YERSEL LAZER TARAMA YÖNTEMİNİN MİMARİ BELGELEMEDE KULLANILMASI

Semih SAFKAN[1], Hakan HAMARAT, Zaide DURAN[2], Umut AYDAR[3], Mehmet Furkan ÇELİK[4]

[1] İTÜ, İnşaat Fak. Geomatik Müh. Böl. Ayazağa Kampüsü 34469 Maslak, İstanbul, safkan@itu.edu.tr, hamaratha@itu.edu.tr
[2] Yrd.Doç.Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, duranza@itu.edu.tr
[3] Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, aydaru@itu.edu.tr
[4] Araş.Gör. İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., 34469 Maslak, İstanbul, celikmeh@itu.edu.tr

ÖZET

Hızla gelişen teknoloji ile geleneksel ölçme yöntemleri yerini lazer tarama teknolojisine bırakmıştır. Lazer taramanın; geleneksel teknolojilere göre işgücü, hız, doğruluk, işlem kolaylığı gibi büyük üstünlükleri bulunmaktadır. Bu teknoloji tarihi yapıların dokümantasyonun yapılmasına büyük katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada; yersel lazer tarayıcıların mimari belgeleme alanında kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu binasının kuzeybatı cephesi gidiş geliş süresi (impuls) prensibine göre çalışan lazer tarayıcı kullanılarak taranmıştır. Mimari binaya ait, modelleme için kullanılacak olan 3 boyutlu konum verilerinin hızlı ve detaylı bir şekilde toplanmasını sağladığı için yersel lazer tarayıcılar bu alanda kullanılabilir.

Bu kapsamda mimari binanın kuzeybatı cephesinin rölevesi, lazer tarama tekniği ile hızlı, detaylı veri elde ederek ve tarihi dokuya zarar vermeyecek şekilde oluşturularak doğruluğu araştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yersel Lazer Tarama, Kültürel Miras Belgeleme, Röleve

ABSTRACT

With rapidly developing technology, laser scanning took the place of traditional measurement techniques. Laser scanning has the advantages of manpower, speed, accuracy, easiness of process and many more. This technology contributes to documentation of historical structures.

In this project, the northwest side of Istanbul Technical University Foreign Languages Academy structure scanned with a laser that has impulse basis, with the purpose of researching the usability of Topographic Laser Scanners in architectural documenting. Topographic Laser Scanners can be used in this workspace to gather fast and detailed 3D location data that will be used for modelling, which belongs to architectural structure. Within this framework, relievo of the northwest side of the structure has been researched with laser scanning technique which gathers fast and detailed data without causing any damage to historical pattern.

Keywords: Topographic Laser Scanning, Documenting of Cultural Heritage, Relievo

1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknoloji jeodezik ölçme tekniklerinde de etkisini göstermiştir. Klasik ölçme teknikleri yerini lazer tarama teknolojisine bırakmıştır. Bu teknoloji kullanıcıya doğrudan 3 boyutlu konum bilgisi sağlayan, doğruluğu yüksek ve klasik sistemlere göre daha hızlı ölçme yapabilmesiyle öne çıkmaktadır. Klasik ölçme tekniklerinde uzun zaman alan, ulaşılması güç veya tehlikeli bölgelerin ölçülmesinde yüksek maliyet gerektiren çalışmalar, lazer tarama tekniği ile kolayca yapılabilmektedir. Yersel lazer tarayıcılar, taranan nesneye gönderilen lazer ışını youluyla 3 boyutlu nokta koordinatları elde edebilmektedir. Lazer tarayıcılar ile

elde edilen ve nokta bulutu olarak adlandırılan bu 3 boyutlu verilerin işlenmesi ile 3 boyutlu modeller elde edilebilmektedir.

Modern üretim teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak endüstriyel ürünlerin doğru ve hızlı olarak kontrol edilmeleri gereksinimi doğmuştur. Lazer tarama teknolojisi sağladığı yoğun veri seti ve oluşturabilen 3 boyutlu modeller ile bu gereksinimi karşılamaktadır. Doğru duyarlılıkla elde edilen nokta bulutu verileri üzerinden çeşitli analizler ve yorumlar yapmak mümkündür.

Bu çalışmada öncelikle lazer tarama teknolojisi ve gelişimi hakkında bilgi verildikten sonra bu çalışmada kullanım olanakları ele alınmış, bu teknolojinin hangi yöntemlerle birlikte ve hangi doğruluklarla kullanılabileceğinden bahsedilmiştir.

Daha sonraki bölümlerde, proje ile ilgili uygulama aşamaları ve uzunluk karşılaştırılmaları ele alınmıştır.

Son bölümde ise, uygulama esnasında karşılaşılan problemler, bu problemlere getirilen çözümler, projenin sonuçları ve yapılan çalışmanın gelecekte nasıl geliştirilebileceğine dair önerilerden bahsedilmiştir.

1.1.YERSEL LAZER TARAYICI SİSTEMLER

Hızlı ve minimum giderle, bütün obje hakkında eksiksiz 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiye ulaşmak lazer tarama teknolojileri ile olmaktadır. Tarama süresinin kısalığı, elde edilen nokta sayısının fazlalığı, taranan objenin gerçek modeline uygun nokta kümelerinin elde edilişi ile son zamanlarda yersel tarama teknolojisini ön plana çıkarmıştır. Lazer tarayıcıların doğruluk araştırmasıyla ilgili pek çok metot geliştirilmiş ve sonuçları yayınlanmıştır. Bu sonuçlara göre, lazer tarayıcıların ölçü doğruluğu uzun mesafelerde (>1000m) 10cm, ışın yapısına bağlı olarak azalsa da kısa mesafelerde (<300m) ölçü hassasiyeti 1cm civarındadır (Altuntaş, C., Yıldız F. 2008). Yersel tarama teknolojisi sayesinde obje ile temas kurmadan ölçüm yapılabilmektedir. Bu teknoloji ile yüksek doğrulukla sayısal arazi modeli ve gerçek renkli görüntü üretilebilmektedir. Lazer tarama yöntemi mevcut ölçme yöntemleriyle birlikte kullanılabilir ve ölçülerin diğer ölçme verileriyle entegrasyonu sağlanabilir. Yersel lazer ölçmelerinde temel büyüklük, alet ve ölçülen nokta arasındaki mesafedir. Lazer mesafe ölçümü için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunlar; üçgenleme, faz farkı ölçümü, ışının gidiş/dönüş zamanı ölçümüdür. (Lichti D.D. ve Gordon S.J. 2004). Üçgenleme metodunda tarayıcı, mekanik aletin bir ucundan nesneye olan artan, değişen açılarla ve lazer noktalarını sezen bir ya da iki CCD kamerayla lazer ışınını gönderir. Yansıtıcı yüzey elementlerinin 3D pozisyonları, sonuç üçgeninden elde edilir. Faz farkı ölçme yönteminde iletilen lazer, uyumlu bir dalgayla ayarlanır ve mesafe, iletilen ve alınan dalgalar arasındaki faz farkından hesaplanır. Lazer ışınının gidiş geliş süresi ile ölçüm yapılırken bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile yüzey arasındaki mesafe, sinyal iletimi ile alımı arasındaki seyahat zamanı ile ölçülür. Bu yöntemlerle elde edilen nokta bulutu verileri objenin 3B modelini oluşturmak için seçilen referans koordinat sisteminde birleştirilir. Nokta bulutlarının referans koordinat sisteminde birleştirilmesi; iteratif en yakın nokta, en küçük karelerle 3B yüzey eşleme, bağımsız model yöntemi ya da doğrudan jeodezik koordinatlı ölçmelerle yapılabilir (Gümüş K., Erkaya H. 2007). Lazer tarama işlemiyle elde edilen nokta bulutundan; temel ölçme verileri, ortofoto görüntüler, 2 veya 3 boyutlu çizimler, 3B animasyon, katı yüzey modelleri ya da doku giydirilmiş 3B modeller elde edilebilir. Etkin bir veri toplama tekniği olan lazer tarayıcılar hem ölçmecilere hem de bu ölçüleri kullananlara büyük kolaylıklar sağlar.

1.2 UYGULAMA

Uygulama kapsamında **Leica ScanStation C10** yersel lazer tarayıcı ve Leica Cyclone 8.1 yazılımı kullanılmıştır. Uygulamada izlenmesi gereken işlem adımları planlanmıştır (Şekil 1.).

Şekil 1. İş Akış Diyagramı

Uygulama alanı olarak İTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu kuzeybatı cephesi seçilmiştir. Bu belgeleme çalışması sonucu, elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenerek yapının kuzeybatı cephesinin ve planının çizimlerinin üretilmesi, yersel lazer tarama yöntemiyle kültürel mirasın belgelenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Kültürel mirasın detaylı durumu ve hasar değerlendirilmesi, bunların muhafazası için gerekli belgelendirmelerin yapılması, hasar ve yıkım durumunda gelecekte verilen herhangi bir zaman için restorasyonu sağlanmalıdır.

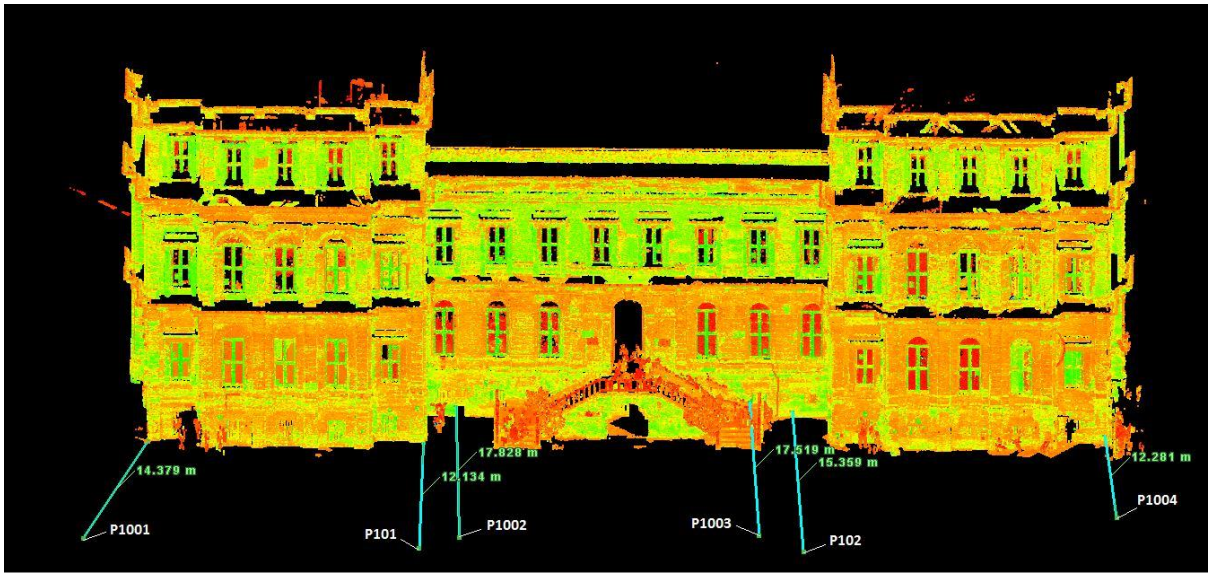
Elde edilen verilerden görselleştirme, yapıların sayısal ortamda bir arşivinin oluşturulması, binalar ve bina elemanlarının tarihi ve kültürel ilişkilerinin gösterimi, bilgilerin gelecek kuşaklara iletilmesi, bilgi sistemlerinin oluşturulması, rölöve ve restorasyon çalışmalarına altlık hazırlanması, tahrip durumda olan binaların aslına uygun yapılması gibi çalışmalar, lazer tarayıcılarla yapılan uygulama alanları arasındadır (Gümüş, 2010).

Lazer tarama iş planı aşamasında; tarama işleminin gerçekleştirileceği istasyon konumları, tarama yapılacak istasyon sayılar, taramanın görüntü çözünürlüğü belirlenmelidir.

Lazer tarama istasyon sayısı ve yerleri taranacak binanın cephesinin tamamını kapsayacak ve daha az gürültülü olacak şekilde seçilmeye çalışılmıştır. Taramanın görüntü çözünürlüğü, tarayıcının mesafe ölçüm hassasiyeti ile hangi sıklıkta nokta ölçmesini belirten açısal çözünürlüğe bağlıdır. Çalışmada kullanılan Leica ScanStation C10 lazer tarayıcı 300 metreye kadar yüksek doğrulukla ölçüm yapabilmekte ve saniyede 50.000 nokta okuyabilmektedir. Çalışma alanında tarama istasyonları ile taranan en uzak alan arasındaki mesafe 50 metreden daha küçüktür. Bu çalışma kapsamında tarayıcı ile taranan sistem arasındaki mesafe yakın olduğundan taramanın çözünürlüğü genel olarak “medium” çözünürlük derecesinde seçilmiştir.

Lazer tarama işleminde Leica ScanStation C10 yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı, lazer ışınının gidiş-geliş zamanı ilkesine göre çalışmaktadır. Lazer ışınının gidiş geliş süresi ile ölçme yapılırken bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile yüzey arasındaki mesafe, sinyal iletimi ile alımı arasındaki seyahat zamanı ile ölçülür. Bu yöntemlerle elde edilen nokta bulutu verileri seçilen referans koordinat sisteminde birleştirilir.

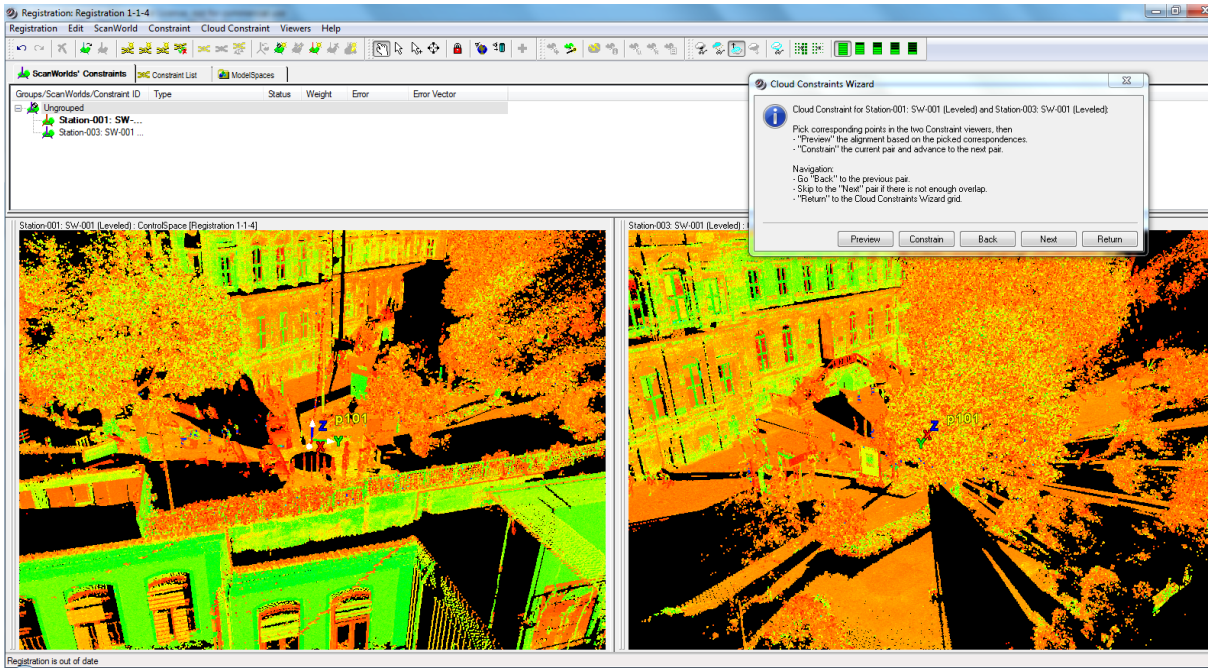
Bu çalışmada; İTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu Binasının tarama işleminde binanın kuzeybatı cephesinin taranması için beş istasyon noktası belirlenmiştir. 3B nokta bulutu verisini elde etmek için planlama aşamasında belirlenen her bir istasyon noktasından tarama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.). Proje koordinat sistemi olarak lokal koordinat sistemi seçilmiştir.



Şekil 2. Genel Alan Taramaları

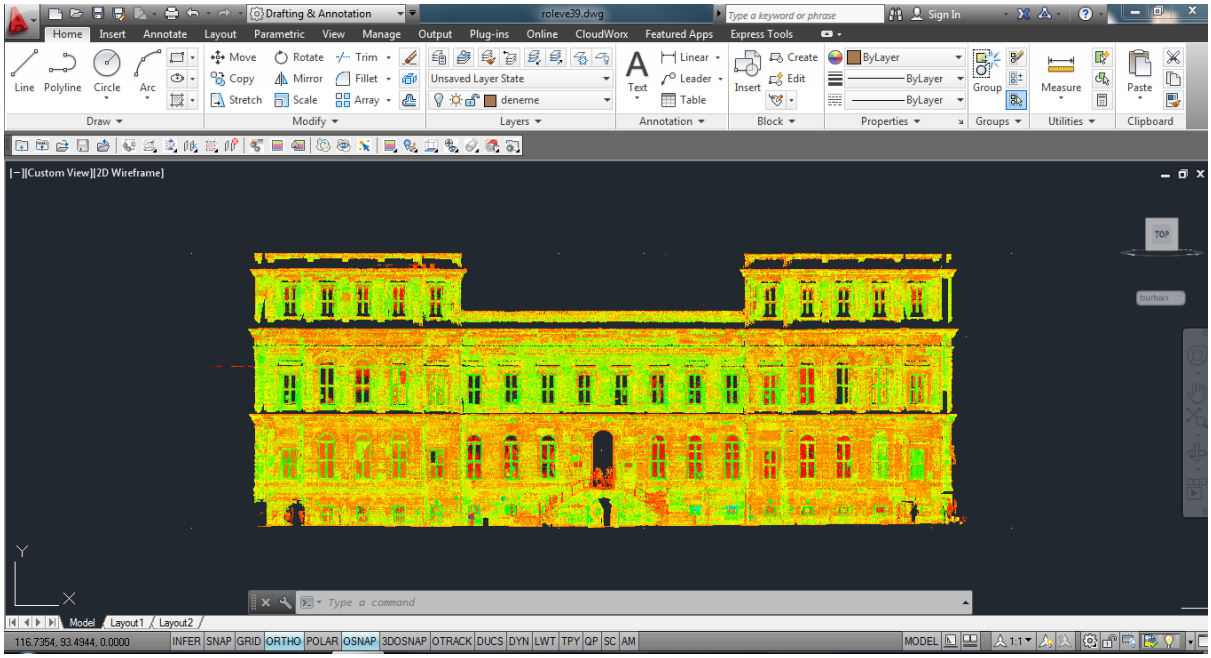
Taranacak genel alan 0º-360º arasında olabileceği gibi kullanıcı tarafından seçilen belli bir açısal aralıkta da olabilir. Bu çalışma kapsamında istasyon noktalarının tamamından genel alan taraması yapılmıştır (Şekil 5.4). Beş durak noktasına alet kurularak gerçekleştirilen bu taramalar sonucunda elde edilmek istenen veriyi sağlayacak yeterlilikte beş adet nokta bulutu verisi elde edilmiştir.

Lazer tarama işlemi ile elde edilen nokta bulutu verileri iki farklı işlemle birleştirilebilir. Siyah-beyaz hedefler kullanılarak yapılan işlem otomatik birleştirmedir. Projede ise birleştirme, siyah-beyaz hedefler kullanılmadan yapılmış, "Leica Cyclone" yazılımı kullanılarak manuel olarak birleştirilmiştir (Şekil 3.). Manuel birleştirme işleminde, ilk istasyondan elde edilen nokta bulutu verisi referans olarak seçilmiş ve serbest tarama ile elde edilen nokta bulutu verileri bu veri ile birleştirilmiştir. Genel tarama ile elde edilen nokta bulutu verilerini birleştirmek için en az üç ortak nokta seçilmesine dikkat edilmiştir.



Şekil 3. Leica Cyclone Yazılımında Birleştrme İşlemi

Tarama sonucu elde edilen nokta bulutu verileri taramaya esas olan bina dışında bir çok fazla ve gereksiz veriyi bulundurmaktadır. 3B modellemede kullanılmayacak olan bu veriler Leica Cyclone yazılımı yardımı ile temizlenmiştir ve veriler Leica'nın Cloudworx modülü kullanılarak Cad ortamına taşınmıştır (Şekil 4.).

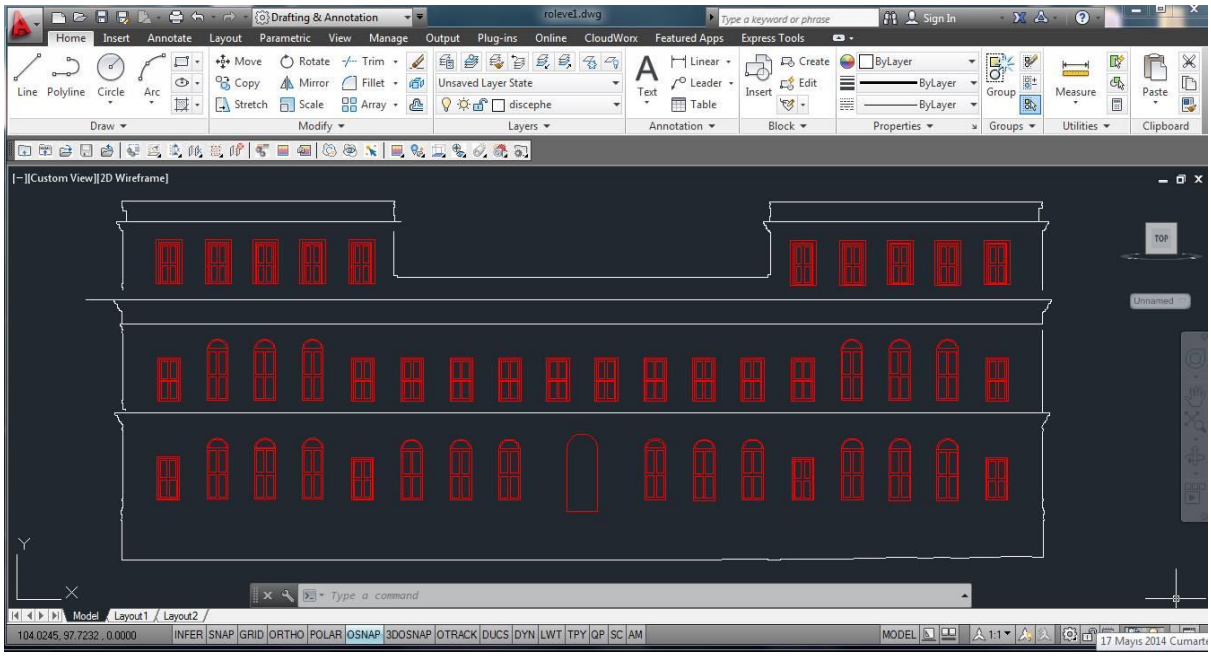


Şekil 4. AutoCad Yazılımında 3B Nokta Bulutu Verisi Görünümü

Leica Cyclone yazılımında oluşturulan birleştirilmiş ve koordinatlı nokta bulutu üzerinden, İstanbul Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu Binasının Kuzeybatı Cephesinin, rölevesinin oluşturulması amacıyla çizim işlemine başlanmıştır. Rölöve, mevcut bir yapının yeniden ölçülerek; plan, kesit, görünüş ve detay olarak

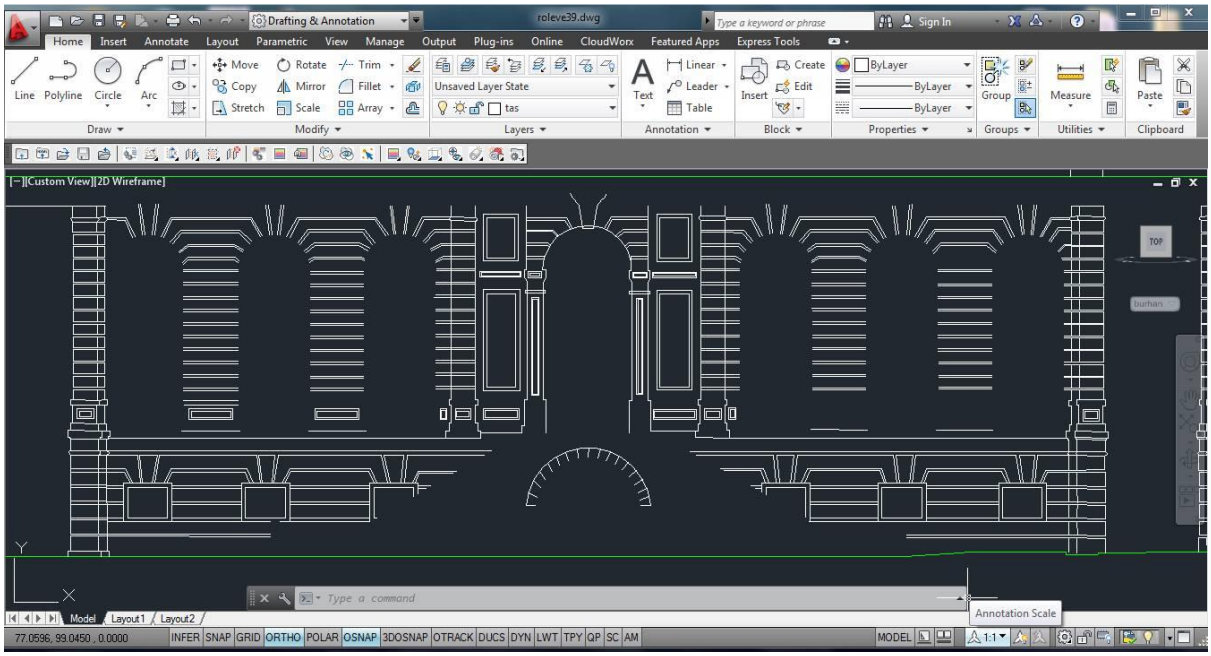
çizimlerinin elde edilmesi anlamına gelir. Rölöve yapının ölçüldüğü andaki durumunu yansıtır. Orjinal yapının değişiklikleri, ilaveleri, yıkılmış kısımları aynen ölçülerek çizimlerde belirtilir. (Uluengin, 2013)

Mimari belgeleme çalışmalarında yapılara ait plan çizimleri yapının 3B nokta bulutu verileri üzerinden çizilebilmektedir. Aktarılan nokta bulutu verisinden yararlanılarak cephe planı çizilmiştir. (Şekil 5.).

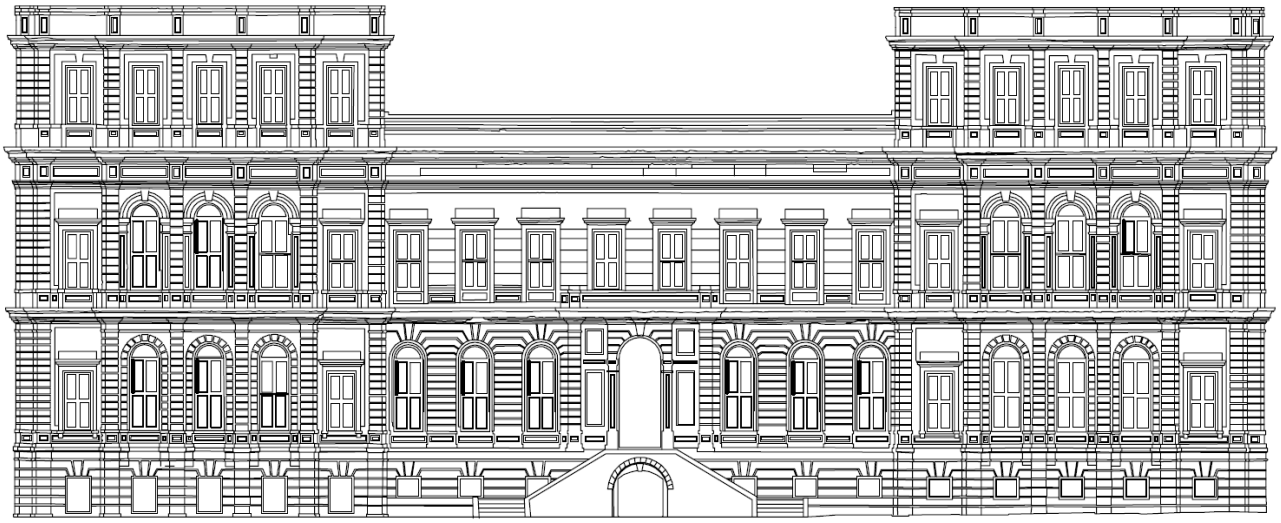


Şekil 5. Nokta Bulutu Verileri Üzerinden Çizilen Cephe Planı ve Pencerelerin Görünümü

Cephe planı çizilirken, merdivenler, pencereler, taşlar, kapılar, köşeler 3B nokta bulutu verilerinden faydalanarak çizilmiştir (Şekil 6.).



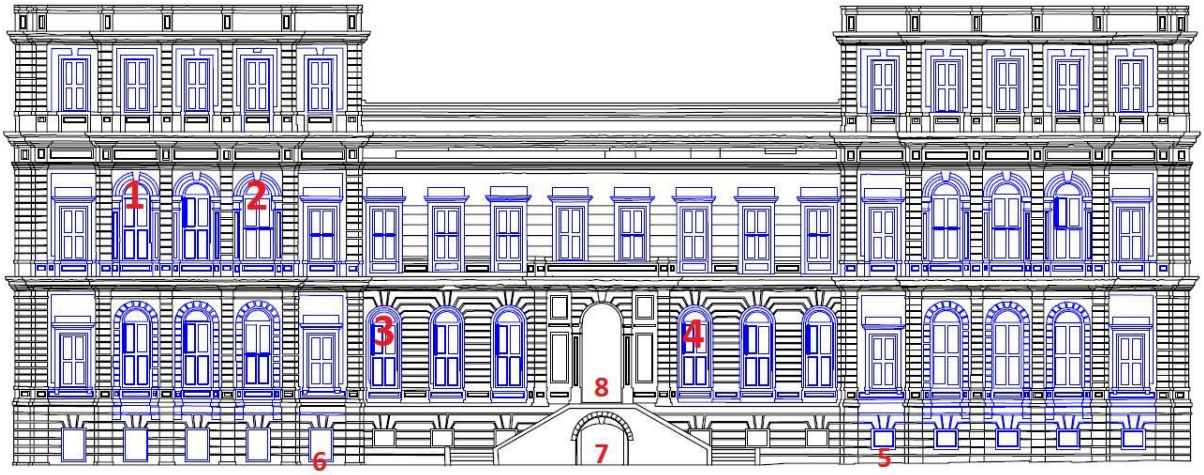
Şekil 6. Cloudworks Eklentisiyle Çizilen Taşların ve Detayların Görünümü



Şekil 7. Çizilen Cephe Planının Genel Görünümü

1.3 UZUNLUK KARŞILAŞTIRMALARI

Belgelemenin doğruluk derecesi hakkında yorum yapabilmek için, uzunluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Cephede bulunan farklı katlardaki ve büyüklükteki pencerelerin kenar uzunlukları Autocad yazılımı üzerinden tespit edilmiştir. Bu kenar uzunlukları ile çelik şerit metre ile yapılan ölçmelerden elde edilen gerçek kenar uzunlukları arasındaki farklar bulunmuştur. (Çizelge 1.-2.-3.)



Şekil 8. Uzunluk Karşılaştırması Yapılan Objelerin Gösterimi

Çizelge 1. Pencere Genişlikleri Uzunluk Karşılaştırması

Pencere Genişlikleri Uzunluk Karşılaştırması			
	Gerçek Kenar Uzunluğu (m)	**CAD Uzunluğu (m)**	**Fark (mm)**
1	**1,387**	**1,385**	**2**
2	**1,426**	**1,426**	**0**
3	**1,292**	**1,290**	**2**
4	**1,272**	**1,273**	**1**

Çizelge 2. Pencere Eni ve Boyu Uzunluk Karşılaştırması

Pencere Eni ve Boyu Uzunluk Karşılaştırması						
	Gerçek En Kenar Uz. (m)	Cad Uzunluğu (m)	Fark (mm)	Gerçek Boy Kenar Uz. (cm)	Cad Uzunluğu (m)	Fark (mm)
5	1,145	1,144	1	0,960	0,962	2
6	1,149	1,150	1	1,590	1,589	1

Çizelge 3. Kapı Genişlikleri Uzunluk Karşılaştırması

Kapı Genişlikleri Uzunluk Karşılaştırması			
	Gerçek Kenar Uzunluğu (m)	CAD Uzunluğu (m)	Fark (mm)
7	2,397	2,399	2
8	1,854	1,853	1

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yersel lazer tarama teknolojisi hızla gelişen bir teknolojidir. En önemli özelliği çok kısa sürede, ekonomik olarak objenin gerçeğine yakın 3B modelinin elde edebilmesi için nokta bulutları üretmesidir. Günümüzde minimum giderle hızlı ve eksiksiz 3B geometrik model ve görsel bilgiye sahip olmak önemlidir. Yersel lazer tarama teknolojileri, yeni bir ölçme tekniği anlamında bir devir açmıştır. Anlık olarak taranan obje veya nesne yüzeyini yansıtan, saniyede binlerce nokta elde edilmektedir. Bu noktalar yardımıyla, bu verilerin düzgün bir şekilde değerlendirilmesi ile gerçeğe yakın 3B modeller elde edilmektedir. Oluşturulan model üzerinden nokta konum bilgilerine, objenin boyut bilgilerine, yüzey, alan ve hacim bilgilerine ulaşılabilmektedir. Taramaya başlamadan önce bir ölçü tasarımının yapılması, istenilen doğruluğa göre tarama parametrelerin belirlenmesi gerekir. Diğer ölçme yöntemleri ile karşılaştırıldığında ekonomik, hızlı bir tekniktir.

Bu çalışmada 139 yıllık, tarihi İTÜ Yabancı Diller Yüksek Okulu binasının yersel lazer tarama cihazı kullanılarak cephe planının çizilmesi gerçekleştirilmiştir. Bina dıştan taranarak yapının kuzeybatı cephesi hakkında hızlı bir şekilde 3B nokta bulutu verisi elde edilmiştir. 3B nokta verileri üzerinden mimari belgeleme çalışması amacıyla cephe planı çizilmiştir. Bu çizimler "Autocad 2014" yazılımının "Leica Cloudworx" modülü kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırma yapmak amacı ile bazı pencerelerin ve bina kapısının genişlikleri ve en, boy uzunlukları çelik şerit metre 3 defa ölçülüp her birinin ortalamaları alınmıştır. Çizimlerden elde edilen

uzunluklar ile çelik şerit metre ile elde edilen uzunluklar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen genişlik farklarının 4 numaralı pencerede 1 mm, 1 ve 3 numaralı pencerelerde 2 mm fark olduğu görülmüştür. 2 numaralı pencerede bir fark görülmemiştir. 5 ve 6 numaralı pencerelerin en uzunluğunda 1'er mm fark bulunurken, boy uzunluklarında 5 numaralıda 2 mm, 6 numaralıda 1 mm fark bulunmuştur. Kapı genişliği uzunluk karşılaştırmasında ise 7 numaralı kapıda 2 mm, 8 numaralı kapıda 1 mm fark bulunduğu görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda; obje yüzeylerinin yansıtıcılığı, rengi ve parlaklığı gibi özelliklerinin veri kalitesini etkilediği sonucuna varılmıştır. Obje yüzeylerinin özelliğine göre farklılık gösterebilen 3B nokta bulutu verilerinin zaman zaman düzensiz veya yanlış olabileceği, taranan objeyi birebir yansıtmayabileceği göz ardı edilmemelidir. Belirli istasyonlara kurulan lazer tarayıcı ile elde edilen veriler ile bazı yerlerde modelleme yapılamamaktadır. Bunun sebebi ise görüş açılarının yetersiz olmasıdır. Çözüm olarak farklı yerlerden ek tarama işlemlerinin yapılması gerektiği göz ardı edilmemelidir.

Ek olarak; kültürel mirasımız olan tarihi binaların 3B belgelenmesi çalışmalarında yersel lazer tarama yönteminin hızlı ve detaylı veri elde edilebilecek bir yöntem olduğu bu çalışma ile de gösterilmiştir. Elde edilen nokta bulutu verileri birleştirilerek yapılara ait detaylı 3B nokta bulutu verileri oluşturulabilmektedir. Kültürel miraslardan birçoğu doğal veya insani nedenlerden dolayı hasara uğramış durumdadır. Böyle eserler belgeleme çalışmalarında çalışanlar için tehlike teşkil etmektedir. Yersel lazer tarayıcılar kullanılarak bu gibi yerler kolayca taranarak belgelenebilmektedir. Bunun yanında tarama aşamasında taranacak nesnelerle temas olmadığından tarihi dokuya da zarar verilmemektedir. Lazer tarama cihazı ile yapılan tarama işleminde çok sayıda nokta elde edilmektedir. Bu noktaların bilgisayarda kapladığı boyutun büyük olması, verilerin işlenmesini yavaşlatmaktadır. Verilerin işlenmesinde çalışma kapasitesi yüksek bilgisayarların kullanılması veri işleme aşamasını hızlandıracaktır.

KAYNAKLAR

Altuntaş, C., Yıldız F., Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi

Gümüş, K. ,Erkaya, H. 2007 TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2 – 6 Nisan, Ankara

Lichti D.D. ve Gordon S.J. 2004 Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording, Proceedings of FIG Working Week, s.on CD, Athens, Greece, 22-27

Uluengin, N.B., 2013, Rölöve, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul

Yücel E., 2012. Uzay Kafes Sistemleri Analizi. İzmir.