



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Tarihi Yapıların 3 Boyutlu Belgelenme Sürecinde Nokta Bulutu Yönteminin Rolü: Yaylak Ulu Camii Örneği

The Role of Point Cloud Method in The 3 Dimensional Documentation of Historical Buildings: Yaylak Ulu Mosque

Yazar (Author): Kadir ÇALIŞIR¹

¹ ORCID ID: 0000-0002-5249-110X

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Çalışır K. “Tarihi Yapıların 3 Boyutlu Belgelenme Sürecinde Nokta Bulutu Yönteminin Rolü: Yaylak Ulu Camii Örneği”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(3): 212-219, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Tarihi Yapıların 3 Boyutlu Belgeleme Sürecinde Nokta Bulutu Yönteminin Rolü: Yaylak Ulu Camii Örneği

Kadir ÇALIŞIR

Harran Üniversitesi Rektörlüğü, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Osmanbey Yerleşkesi, Şanlıurfa

Makale Bilgisi

Başvuru: 17/09/2021

Yayın: 30/12/2021

Anahtar Kelimeler

LiDAR

Nokta Bulutu

3 Boyutlu Belgeleme

Keywords

LiDAR

Point Clouds

3D Heritage

Öz

Tarihi yapıların üç boyutlu belgeleme yöntemleri arasında, hızlı ve doğru veri elde etme özellikleriyle Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme (Light Detection and Ranging - LiDAR) sistemleri giderek ön plana çıkmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile birlikte özellikle son yıllarda öğrenimi kolay ve kullanıcı dostu ara yüzleri destekleyen yazılımların sayıları giderek artmaktadır. Korunması gereken taşınmaz kültür varlıkları kapsamında olan tarihi yapıların belgeleme sürecinde yersel lazer tarama (YLT) sisteminin kullanılması, karmaşık yapıların kısa sürede modellenmesi için umut verici bir teknolojidir.

Bu çalışma kapsamında taşınmaz kültür varlıkları olarak değerlendirilen tarihi eserlerin belgelemenin önemi, bu belgeleme sürecinde kullanılan yöntemlerden biri olan yersel lazer tarama sisteminin neden tercih edildiği ve sistem hakkında geniş bir bilgi verilmektedir. Yersel lazer tarama sistemleri ile elde edilen nokta bulutları ile Şanlıurfa ili Bozova ilçesine bağlı Yaylak beldesinde yer alan tarihi Yaylak Ulu Camii'nin 3 boyutlu modeli çıkarılarak belgeleme yapılmıştır. Yaylak Ulu Camii'nin 3 boyutlu modelinin oluşturulma sürecinde YLT sistemi ile elde edilen nokta bulutları, ortofoto görüntü verileri kullanılmış olup SCENE yazılımından yararlanılarak 3 boyutlu model oluşturulmuştur.

The Role of Point Cloud Method in The 3 Dimensional Documentation of Historical Buildings: Yaylak Ulu Mosque

Abstract

LiDAR (Light Detection and Ranging) systems are increasingly standing out among the three-dimensional certification methods of historical buildings with their fast and accurate data acquisition features. With the development of technology, the number of interfaces that are easy to learn and user-friendly and the software that supports these interfaces has been increasing in recent years. The use of terrestrial laser scanning system in the documentation process of historical buildings that are within the scope of immovable cultural assets that need to be protected is a promising technology for modeling complex structures in a short time. Within the scope of this study, the importance of documenting the historical monuments which are evaluated as immovable cultural assets, reason for preference of the terrestrial laser system, which is one of the methods used in this documentation process, and a wide information about the system is given. With the point clouds obtained by terrestrial laser systems, the 3D model of the historical Yaylak Ulu Mosque, located in the town of Yaylak in the Bozova district of Şanlıurfa province, was created and documented. In the process of creating the 3D model of Yaylak Grand Mosque, point clouds, orthophoto image data obtained by terrestrial laser system and SCENE software were used.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Korunması gereken taşınmaz kültür varlıkları olarak tanımlanan tarihi eserleri, anıtsal eserler ve sivil mimarlık eserleri olmak üzere iki grupta sınıflandırmak mümkündür. Anıtsal eserlerin ve sivil mimarlık

eserlerinin ortak olan temel özelliği inşa edildikleri dönemin yapım tekniklerini, sosyo-kültürel yaşamını, dönemin sanatsal ve estetik özelliğini yansıtabilmesidir.

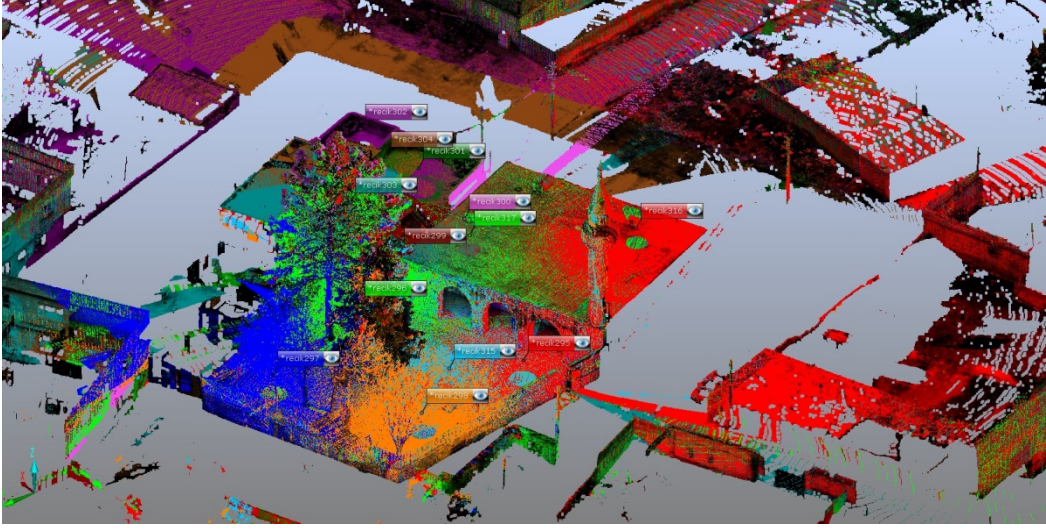
Tarihi eserler, yapıldıkları dönemde her ne kadar çok kaliteli malzeme kullanılarak inşa edilmiş olsalar dahi, zamanla çeşitli nedenlerden dolayı değişik seviyelerde yapı hasar görür. Oluşan bu hasarlardan dolayı tarihi eserlerin korunması ve yapının ömrünün uzatılması için yapılan tamirler, restorasyon fiili olarak gerçekleştirilir. Tarihi yapılarda uygulanan restorasyon işlemlerinde, yapının eski fonksiyonunun devam ettirilmesi ya da yeni bir fonksiyon kazandırılırken yapının kullanımının elde edilmesi koruma kültürünün çok önemli hedeflerinden biridir. Tarihi yapılarda yapılacak olan restorasyon işlerinin mimari niteliği diğer bir tanımla proje boyutu üç aşamadan oluşmaktadır. Bu üç aşamadan ilki, bir yapının kent dokusunu ya da yapının arkeolojik, mimarlık tarihi açısından incelenmesi, ikinci olarak yapıdaki taşıyıcı sistemi ile yapının iç ve dış mimarisine ait mevcut durumun ölçekli bir şekilde anlatımı olan rölöve çizimleri ve son olarak yapının belgelenmesidir [1]. Bu çalışma kapsamında kültürel miras çalışmaları ile mimari ve arkeolojik alanları da kapsayan günümüzde artarak yaygınlaşan tarihi yapıların belgelenmesinde, lazer tarama sistemi olan Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme (Light Detection and Ranging – LiDAR) sistemleri ile elde edilen nokta bulutu verileri kullanarak Şanlıurfa ilinin Bozova ilçesine bağlı Yaylak beldesinde bulunan, Şanlıurfa Kültür Varlıklarını Koruma Müdürlüğü tarafından yapılan tespitlere göre 275 yıllık bir yapı olduğu belirlenen Yaylak Ulu Camii üzerinde bir uygulama gerçekleştirilerek yapının 3 boyutlu modelinin elde edilmesi sağlanmıştır.

LiDAR, İngilizce bir kelime olan “Light Detection And Ranging” kısaltılmasıdır. LiDAR sistemleri temel olarak obje ve sensor arasında gidip gelen ışının süresini ölçerek mesafe hesaplanması işlemine dayanmaktadır. 3 boyutlu lazer tarama sistemi milyonlarca nokta bulutu oluşturarak katı model oluşturmada kolaylıklar sağlamaktadır [2]. Havadan ve karadan lazer taraması yapabilen bir çalışma prensibine sahiptir. Havadan tarama yapan LiDAR sistemleri Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System - GPS), Eylemsizlik Ölçümü Birimi (Inertial Measurement Unit - IMU) ve dahili bir bilgisayardan oluşurken, karadan tarama yapan LiDAR sistemlerinde IMU bulunmaz. Havadan yapılan lazer taramalarında GPS hava aracının anlık coğrafi koordinatını alır ve IMU sistemi ise dikey eksene göre konum bilgilerini alarak lazer taraması ile elde edilen bilgiler dahili bilgisayarda eşleştirilir. Karadan yapılan lazer taramalarında aynı şekilde GPS sistemi kullanılarak coğrafi koordinatlar belirtilir, ancak sistem sabit bir üç ayak (tripot) üzerinde bulunduğu için dikey konum coğrafi koordinatlarını alan IMU sistemine ihtiyaç duymaz [3].

Havadan lazer tarama sistemi (Airborne laser scanning - ALS) ve yersel lazer tarama (YLT) sistemleri kullanılarak literatürde 50 civarında farklı uygulamalar için LiDAR verileri kullanılmaktadır [8]. LiDAR teknolojisinin başlıca kullanım alanlarının bir kısmı şunlardır;

- Tarım: tarım alanlarındaki eğimi ve güneşlenme alanlarını belirlemek için Lidar tabanlı yükseklik modellerinden faydalanılmaktadır.
- Orman yönetimi: orman planlama ve yönetiminde Lidar ile elde edilen düşey konum verileri kullanılıp orman bio-kütle hacimleri, ağaç sayıları ve de ağaç tiplerini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Ulaşım: Lidar verilerinden yararlanılarak mevcut yolların durum tespiti yapıp yol ve çevre modellemesi, yeni yapılacak yolların planlanması (güzergah, eğim ve kurp hesapları vb.).
- Sel risk analizleri ve akarsu izleme: Lidar teknolojisinden elde edilen veriler ile yükseklik modeli kullanılarak eğim ve topografya incelenerek su akış çizgileri belirlenmekte, bu veriler doğrultusunda akarsu ilerleme yönü gibi analizler yapılarak afet planlamasına katkı sağlamaktadır.
- Arkeoloji: görüntü tabanlı verilerle elde edilen görüntülerde bitki örtüsünden dolayı topografyayı etkileyen arkeolojik kalıntılar görülememektedir. Lidar sistemi ile bitki altı yüzeyleri olduğundan arkeologların topografyayı algılamasında önemli role sahiptir.
- Mevcut yapıların modellenmesi: Lidar sistemi ile elde edilen nokta bulutları ile son yıllarda mevcut tarihi yapıların rölöve ya da mevcut yapının 3 boyutlu görüntüsü sağlanmaktadır.
- Sayısal Yükseklik Modeli (SYM): bitkilerin ve insanlar tarafından yapılan objelerin çıkarılarak geriye kalan yeryüzü yükseklik değerleri içeren sayısal görüntülerdir [9].

Bu çalışma kapsamında kullanılan yersel lazer tarama teknolojisi, genel anlamda çok sayıda koordinatlı noktaların oluşturmuş olduğu nokta bulutunun (şekil 1) meydana getirdiği verilerle, elde edilmek istenen obje veya objelerin herhangi bir fiziksel temasta bulunulmadan 3 boyutlu tarama uygulamaları yapılabilen işlemlerdir.



Şekil 1. YLT Yöntemi ile elde edilen nokta bulutu.

Lazer tarayıcı sistemlerle 3 boyutlu görselleştirme, sanal gerçeklik, madencilik, ormancılık, tıbbi görüntüleme, şehir modellenmesi, arkeoloji, mimarlık ve kültür varlıklarının sayısal belgelenmesi vb. kullanılabilir. 3 boyutlu lazer tarayıcılar eğik mesafe ile birlikte yatayda ve düşeyde de nokta bulutlarını hedefe göndererek lazer ışınıyla seçilebilir bir grid (karelere bölmek) yoğunluğuna göre tarayıp, kısa sürede binlerce 3 boyutlu vektör oluşturmaktadır. Taranan cisimler 3 boyutlu koordinat uzayında büyük bir grid formunda gösterilmektedir. Bu sebepten dolayı 3 boyutlu lazer tarayıcılara 1:1 sayısallaştırıcı da denilmektedir [10].

Kullanılmakta olan tarayıcı özellikleri nokta mesafesine göre nokta bulutu renkli veya bir yoğunluk değeri gösterilebilir. Lazer tarama işlemi boyunca, istenen mesafe ve perspektifte döndürülebilmektedir. Aynı zamanda Uygun olmayan gürültü noktaları elimine edilebilmektedir [11]. Yersel lazer taraması ile elde edilen nokta bulutu veri tabanında oldukça büyük bir yer kaplamaktadır. Bu sebepten dolayı bu verilerin 3 boyutlu modellenmesi önemlidir [12].

Lazer tarama teknolojisi kullanılarak objelerin 3 boyutlu koordinatlarının elde edilebilmesi için farklı işlem çalışma prensibine sahip tarayıcılar kullanılmaktadır. Bunlar üçgenleme, faz karşılaştırması ve lazer ışını gidiş geliş zamanı ile yapılan işlemlerdir. [13]. Üçgenleme metot uygulamalarında küçük objelerin taranmasında kolaylık sağlarken, geniş alanlarda örneğin arkeolojik yerlerde, tarihi yapılarda, ormanlık yerlerde faz karşılaştırmalı ve lazer gidiş geliş zamanı ile işlem yapabilen tarayıcılar kullanılmaktadır [14].

Yersel lazer tarayıcı ile yapılan taramalarda şu avantajlar ve dezavantajlar görülmüştür [15],[16],[20].

- Yersel lazer tarayıcılar, kapsamlı bir ölçüm sunabilmektedir
- Ölçme alanını belirli periyotlarla tamamen ve eksiksiz ölçebilmesi
- Çok karışık ve ulaşılması zor ve tehlikeli olan, geleneksel ölçüm tekniklerinin yetersiz olduğu yerlerde ölçüm yapabilmesi
- Gerçek renkli görüntü üretebilmesi
- Hızlı ve objelere dokunmadan ölçüm alabilmesi
- Tarama işlemi sırasında çevre aydınlatmasından bağımsız ve gece bile tarama yapması

- Yüzeylerin çok fazla yansıtıcı özelliği bulunduğu, elde edilen nokta bulutunun doğruluğunu ve tamlığını etkileyebilmektedir.
- Veri işlenirken bazen yardımcı görüntülere (fotoğraf vb.) ihtiyaç duyulabilmektedir.
- Milyonlarca nokta bulutunu içerisinde saklayan metin dosyaları oldukça büyük boyutlardadır bu da veri tabanında büyük bir yer kaplamaktadır [7].

Bu çalışma kapsamında tarihi Yaylak Cami'nin 3 boyutlu belgeleme işlemlerinde YLT yöntemi kullanılmıştır. YLT yöntemiyle elde edilen nokta bulutu verileri milimetrik düzeyde doğruluk sağladığı için, son yıllarda mimari cephe taramalarında kullanılan bir yöntem olmaktadır. Lazer tarama cihazları ile yapılan taramalarda, geleneksel ölçme tekniğine göre daha kısa sürede ve de istenilen sıklıkta oluşturulan üç boyutlu noktalar (x,y,z konum bilgileri) sayesinde mevcut yapının 3 boyutlu görüntüsü oluşturulmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

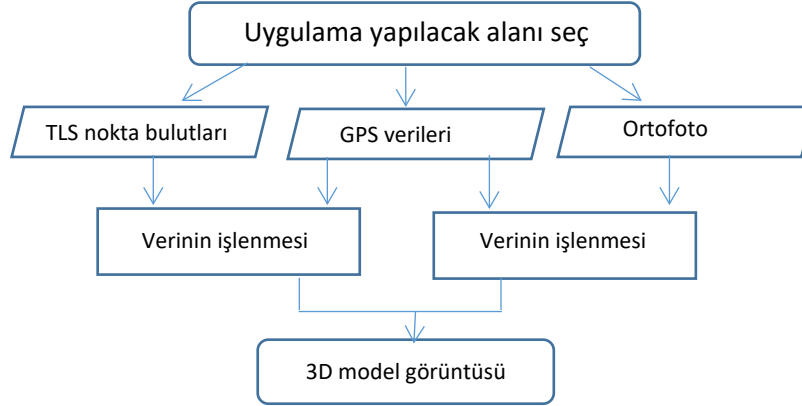
Geleneksel ölçme metotları ile kıyaslanınca LiDAR teknolojisinin daha hızlı ve de doğruluk payı yüksek olan önemli bir alternatif olarak tercih edilir konuma gelmiştir [4]. Ölçü almanın geleneksel yöntemi, eskiz ve bir ölçüm aleti kullanılarak oluşturulur. Çizimler, bir kağıda elle çizim yapılarak yapının durumu tanımlanır. Geleneksel ölçme metotlarında kullanılan aletler şerit metre, lazer mesafe ölçer, çekül hattı, menzil çubuğu ve teodolitler gibi temel ölçüm aletlerinden oluşur. Geleneksel ölçüm aletleri ile elde edilen veriler manuel (elle yapılan) olarak kaydedilmekte ve yapılan bu işlemler çok zaman almaktadır [5]. Günümüzde lazer tarama teknolojisinin kullanılmasıyla elde edilen faydalar kapsamında hızlı bir şekilde verilerin elde edilmesi, yüksek nokta yoğunluğu, 3 boyutlu görselleştirme, reflektörsüz ölçüm yapabilme, ulaşılması güç yerlere ya da güvenli olmayan yerlerde ölçüm yapabilme olanakları sunmaktadır. Klasik ölçüm yöntemlerinde noktalar genellikle köşelerden, kenarlardan ve kesişim yerlerinden alınırken, lazer tarama teknolojisiyle birbirinden milimetrik uzaklıkta yer alan noktalardan gridleme (yatay ve dikey çizgiler) yapmak olanaklıdır [6].



Şekil 2. Çalışma alanının görüntüsü.

LiDAR sistemleri üzerinde bulunan sensörlerle saniyede binlerce ışın sinyali göndererek yüzeyden tekrar geri yansıyan ışınların DGPS (Diferential Global Positioning System) ve IMU ana bileşenleri ile birlikte elde edilen veriler üç boyutlu koordinatları elde etmemizi sağlar. Sistem üzerinde bulunan bu ana bileşenlerle birlikte LiDAR nokta bulutlarını LAS (Log ASCII Standard) formatında verileri kaydetmektedir. LAS formatı ikili (binary) dosya biçimi olup, içerisinde nokta bulutlarının X,Y,Z konum bilgileri mevcuttur. [7].

Bu çalışma kapsamında uygulanan metod iki ana aşamada açıklanabilir. Şekil 3'te verilen akış şemasında olduğu gibi ilk olarak yersel lazer tarama ile nokta bulutu ve ortofoto elde edilmesi, ikinci olarak elde edilen verilerin işlenmesi.



Şekil 3. Nokta bulutundan 3D görüntü modellemesi akış şeması.

3. TARAMA YÖNTEMİNDE TERCİH EDİLEN YAZILIM VE TARAMA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Proje kapsamındaki mevcut yapıların ve çevresinde bulunan öğelerin yüzeylerinde yapılacak olan taramalarda, tarama açısı, yapının cephesinde bulunan mimari öğelerin iç bükey ve dış bükey kıvrımlarının çok net detaylandırılması proje çizimlerinde önemli bir etkidir. Bu etkenler dikkate alındığında belgeleme çalışmalarında GPS donanımına sahip, taşınması ve kullanımı kolay olan FARO Focus 3D lazer tarayıcı tercih edilmiştir. FARO Focus 3D yersel lazer tarayıcı başlıca özellikleri aşağıdaki tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. FARO Focus 3D lazer tarayıcı özellikleri [17].

Düşey/Yatay Ölçüm Açısı	300°/360°
Lazer Sınıfı	Lazer Sınıfı 1
Dalga Boyu	1550 nm
Işın Demeti Sapması	0.19 mrad
Ölçüm mesafesi	0.6m-130m
Ölçme hızı (nokta sayısı/saniye)	122000 / 244000 / 488000 / 976000
Ölçüm hatası	±2mm
Çözünürlük	70 mega pixel üstü renk

Faro Focus 3D lazer tarayıcı ve diğer 3D tarama yapan lazer tarayıcılar için geliştirilmiş Faro Scene arayüz programı ile gerçek zamanlı tarama, otomatik nesne tanıma, yapılan lazer taramalarının kaydını oluşturma, tarama verilerinin etkin bir şekilde işlenebilmesi ve yönetilebilmesi gibi teknik özelliklerine sahip bir yazılımdır [18].

Çalışma kapsamındaki yapılan uygulamada, tarama öncesi planlama çalışması, arazi çalışması ve ofis çalışması olmak üzere 3 etapta gerçekleştirilmiştir. Tarama işlemine başlamadan önce tarama yapılacak yerin ve tarama cihazının nereye konumlanması gerektiğinin planlanması yapılmıştır. Yapılan bu planlama çerçevesinde 13 ayrı noktadan tarama gerçekleşmesi tespit edilmiştir. Yapılan bir taramanın konumsal çözünürlüğü, taramanın gerçekleştiği cihazın çözünürlüğü cihazın konumsal doğruluğuna bağlıdır. İkinci etap olan arazi çalışmasında yapılacak olan Yaylak Cami'sinin 3 boyutlu modellenmesi için yersel lazer tarayıcısını ve elektronik uzaklık ölçer cihazı temin edilip cami duvarlarına hedef levhaları konulmuştur.

Yapılan taramadan sonra ofis çalışmasına geçilerek, elde edilen veriler bilgisayara yüklenmiştir. Elde edilen nokta bulutlarından 3 boyutlu modelleme yapabilmek için FARO Focus 3D laser scanner için özel hazırlanmış SCENE programı ile nokta bulutu verileri bilgisayar ortamında birleştirilmiştir. Yapılan birleştirme işleminden sonra 3 boyutlu model oluşturulmuştur.



Şekil 4. Yaylak Ulu Cami'ye ait bir kesit.

Arazi Tarama açısı olarak yatayda 360 derece, düşeyde ise 300 derece saha görüşüne sahip lazer tarayıcı ölçüm hatası olarak ± 2 mm. olarak belirlenmiştir. Ayrıca çok hızlı bir şekilde lazer tarayıcı ile elde edilen nokta bulutu tarayıcı üzerinde bulunan ara yüzle noktalar renklendirilerek gerçek görüntüye yakın sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen 3 boyutlu nokta bulutundan istenilen yerden kesit alınabilmiş (şekil 4), ve üçgen (mesh) model oluşturulmuştur (şekil 5).

Lazer tarama cihazından elde edilen 3 boyutlu nokta bulutu verileri ve lazer tarama cihazının kendi içerisinde fotoğraf çekebilmesi cephe ve yüzeyde bulunan tüm öğelerin (döşemeler, saçak, kotlar, kat silmeleri vb.) taramalarında yapı elemanlarının ölçümleri maksimum doğruluk göstermektedir[18].



Şekil 5. Yaylak Ulu Cami nokta bulutu görseli.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Nokta bulutu verilerinin tarihi alanların 3 boyutlu görüntü belgelenmesine olan katkısı ve tarihi bir yapı için yapılan belgeleme işlemleri kültür varlıklarının kayıt altına alınabilmesi, yapıdaki tahribatın o anki durumunu ortaya çıkarması, yapıdaki kullanılabilirliği değerlendirebilmek, dijital ortamda elde edilen verilerle mimari rölöve ve 3 boyutlu görüntülerin restorasyon ve restitüsyon işlemlerinde kolaylık sağlaması bakımından belgeleme işlemleri önem arz etmektedir[19]. Korunması gereken taşınmaz kültür varlıkları olarak tanımlanan tarihi, anıtsal ve sivil mimarlık eserlerinin sahip olduğu mimari özellikler geçmişten günümüze ışık tutması, tarihin izlerini geleceğe taşınması ve korunması için farklı yöntemlerle belgelenme çalışmaları yapılmaktadır. Yapılan belgeleme çalışmalarında çok fazla detay ölçüm gerekmektedir. Klasik yersel ölçüm yöntemleriyle yapılan ölçümler çok fazla zaman almaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişimine bağlı olarak yapılacak olan bu tür çalışmalarda klasik ölçüm tekniklerinin yerine lazer tarama ile yapılan çalışmalar standart bir yöntem olmaya başlamıştır [18].

LiDAR ile yapılan taramalarda milyonlarca nokta verisinin her birinin 3 boyutlu koordinatlara (x,y ve z koordinatları) sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple tarama yapılan cephelerin ve cephe çevresinde bulunan öğelerin taranan kısımları çok kısa bir süre içerisinde milyonlarca 3 boyutlu koordinat değerlerine sahip nokta bulutları bilgisayar ortamına aktarılabilir. Bilgisayar ortamına atılan bu nokta bulutları yüksek doğrulukta ve gerçek boyutlarda sayısal bir veridir. Bununla birlikte zemin kotuna göre alınan koordinatlar istenilen çizim programlarına taşıma imkanı sunar. Elde edilen bu veriler CAD, Agisoft Photoscan, vb. programlarda 3 boyutlu görüntü elde edebildiğimiz gibi bu makale kapsamında FARO Focus 3 boyutlu laser scanner için özel hazırlanmış SCENE programı kullanılıp nokta bulutu verileri bilgisayar ortamında işlenerek 3 boyutlu görüntü alınabilmektedir.

LiDAR tarama sistemi ile elde edilen nokta bulutu bilgisayar ortamında yapılan 3 boyutlu modelleme işlemlerinde, iç mekan ve dış cephelerinin mimari özelliklerini en ince detayına kadar görebilmemizi, değerlendirme ve yorumlama imkanı sağlamıştır. Klasik ölçümlerle gözden kaçabilen mimari detayları (hasar görmüş söveler, kat silmeleri vb.), nokta bulutu ile bilgisayar ortamında bu gibi hasarlar daha rahat tespit edilebilmektedir. Mevcut yapıya ait nokta bulutlarından elde edilen verilerle istenilen yerden kesit alınmıştır. Bununla birlikte lazer tarama ile çok daha hızlı ve etkin bir şekilde konum, mesafe ve yükseklik arasındaki ilişkileri bütünsel olarak değerlendirme imkanı olmuştur. Lazer tarama sayesinde yüzeye temas etmeden ölçümler alınabildiğinden, tarihi eser niteliğindeki yapılara zarar vermeden 3 boyutlu modellemesi lazer tarama teknolojisinin imkanları ile çok rahat bir şekilde gerçekleşmiştir. İlk zamanlarda lazer tarama ile sadece nokta bulutları elde edilirken, bu alandaki teknolojinin gelişmesiyle birlikte cihazlara entegre edilen yeni araçlar ve yazılımlar sayesinde renkli fotoğraflar alabilme, tarama yapılan mevcut yapıya ait mimari özellikler (kütle, hacim, renkler, dokular, malzemeler ve desenler vb.) ve mekânsal bilgiler 3 boyutlu olarak sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma kapsamı içerisinde Şanlıurfa ilimizde bulunan Cevher Mimarlık tarafından LİDAR verilerini paylaştıkları için çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Z. Ahunbay, “Tarihi çevre koruma ve restorasyon” YEM Yayınevi, İstanbul, 1999.
- [2] H. I. Senol, S. Erdoğan, M. Onal, M. Ulukavak, A. Memduhoglu, S. Mutlu, F.B. Ernst, M. Yılmaz “3d modeling of a bazaar in ancient harran city using laser scanning technique” The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W6, 2017 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October 2017, Safranbolu, Karabuk, Turkey, 2017.
- [3] N. Polat, ve M. Uysal, “Hava LiDAR Verilerinin Eğim Temelli Algoritma ile Filtreleme Performansının Araştırılması”, V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul, 2014.

- [4] X. Liu, Airborne LiDAR for DTM generation: Some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32(1), 31-49, 2008.
- [5] D. Andrews, J. Bedford, B. Blake, P. Bryan, H. Papworth, & T. Cromwell, *Measured and drawn: techniques and practice for the metric survey of historic buildings: English heritage*, 2013.
- [6] M. Akgül, H. Yurtseven, M. Demir, A.E. Akay, S. Gülci, T. Öztürk, İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları, *Journal of Faculty of Forestry Istanbul University* 66 (1), 104-118, 2016
- [7] M. Uzar Dinlemek, Otomatik Bina Çıkarımı Uygulamalarında Çoklu Algılama Sistemi Verilerinin Kullanım Olanaklarının Analizi, *Yayınlanmış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2012.
- [8] N. Polat, ve M. Uysal, Hava lazer tarama sistemi, uygulama alanları ve kullanılan yazılımlara genel bir bakış, *AKÜ FEMÜBİD* 16 (2016) 035506 (679-692) DOI: 10.5578/fmbd.41390, 2016.
- [9] D. F. Maune, *Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM user Manual*. ASPRS, 2. Baskı, Maryland, ABD, 2007.
- [10] G. Hepyörük, Tarihi Ve Kültürel Varlıkların Belgelendirilmesi ve Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulmasında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması ve Karacabey Türbesi (Ankara) Örneği, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Konya*, 2015.
- [11] F. H. Aşkın, Lazer Tarama Verileriyle 3b Obje Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi)*, 2009.
- [12] R. Cömert, ve U. Avdan, RANSAC Algoritması ile Yersel Lazer Tarayıcı Verilerinden Bina Cephelerinin Otomatik Olarak Çıkarılması, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon*, 2013.
- [13] Ç. Resul, A. Uğur, T. Muammer, ve E. Merve, Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması (Seyitgazi Askerlik Şubesi Örneği), *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2012.
- [14] F. Yaşar, *Arkeolojide Kullanılan Çizim Teknikleri*, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, (Yüksek Lisans Tezi), Kütahya*, 2013.
- [15] K. Gümüş, ve H. Erkaya, *Mühendislik Uygulamalarında Kullanılan Yersel Lazer Tarayıcı Sistemler, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, (2 –6 Nisan), Ankara*, 2007.
- [16] C. Altuntaş, ve F. Yıldız, *Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi*, *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, Sayı: 98, 2008.
- [17] <https://www.faro.com/trtr/urunler/construction-bim-cim/faro-focus>, Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- [18] L. Karasaka, & A. Beg, *Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Farklı Geometrik Yapıdaki Özelliklerin Modellenmesi*. *Geomatik*, 6(1) , 54- 60. DOI: 10.29128/geomatik.664728, 2021.
- [19] A. Ulvi, M. Yakar, A. Y. Yiğit, & Y. Kaya, İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanılarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1) , 22-30, 2020.
- [20] H. İ. Senol, A. Memduhoglu, & M. Ulukavak, *Multi instrumental documentation and 3D modelling of an archaeological site: a case study in Kizilkoyun Necropolis Area*. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1241-1250, 2020.