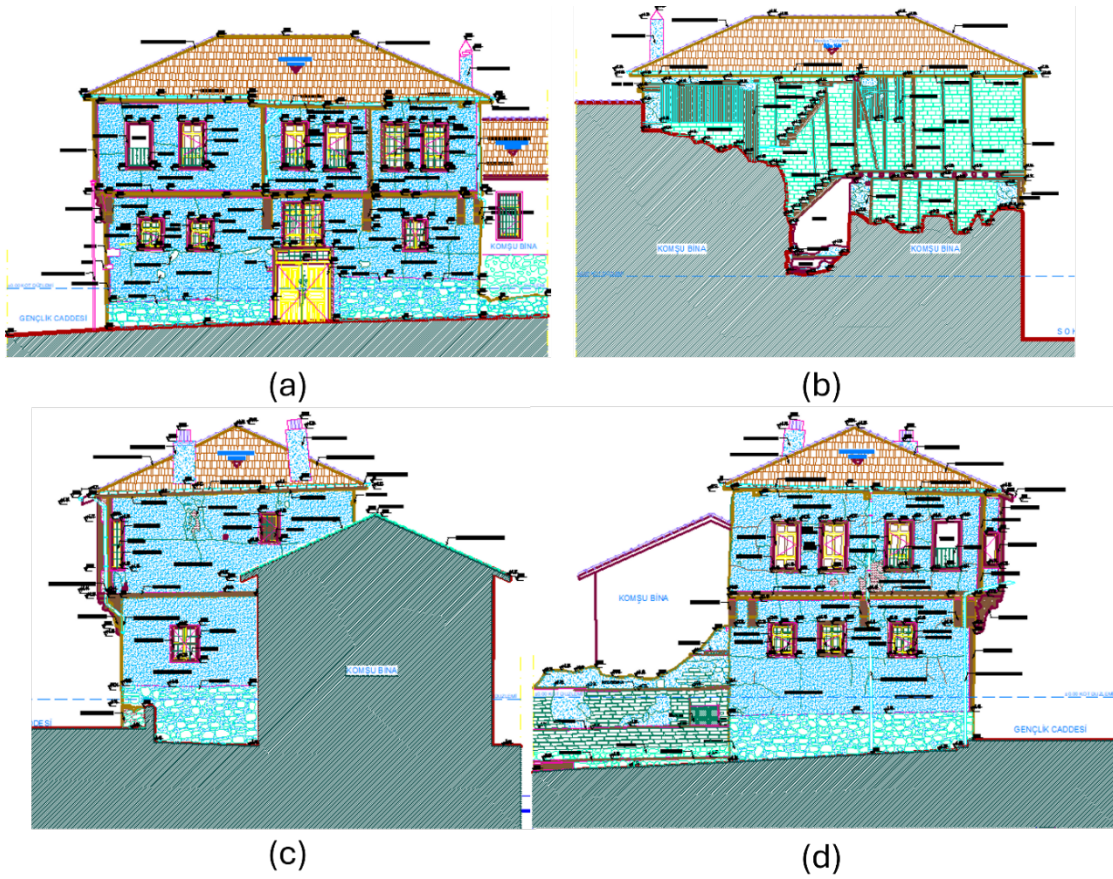
2.4. Ortofoto Üzerinden Çizim Tekniği

Ortofoto görüntüleri, tarama sırasında elde edilen nokta bulutu verilerinin, eğim, dönüklük ve yükseklik farklılıklarından kaynaklanan hataların düzeltilmesiyle elde edilen, geometrik doğruluğu yüksek sayısal görüntülerdir (Yastıklı, 2007). Bu görüntüler hem mimari belgelenme süreçlerinde hem de mühendislik projelerinde detaylı analiz ve planlama için önemli bir veri kaynağıdır. Bu çalışmada, FARO Scene yazılımı kullanılarak ortofoto görüntüleri üretilmiştir. İşlem sırasında, ilk olarak ortofoto oluşturulacak alanı temsil eden bir düzlem tanımlanmıştır. Daha sonra, bu düzlemi temsil eden nokta bulutları ve lazer tarayıcıdan elde edilen görüntüler kullanılarak perspektiften arındırılmış bire bir ölçekli ortofoto görüntüleri elde edilmiştir. Daha sonra AutoCAD yazılımı üzerinden bu görüntüler kullanılarak hassas çizimler gerçekleştirilmiştir.

Ortofoto görüntüleri üzerinden çizim yapılırken şu adımlar izlenmiştir:

- Düzlem Tanımlama: Çizim yapılacak alanı temsil eden bir referans düzlem oluşturulmuş ve bu düzlem üzerinde projeksiyon yapılmıştır.
- Görüntülerin Dönüştürülmesi: Nokta bulutu verileri kullanılarak, eğim ve perspektiften arındırılmış bire bir ölçekli görüntüler elde edilmiştir.
- Detaylı Ölçümler: Yapının cephe ve plan detaylarının ölçümleri hassas bir şekilde alınmış, çizimler bu ölçümlere dayandırılmıştır.
- Eksik Alanların Belirlenmesi: Tarama sırasında erişilemeyen veya tanımlanamayan alanlar, yaklaşık değerlerle tamamlanmış ve kesikli çizgilerle ifade edilmiştir.

Şekil 3, ortofoto görüntü üzerinden yapılan kuzey, güney, batı ve doğu cephelerine ait çizimleri göstermektedir. Bu çizimler, yapının mevcut durumunun belgelenmesi ve restorasyon projelerine temel oluşturması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Ortofoto tekniği hem görsel doğruluk hem de zamandan tasarruf sağlaması nedeniyle, mimari belgelenme ve restorasyon süreçlerinde giderek daha fazla tercih edilen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 3. Cephe görünüş çizimleri; kuzey cephe (a), güney cephe (b), batı cephe (c), doğu cephe (d).

3. Bulgular

Bu çalışmada, YLT teknolojisi kullanılarak tarihi bir yapının mevcut durumu detaylı bir şekilde belgelenmiş ve analiz edilmiştir. Çalışmada elde edilen nokta bulutları ve ortofoto görüntüleri, yapının genel durumu, malzeme bozulmaları ve geometrik özellikleri hakkında kapsamlı bilgiler sağlamıştır. Yapının dış cephelerinde sıva dökülmeleri, rutubet izleri ve taş duvarlarda derz boşalmaları gibi sorunlar gözlemlenmiştir. Pencerelerin doğrama ve çerçeve elemanlarında deformasyon, renk solmaları ve çatlamlar dikkat çekmiş; çatı kaplamalarında kiremit kırılmaları ve ahşap iskeletten kaynaklanan deformasyonlar belirlenmiştir. İç mekânlarda yapılan incelemelerde, ahşap kirişli tavanlarda yangın izleri ve çürümeler kaydedilmiştir. Sofa alanında sıva çatlakları ve dökülmeler gözlemlenirken, odalarda bulunan yüklük, dolap ve ocak gibi özgün mimari elemanlarda ciddi deformasyonlar ve aşınmalar tespit edilmiştir. Pencereler ve kapılar gibi ahşap elemanlar zamanla aşırı yıpranmış, menteşe ve bağlantı noktalarında yapısal problemler ortaya çıkmıştır. Çatı kesitlerinde ise ahşap çatı iskeletinde çürümeler, kiremit kaplamalarda ise yer değiştirme ve kırılmalar görülmüştür.

Elde edilen nokta bulutları ve ortofoto görüntüleri, yapının geometrik doğruluğunu hassas bir şekilde ortaya koymuş; bozulmaların mekânsal dağılımını ve

yoğunluğunu net bir şekilde göstermiştir. Özellikle cephelerdeki sıva dökülmeleri, rutubet kaynaklı bozulmalar ve taşıyıcı elemanlardaki deformasyonlar dijital veriler üzerinden analiz edilmiştir. Ortofoto görüntüleri, yapının cephe detaylarını ve bozulmalarını üç boyutlu bir perspektifle belgeleyerek restorasyon sürecine yönelik önemli veriler sağlamıştır.

Şekil 1, yapının ön ve sağ cephe görünümünü detaylandırmış ve dış cephelerdeki genel sorunları ortaya koymuştur. Cephe sıvalarında dökülmeler, boya aşınmaları ve rutubet izleri dikkat çekerken, taş duvarlarda derz boşalmaları ve yüzey bozulmaları belirgin hale gelmiştir. Pencere doğramalarında deformasyon ve renk solmaları; çatı saçaklarında ise malzeme kayıpları ve yıpranmalar gözlemlenmiştir. Bu bulgular, yapının dış yüzeylerinde çevresel etkilerin ve zamanın yol açtığı aşınmaları net bir şekilde ortaya koymuştur.

Şekil 2, yapının farklı açılardan oluşturulan nokta bulutu görsellerini sunmuş ve yapının geometrik doğruluğunu detaylı bir şekilde analiz etmeyi mümkün kılmıştır. Cepheler arasındaki yükseklik farklılıkları, taşıyıcı elemanlarda meydana gelen oturma izleri ve ahşap elemanlardaki çürümeye izleri bu görseller aracılığıyla belgelenmiştir. Ayrıca, kiremitlerdeki deformasyonlar ve çatlaklar nokta bulutu üzerinden hassas bir şekilde ölçülmüştür.

Şekil 3, kuzey, güney, batı ve doğu cephelerine ait çizimleri kapsamaktadır. Kuzey cephede sıva

dökülmeleri ve yoğun su izleri görülürken, güney cephede pencere çerçevelerinde deformasyon ve ahşap elemanlarda aşınma tespit edilmiştir. Batı cephede taş duvarlarda derz kayıpları ve yüzey bozulmaları belirginleşmiş; doğu cephede ise çatı saçaklarının su sızdırma nedeniyle ciddi şekilde hasar gördüğü belgelenmiştir. Bu cephe analizleri, yapının bozulma alanlarını mekânsal olarak net bir şekilde ortaya koymuştur.

Şekil 4, yapının iç mekân detaylarını ve tavan çizimlerini içermektedir. Sofa alanında sıva çatlakları ve dökülmeler yaygın olarak gözlenmiştir. Oda içlerindeki yüklük, dolap ve ocak gibi özgün mimari elemanlarda ciddi deformasyonlar ve malzeme kayıpları tespit edilmiştir. Ahşap yüzeylerdeki renk solmaları ve mekanik aşınmalar, iç mekânda çevresel etkilerin ve yetersiz bakımın zararlarını açıkça ortaya koymaktadır. Tavan kirişlerindeki yangın izleri ve çürümeler, yapı elemanlarının ciddi ölçüde zarar gördüğünü göstermiştir.

Şekil 5, çatının kesit detaylarını ve deformasyonlarını detaylandırmıştır. Ahşap çatı iskeletinde çürümeler, yük taşıma kapasitesinde azalmalar ve kiremit kaplamalardaki kırılmalar net bir şekilde belgelenmiştir. Çatı saçaklarının su sızdırma nedeniyle deformasyona uğradığı ve bu durumun yapının genel dayanıklılığını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Şekil 6'da yer alan ortofoto görüntüleri, yapının genel bozulma alanlarını hassas bir şekilde analiz etmeye olanak tanımıştır. Ortofoto verileri, sıva dökülmeleri, taş ve kerpiç dolgularındaki çatlaklar ve deformasyonların mekânsal dağılımını açık bir şekilde ortaya koymuştur. Özellikle perspektif hatalarından arındırılmış görüntüler, cephe detaylarının doğruluğunu sağlamış ve restorasyon planlamasında kullanılacak önemli bir kaynak oluşturmuştur.

Elde edilen tüm bu bulgular, yapının mevcut durumu ve bozulma alanları hakkında kapsamlı bir bilgi sunmuştur. YLT teknolojisi ile üretilen veriler, restorasyon süreçlerinde bozulma alanlarının önceliklendirilmesini sağlamış ve özgün dokunun korunması için gereken müdahalelerin planlanmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, nokta bulutları ve ortofoto görüntüler üzerinden üretilen cephe, plan ve kesit çizimleri, yapı elemanlarının detaylı analizi için temel bir araç olarak kullanılmıştır.

Sonuç olarak, YLT teknolojisi, tarihi yapıların hassas bir şekilde belgelenmesini ve restorasyon süreçlerine yönelik doğru müdahalelerin planlanmasını mümkün kılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, YLT'nin mimari koruma projelerinde geleneksel yöntemlere kıyasla üstün bir çözüm sunduğunu göstermiş ve bu teknolojinin tarihi yapıların korunmasında vazgeçilmez bir araç olduğunu kanıtlamıştır.

4. Kısıtlama ve Eksiklikler

Bu çalışma, YLT teknolojisinin tarihi yapıların belgelenmesindeki etkinliğini ortaya koymuş olsa da bazı kısıtlama ve eksiklikler barındırmaktadır. Öncelikle, kullanılan teknolojinin belirli çevresel faktörlerden etkilenmesi önemli bir sınırlama olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarama sırasında ışık, sıcaklık ve hava koşulları gibi çevresel değişkenler, verilerin kalitesini ve tarama süresini etkilemiştir. Ayrıca, bazı dar alanlara ve yüksek noktalara erişimde yaşanan zorluklar, eksik veri toplanmasına yol açmıştır. Özellikle çatı bölgeleri ve erişimi zor iç mekân alanları gibi bölgelerde, yaklaşık değerler kullanılarak analiz yapılmak zorunda kalmıştır.

Yapının belirli bölümlerinde gözlemlenen deformasyonlar ve eksiklikler de çalışmayı sınırlayan faktörlerden biri olmuştur. Ahşap kirişler, çatı kaplamaları ve pencere doğramalarındaki ciddi malzeme kayıpları, özgün detayların belgelenmesini zorlaştırmıştır. Bu durum, dijital modellerde eksik alanların tahmini olarak doldurulmasını gerektirmiştir. Bununla birlikte, nokta bulutlarının işlenmesi ve ortofoto görüntülerin üretilmesi sırasında karşılaşılan büyük veri işleme yükü, sürecin zaman alıcı ve yoğun bir yapıda ilerlemesine neden olmuştur.

Çalışmada yalnızca YLT teknolojisi kullanılmış ve diğer belgelenme yöntemleriyle (örneğin fotogrametri) karşılaştırma yapılmamıştır. Bu durum, farklı yöntemlerin sonuçlar üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sınırlandırmıştır. Ayrıca, çalışma, yapının mevcut durumunun belgelenmesine odaklanmış olup, restorasyon ve restitüsyon süreçlerine dair öneriler teorik düzeyde kalmıştır. Bu süreçlerin uygulama sonuçlarına dair bir değerlendirme yapılmamıştır.

Yapının zaman içindeki değişimlerini anlamak için periyodik veri toplama işlemleri gerçekleştirilmemiştir. Tek seferlik tarama sonuçlarına dayalı analizler, bozulma süreçlerinin dinamik değerlendirilmesini kısıtlamaktadır. Bunun yanı sıra, yapı malzemelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair kapsamlı bir analiz yapılmamış; örneğin ahşap elemanların nem oranı veya taş malzemenin mikroyapısal bozulmaları incelenmemiştir. Çevresel etkilerin (örneğin iklim, nem ve sıcaklık değişimleri) yapının bozulmalarına katkısı dijital modellerde ele alınmamış ve bu faktörlerin etkisi derinlemesine analiz edilememiştir.

Son olarak, çalışmada yapının tarihi ve kültürel bağlamına dair detaylı bir değerlendirme eksik kalmıştır. Yapının inşa edildiği dönem ve bölgenin mimari özellikleri ile kültürel etkiler daha kapsamlı bir şekilde ele alınabilirdi. Bu eksiklik, çalışmanın yapıyı yalnızca fiziksel bir nesne olarak değerlendirmesine

neden olmuş; sosyal ve kültürel bağlamın katkılarını sınırlı bir şekilde yansıtabilmiştir.

Tüm bu kısıtlamalar ve eksiklikler, çalışmanın sonuçlarının daha geniş bir bağlamda değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Gelecekte, farklı belgelenme yöntemleri ile çok disiplinli yaklaşımlar kullanılarak bu eksikliklerin giderilmesi, tarihi yapıların belgelenmesi ve korunmasında daha kapsamlı bir bilgi sunabilir.

5. Sonuçlar

Yersel lazer tarayıcı teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, tarihi yapıların belgelenmesinde ve restorasyon süreçlerinin planlanmasında modern tekniklerin sunduğu benzersiz avantajları açıkça ortaya koymuştur. Gündüz ilçesindeki tarihi yapı üzerinde yapılan ölçüm ve analizler, YLT'nin geleneksel yöntemlere kıyasla sağladığı yüksek hassasiyet, hız ve detay seviyesi ile öne çıktığını göstermiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen 3B nokta bulutu ve ortofoto görüntüleri, yapının mimari detaylarının dijital olarak belgelenmesini sağlamış; bu veriler üzerinden hassas plan, kesit ve görünüş çizimleri üretilmiştir. Yapının mevcut durumu detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve şu bulgular öne çıkmıştır: duvarlarda sıva dökülmeleri, kerpiç dolguda malzeme kayıpları, ahşap elemanlarda çürümeler ve çatıda deformasyonlar. Bu bozulmaların mekânsal dağılımı ve yoğunluğu, yapı elemanlarının korunmasına yönelik müdahale planlarının hazırlanmasında kritik bir rol oynamıştır.

Sonuç olarak, YLT teknolojisi, tarihi yapıların belgelenmesinde ve restorasyon projelerine yönelik altlık oluşturulmasında vazgeçilmez bir araç olduğunu kanıtlamıştır. Çalışmada elde edilen veriler, yapıların mevcut durumlarının doğru bir şekilde belgelenmesini ve özgün özelliklerinin korunmasını sağlamıştır. Ayrıca, bu teknolojinin sunduğu detay seviyesi, restorasyon sürecinde yapılacak müdahalelerin planlanmasını daha verimli ve isabetli hale getirmiştir.

Bu çalışma, YLT teknolojisinin yalnızca tarihi yapıların belgelenmesinde değil, aynı zamanda restorasyon ve restitüsyon süreçlerinde geleneksel yöntemlerle entegre olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Gelecekte, bu teknolojinin diğer modern yöntemlerle birleştirilmesi, tarihi yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

Gelecekte, YLT teknolojisinin etkinliğini artırmak için periyodik veri toplama ve izleme çalışmaları önerilmektedir. Bu yapıların bozulma süreçlerini dinamik bir şekilde anlamayı ve koruma stratejilerinin daha iyi planlanmasını sağlayabilir. YLT'nin İHA tabanlı fotogrametri, termal görüntüleme ve

multispektral analiz gibi yöntemlerle entegre edilmesi, bozulma nedenlerinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır.

Ayrıca, yapı malzemelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair analizlerin yapılması, bozulma süreçlerini daha iyi anlamayı sağlayabilir. Çevresel etkilerin modellendiği çalışmalar, restorasyon planlamalarında daha etkili stratejiler geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Bunun yanında, tarihi yapıların kültürel ve tarihi bağlamlarının derinlemesine ele alınması, restorasyon süreçlerine bütüncül bir bakış açısı kazandıracaktır.

Son olarak, YLT teknolojisinin kullanımı konusunda uzmanlara yönelik eğitimlerin yaygınlaştırılması, bu teknolojinin daha geniş bir uygulama alanında etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir.

Yazarların Katkısı

Seda Nur Gamze Hamal: Yazılım, Saha Çalışması, Metodoloji, Modelleme, Yazım;
Ali Ulvi: Kontrol, Analiz, Yazım.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışma da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Alikhodja, N., Zeglache, H., & Bousnina, M. (2023). Remote sensing method (TLS) in architectural analysis and constructive pathology diagnosis. *Research Square*.
- Buckley, S. J., Howell, J. A., Enge, H. D., & Kurz, T. H. (2008). Terrestrial laser scanning in geology: Data acquisition, processing and accuracy considerations. *Journal of the Geological Society*, 165(3), 625–638. <https://doi.org/10.1144/0016-76492007-100>
- Carbonara, G. (2012). An Italian contribution to architectural restoration. *Frontiers of Architectural Research*, 1(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2011.11.001>
- 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.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0020-6>
- Kabadayı, A. (2023a). Kültürel Mirasın Dijital Arşivlenmesi: Emirci Sultan Türbesi ve Camii Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(2), 82-88.
- Kabadayı, A. (2023b). Yersel lazer tarama yöntemi ile rölove ve restitüsyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(1), 17–25.
- Kabadayı, A., & Erdoğan, A. (2022). Application of terrestrial photogrammetry method in cultural heritage studies: A case study of Seyfeddin Karasungur. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(2), 62-67.
- Karasaka, L., & Beg, A. A. R. (2021). Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi. *Geomatik*, 6(1), 54–60. <https://doi.org/10.29128/geomatik.646415>
- Lemmens, M., & Lemmens, M. (2011). Terrestrial laser scanning. *Geo-information: Technologies, Applications and the Environment*, 101–121. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1667-4_5
- Li, Z., Liu, J., Dong, Y., Hou, M., & Wang, X. (2024). From data acquisition to digital reconstruction: Virtual restoration of the Great Wall's Nine Eyes Watchtower. *Built Heritage*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s43238-023-00068-9>
- Lichti, D. D., & Gordon, S. J. (2004). Error propagation in directly georeferenced terrestrial laser scanner point clouds for cultural heritage recording. In *Proceedings of FIG Working Week* (pp. 22–27). Athens, Greece.
- Liu, J., & Li, B. (2024). Terrestrial laser scanning (TLS) survey and building information modeling (BIM) of the Edmund Pettus Bridge: A case study. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 379–386. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W4-2024-379-2024>
- Pfeifer, N., & Briese, C. (2007). Geometrical aspects of airborne laser scanning and terrestrial laser scanning. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(3/W52), 311–319.
- Roggero, M., & Diara, F. (2024). Multi-sensor 3D survey: Aerial and terrestrial data fusion and 3D modeling applied to a complex historic architecture at risk. *Drones*, 8(4), 162. <https://doi.org/10.3390/drones8040162>
- Rossi, A., Giner, S. L., & Barsanti, S. G. (2024). Digital twins for contemporary restoration of the Solimene Factory. In *Contemporary Heritage Lexicon: Volume 1* (pp. 249–265). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26708-1_20
- Savaş, S., Acar, E., & Acar, D. (2024). A project management model for architectural restoration projects. *International Journal of Construction Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/15623599.2024.1123451>
- Solla, M., Maté-González, M. Á., Blázquez, C. S., Lagüela-López, S., & Nieto, I. M. (2024). Analysis of structural integrity through the combination of non-destructive testing techniques in heritage inspections: The study case of San Segundo's Hermitage (Ávila, Spain). *Journal of Building Engineering*, 89, 109295. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.109295>
- Sturzenegger, M., & Stead, D. (2009). Close-range terrestrial digital photogrammetry and terrestrial laser scanning for discontinuity characterization on rock cuts. *Engineering Geology*, 106(3–4), 163–182. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.03.006>
- Uzun, T. İ., & Spor, Y. (2019). Yersel lazer (nokta bulut) tarama yöntemi ile rölove–restitüsyon-restorasyon projesi hazırlama süreci ve bir örnek: Elazığ Harput Kale Hamamı. *Tasarım+ Kuram*, 15(28), 1–26.
- Willkens, D. S., Liu, J., & Alathamneh, S. (2024). A case study of integrating terrestrial laser scanning (TLS) and building information modeling (BIM) in heritage bridge documentation: The Edmund Pettus Bridge. *Buildings*, 14(7), 1940. <https://doi.org/10.3390/buildings14071940>
- Xie, K., Zhang, Y., & Han, W. (2024). Architectural heritage preservation for rural revitalization: Typical case of traditional village retrofitting in China. *Sustainability*, 16(2), 681. <https://doi.org/10.3390/su16020681>
- Yastikli, N. (2007). Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 423–427. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.003>



© Author(s) 2024.

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