

**Makale
(Article)**

Sokak Sağlıklaştırma Projelerinde Yersel Lazer Tarayıcı İle Mimari Rölöve Alımı: Afyonkarahisar Kentsel Sit Alanı Örneği

Abdullah VARLIK¹, Fırat URAY¹, Azim METİN¹

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, 42010 Konya/TÜRKİYE
avarlik@konya.edu.tr

Öz

Yersel lazer tarayıcı sistemleri özellikle mimari ve arkeolojik ölçme uygulamalarında kültürel mirasların belgelenmesi çalışmalarında en çok tercih edilen metotlardan birisi olmuştur. Bu çalışmada yersel lazer tarayıcı, mimari ölçümlere benzer bir uygulama olan sokak sağlıklaştırma projesinde kullanılmıştır. Sokak sağlıklaştırma projeleri, tarihi ve kültürel öneme sahip bölgelere dahil olan sokaklarda bulunan yapıların sokağa bakan cephelerin tarihi dokusu korunarak aslına uygun yeniden restore edilmesini hedefler. Bu amaçla öncelikle, tarihi yapıların istenen doğruluk ve hassasiyette rölöve çizimlerine ihtiyaç duyulur. Rölöve çizimleri yüksek yoğunluklu nokta bulutundan elde edilebilir. Bu proje kapsamında Afyonkarahisar kentsel sit alanına dahil olan sokaklardaki tarihi yapıların sokağa bakan cephelerinin lazer taraması yapılmış ve rölöve çizimleri oluşturulmuştur. Sit alanı M.Ö. 1350’de inşaatı tamamlanan Afyonkarahisar kalesinin bulunduğu dağın eteklerinde yer almaktadır. Selçuklu Sultanı I. Alaeddin Keykubad’ın hazineleri bu kalede saklanmıştır. Anadolu Selçuklu tarihinde bu kültürel bölge önemli bir rol oynamaktadır. Bu kültürel varlığın belgelenmesi ve korunması kentsel sit projesinin önemli bir parçasıdır. Çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır, ilki saha çalışmaları için hazırlık aşaması, referans noktalarının işaretlenmesi ve kontrol noktalarının koordinatlandırılmasını içermektedir. İkinci aşama da ise yapıların ve çevrelerinin lazer taramasının yapılmıştır. Ölçekli çizimler CAD ortamında üretilmiş ve bu yapılara ait kesit ve planların oluşturulması için bu çizimler kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel sit alanları, lazer tarama, mimari rölöve, uzaktan algılama, fotogrametri

Architectural Surveying with Laser Scanning in Street Rehabilitation Studies : A Case Study of Afyonkarahisar

Abstract

Terrestrial laser scanning has become the most preferred method with documentation of cultural heritages, especially in architectural and archeological survey applications. In this study, terrestrial laser scanning method has been used in a similar application with architectural surveys, which is calling street rehabilitation projects. Street rehabilitation applications aim to keep the original street texture of a cultural assets’ façade that is facing the historic streets. For this purpose, firstly architectural drawings of these cultural structures needed in expected accuracy and precision. These architectural drawings can obtain from high-density point cloud data with processing for the purpose of use by qualified personnel. This work is contains the laser scanning of historic structures’ façades that is facing the street in Afyonkarahisar urban conservation area and generating architectural drawings. This urban conservation area is at the foot of Afyonkarahisar castle which was built around 1350 BC. The treasure of Sultan I. Alaeddin Keykubad (Kayqubad I) had stored in this castle. These cultural area has leading role in history of Anatolian Seljuk State. Documentation and preserving of this cultural assets is most important part of urban conservation project. The work we have completed consists of two stages, first one is fieldwork which is consists preparation, marking target points, geo-referencing the control points with total station. In last stage, scanning of the structures and their surrounding has been completed. Scaled drawings were obtained in CAD software environment and final products have used to create sections and plans of the conservation area.

Keywords: Street rehabilitation project, laser scanning, architectural survey, remote sensing, photogrammetry

1. GİRİŐ

Mimari rölöve ölçümleri bir yapının belgelenmesi ve üç boyutlu bu yapının kayıt altına alınması ile birlikte iki boyutlu ölçekli planlar halinde gösterilmesi olarak tanımlanabilir. Elde edilen bu rölöve planları ileride yapılacak yapısal araştırmalar ile tarihi binaların araştırma projelerinde, kültürel mirasın korunması gibi çeşitli uygulamalarda altlık olarak kullanılacaktır [1].

Tarihi eserlerin kayıt altına alınması, belgelenmesi ve bilgi yönetimi, kültürel mirası koruma yönetimi için karar verme aşamasının merkezinde yer almaktadır ve araştırma, gözlem ve bakım ile iç içedir. Kültürel miras ile ilgili birçok yönden güvenilir bir kaynak olarak bu mirası koruma işlemi kendi kendine hiçbir zaman sona ermez ve her zaman hizmeti devam eder. Mirası koruma, devam eden bir faaliyet olarak, tarihi eser ile ilgilenenler ve bundan bilgi edinenler için bilgi tabanı olmakla beraber döngüsel bir süreç olarak tanımlanabilir [2].

Sokak sağıklaştırma uygulamaları kültürel mirasın korunmasının bir parçası olarak düşünülebilir. Caddelerin üzerinde bulunan yapıların tarihi dokusunu korumak canlandırmak asıl hedeftir [3]. Bu çalışmada Afyonkarahisar ilinin merkezinde bulunan, tarihi Karahisar kalesinin eteğinde bulunan sit alanı içerisinde ki sokaklarda yapılacak sokak sağıklaştırma projesi için gerekli restitüsyon ve restorasyon çalışmalarına altlık olacak mimari rölöve çizimleri yoğun nokta bulutu verisinden üretilmiştir. Bölgenin 3 boyutlu nokta bulutu verisi yersel tarayıcı ile elde edilmiştir.

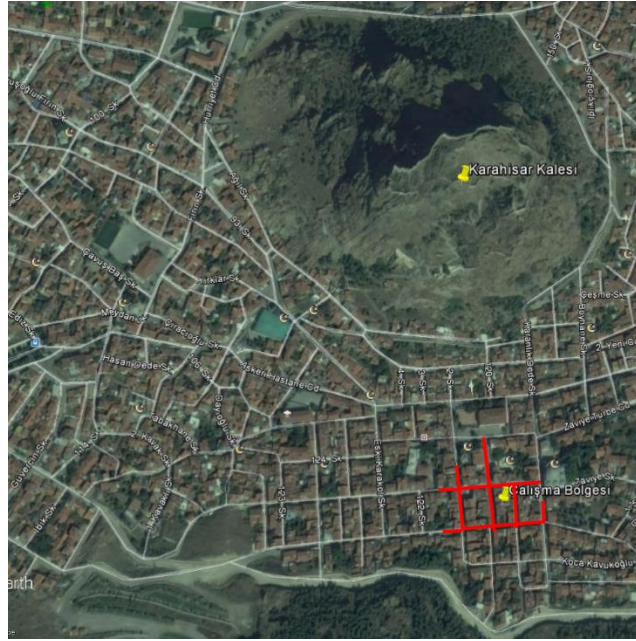
Zamandan tasarruf ve maliyet açısından değeriendirildiğinde klasik ölçüm metotlarıyla erişilmesi imkânsız olan seviyelerde veri toplayabilen yersel lazer tarama teknolojisi aynı zamanda doğruluğı yüksek ve daha detaylı 3 boyutlu model üretebilme imkânı sağlamıştır [4] .

Mimarlık alanında çalışan araştırmacılar kendilerine özgü klasik ölçüm teknikleriyle haftalarca sürebilecek ve fazlaca insan gücü gerektirecek rölöve alımını lazer tarama teknolojisiyle çok daha kısa sürede yapabilmektedir [5]. Ayrıca tarihi yapılardaki zamanla meydana gelen deformasyonları hassas şekilde belirleyebilmek için lazer tarayıcıların kullanılabilirliğı araştırma konusu olmuştur [6].

Lazer tarama ile yersel fotogrametrik resim alım yöntemlerinin birleştirilmesi de son yıllarda araştırma konusu olmuştur. İki tekniğın kullanıldığı çalışmalarda lazer tarama veri toplama yeteneğı açısından ağır bassa da resim alım yöntemi de nokta bulutunun renklendirilmesinde ve yüzey doku kaplamalarının oluşturulmasında yardımcı olmaktadır. Lazer tarama verilerinin otomatik birleştirilmesinde resimlerden yararlanma [7] ile Ortofotoların otomatik üretilmesinde de resimlerin kullanılabilirliğı araştırma konusu olmuştur [8].

2. ÇALIŞMA ALANI

Proje kapmasında Taci Ahmet ve Can Baba Caddesi ile Tabakhamamı Sokağı üzerinden bulunan yapıların lazer tarayıcı ile taranarak yoğun nokta bulutu elde edilmiş, üç boyutlu modeli üretilmiş ve sokak sağıklaştırma projesine altlık olacak cephe çizimleri yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi

3. TEST ALANI, KAYNAK VERİ VE DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ

Lazer tarama teknolojisi özellikle mühendislik projeleri ve kültürel mirasın kayıt altına alınması gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Lazer tarama sistemlerinin topladığı üç boyutlu (x, y, z) nokta verisi alet merkezli yerel bir koordinat sistemindedir ve bu noktaların oluşturduğu yoğun kümeye nokta bulutu ismi verilir [9]. Toplanan koordinat bilgisine ek olarak RGB renk değerlerini de kayıt altına alınır. Lazer tarama sistemleri nokta yoğunluğu, görüş açısı, gürültü miktarı, dalga boyu ve doku bilgisi de gibi farklı bilgiler üretebilmektedir [10].

Lazer tarama teknolojisinin tarihi yapıların belgelenmesinde kullanılmasının doğruluk ve hassasiyetinin araştırılması amaçlı yapılan kapsamlı örnek bir çalışmada yapının yüzey kaplamasının cinsinin, tarama açısı ve mesafesinin de doğruluğuna etki ettiği ortaya konulmuştur. Bahsedilen bu çalışmada tarama mesafesi arttıkça doğruluğun milimetre seviyesinde azaldığı belirtilmiştir [11].

Lazer tarama, istasyon temelli bir teknik olması sebebiyle verilerin birleştirilmesi ve georeferanslanması kritik bir işlem aşamasıdır. Oturumlarda lazer tarayıcı cihazın konumu yerel veya uluslararası bir koordinat sisteminde tanımlanmalıdır. Georeferanslama ve birleştirme işlemi iki farklı yol izlenerek gerçekleştirilebilir. Bunlar: hedeften hedefe veya bulut buluta şeklindedir. Bu çalışmada hedef işaretleri kullanılmış ve ülke koordinat sisteminde ölçülerek nokta bulutu verisinde daha sonra kullanılacak referans noktaları elde edilmiştir.

4. METOD

4.1. İş Akışı

Proje iki ana bölümden oluşmaktadır, bunlar; arazi ve ofis çalışmalarıdır. Çalışmanın planlanması, referans noktalarının ölçüleceği yerlerin belirlenmesi, bu referans noktalarının ölçülmesi için kullanılacak poligon ağının kurulması ve referanslara koordinat verilmesi, yapıların ve çevrelerinin lazer taramasının

yapılması arazi kısmını oluşturur. Ofis bölümü ise verilerin bilgisayar ortamına aktarılması, işlenmesi ve dengelenerek istenilen rölöve çizimlerinin yapılması ve sokağın silüetinin oluşturulmasını kapsar.

Çalışma bölgesi ile ilgili yola cephesi bulunan bina adedi, bu yapıların derinlikleri, kat adetleri ve sokağın ölçüleri gibi çalışma alanını tamamlayıcı ve belirleyici bilgiler önceden elde edilmiştir. Caddeye cephesi bulunan bütün yapıların ön ve yan cepheleri harita üzerinde belirlenmiştir.

Lazer tarama aşamasında referans alınacak 26 adet poligon ulusal referans koordinat sisteminde uygulasyonu yapılmıştır. Yapıların ara sokaklara ve bahçelere cephesi bulunan bölümlerine de referans verilebilmesi poligonların konumları belirlenirken göz önünde bulundurulmuştur.

Yapıların ön ve yan cephelerine hedef işaretleri yerleştirilerek poligon noktalarından total station aleti ile reflektörsüz okumalar yapılarak bölgede bulunan her yapı için referans sistemi oluşturulmuştur.

Referans sistemine dâhil tüm bina cepheleri ve elemanları taranmıştır. Farklı oturumlarda tarayıcının görüş alanında bulunan tüm obje, renk, doku ve derinliği de alabilen açılardan bindirmeli olarak yapılmıştır. Projenin arazi kısmı 5 gün içerisinde tamamlanmış ve toplamda 75 lazer tarama oturumu yapılmıştır.

Zaman ve maliyet açısından tarama işinin planlanması büyük öneme sahiptir. Tarama yapılacak istasyonların konumları ve sayıları planlama kısmında belirlenir. Bir istasyondan elde edilecek nokta bulutundaki veri boşluğunun bir sonraki istasyondan elde edilen veri ile tamamlanması gereklidir. Üretilen nokta bulutu verilerinin hangi koordinat sisteminde referans alınarak birleştirileceği ve son ürün olarak istenen koordinat sisteminin belirlenmesine planlama aşamasında karar verilir. Jeodezik bir referans sisteminde çalışılacaksa kullanılan hedef işaretleri bu sistemde ölçülmelidir. Referans sistemi yerel bir koordinat sistemi de olabilir.

Rölöve ölçümü birkaç farklı işlem adımıyla yapılmıştır. Bunlar:

1. Poligon noktalarının GPS ile hassas şekilde konumlarının belirlenmesi;
2. Hedef işaretlerinin sokak boyunca yapılara tesisi ve poligon noktalarına dayalı olarak koordinat verilmesi;
3. Sokak boyunca tüm elemanların yüksek çözünürlüklü lazer taramasının yapılması;
4. Nokta bulutlarının iş istasyonu bilgisayarlarda filtrelenmesi ve dengelenerek birleştirilmesi



Şekil 2. Hedef işaretlerine koordinat verme ve Lazer Tarama

Proje kapsamında kullanılan FARO Focus 3D Yersel Lazer Tarayıcı 2 mm'ye kadar ölçüm hassasiyetine ve saniyede 970,000 nokta ölçme hızına sahiptir. Ayrıca tarayıcıya bütünleşik kamerası ile toplamda 70 megapiksel çözünürlüğe kadar resim kaydedebilme yeteneği ile renkli nokta bulutu üretiminde yüksek çözünürlüklü renk kalitesi sunmaktadır.



Şekil 3. Hedef noktalarının yazılımda işaretlenmesi

Çalışma kapsamında yapılan lazer tarama işleminde seçilen parametreler ölçüm alanının fiziki durumuna da bağlı olarak belirlenmiştir. Lazer tarayıcının tarama ayarları, tarama çözünürlüğü 1/4, tarama kalitesi 4x olacak şekilde seçilmiştir. Bu parametrelere göre her bir istasyon için 44.4 MPts (Mega points) değerinde tarama çözünürlüğü ve 10m mesafede nokta aralığı 6mm olacak şekilde nokta yoğunluğu hesaplanmıştır. Her bir oturumda ortalama olarak 800,000 – 1,000,000 nokta arasında koordinat verisi toplanmıştır.

4.2. Veri İşleme

Her istasyondan üretilen nokta bulutları üç veya daha fazla sayıda hedef işareti yardımı ile tarayıcın dengeleme yazılımında birleştirilmiştir. İki aşamadan oluşan bu işlemde ilk olarak elle işaretlenen hedef noktaları iki ayrı nokta bulutu kabaca birleştirilmiştir. Sonraki adımda ise hassas dengeleme tekniği ile yazılım otomatik olarak nokta bulutlarını birleştirmiştir. Bu sayede tüm istasyonlardaki nokta bulutları çalışma alanını gösteren tek bir üç boyutlu nokta bulutu verisi haline dönüşmüştür.

4.2.1 Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi

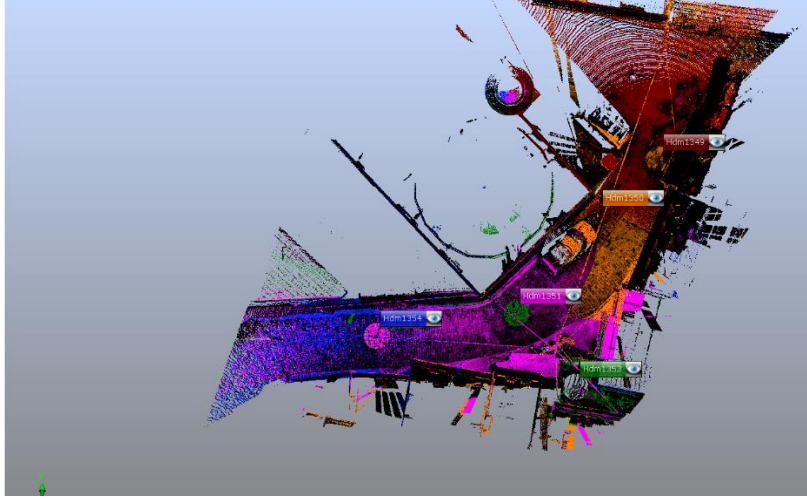
Farklı lazer oturumlarını birleştirirken her bir oturumdaki nokta bulutu verisinin yerel alet koordinat sistemindeki konumu ve yöneltmesi bilinmesi gerekir. Birleştirme işleminin temel prensibi dönüşüm elemanlarının (dönüklük ve öteleme) her bir oturum için hesaplanmasıdır. Genelde bir oturum referans kabul edilerek diğer oturumların koordinat sistemi bu referans nokta bulutuna göre dönüştürülür. Bir diğer metot ise tüm oturumların ortak bir koordinat sistemi referans alınarak bu sisteme dönüştürülmesidir.

4.2.1.1. Hedef işaretleri ile Birleştirme

Bu tekniğin temel prensibi her bir nokta bulutundaki hedef işaretlerinin tanıtılması, hassas işaretlenmesi ve etiketlenmesine dayanır. Kullanılan koordinat sistemindeki konumu bilinen bu hedef işaretleri, tüm oturumların aynı anda ortak koordinat sistemine dönüşümünde kullanılır. Dengelemenin yapılabilmesi

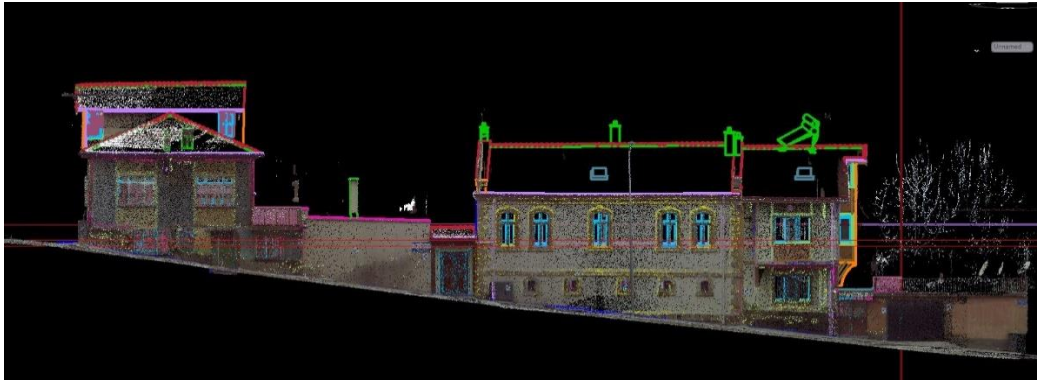
için her iki oturumda en az üç ortak hedef noktasına ihtiyaç duyulur. Fakat hatanın en aza indirgenmesi için üçten fazla nokta da kullanılabilir [12].

Verilerin dengeleme hatası her bir hedef işareti için 3mm ile 8mm arasında olmuştur. Bu değerler lazer tarayıcının yerel koordinat sisteminde elde ettiği her bir nokta bulutunun bir diğeriyle ortak hedef işaretleri referans alınarak birleştirilmesinden gelen hata miktarlarıdır. Hata değerlerinin 8mm'e kadar çıkması hedef işaretlerinin poligon ağına dayalı olarak koordinat verilmesi ve bu ağda ki hata miktarının dengelemeyi etkilemesi nedeniyledir.



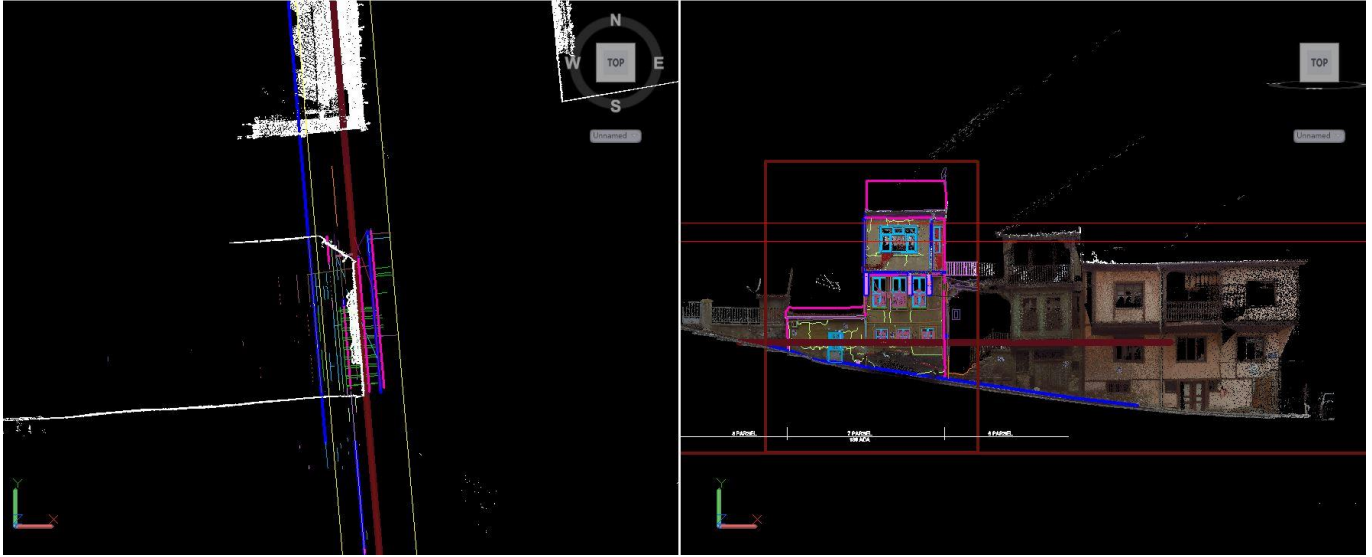
Şekil 4. Birleştirilen lazer oturumları farklı renklerde görülebilmektedir.

Nokta bulutundan gürültülü noktalar ve yapılarla ilgisi olmayan objelerin filtrelenmesinden sonra son aşamada rölöve çizimine altlık olacak son ürün “.Pod” depolama formatında üretilmiştir. Son yıllarda CAD yazılımları, nokta bulutu verilerine uyum sağlayacak şekilde programlarında güncellemeler yapmışlardır. Bu sayede lazer tarama verileri ile projede istenilen amaçlar doğrultusunda çizimler ve 3D modellemeler yapılabilir.

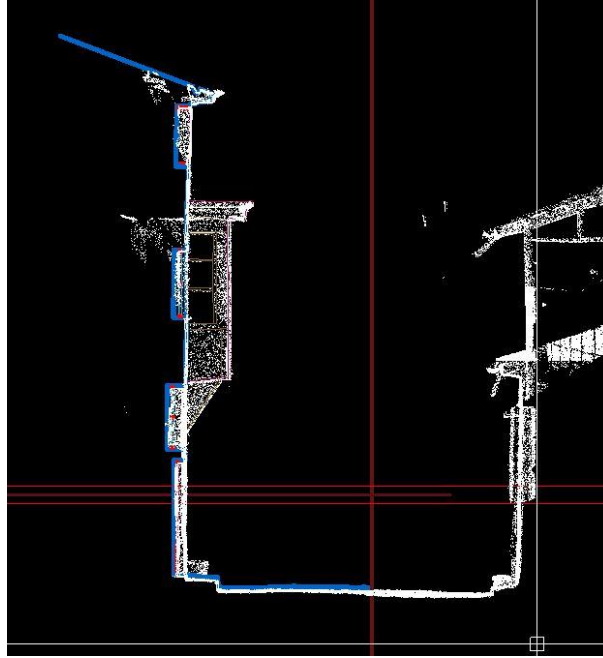


Şekil 5. CAD ortamında nokta bulutu rölöve çizimi

AutoCAD yazılımında nokta bulutu ile çalışmaya izin veren Pointools eklentisi ile rölöve çizimleri yapılmıştır. Sokağa cephe veren bütün yapıların ön, arka ve yan yüzeylerinin kesitleri çıkarılmış ve mimari teknik gereksinimler dikkate alınarak iki boyutlu çizimleri yapılmıştır. 3 boyutlu nokta bulutundan üretilen 2 boyutlu verilerle çalışmak, mimari tekniklerle çizim yapan kullanıcılar için daha anlaşılır bir yöntemdir.



Şekil 6. Nokta bulutu altlığında sokak cephe çizimleri



Şekil 7. Nokta bulutu altlığında sokak cephe çizimleri

Bilgisayar ortamında yoğun nokta bulutları ile çalışılırken çeşitli zorluklarla karşılaşılabilmektedir. Yüzlerce Gigabayt bulan bu veriler geniş depolama alanı ve yüksek performanslı iş istasyonu bilgisayar gereksinimini arttırmıştır. Bu boyutlardaki veriler ile çalışılırken hem iş gücünün artması hem de maliyetin yükselmesi nedeniyle son kullanıcılar tarafından fazla tercih edilmez.

4.3. 3B Animasyon Hazırlanması

Çalışma alanının tümünü kapsayan üç boyutlu nokta bulutundan resimlerle RGB renk kaplaması yapılarak gerçek renklerine en yakın şekilde model oluşturulmuştur. Görsel sunumu amaçlı animasyon hazırlanmıştır.



Şekil 8. Üç boyutlu animasyondan sahneler

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rölöve çizimleri, kültürel varlıkların belgelenmesine uygun mimari standartlara göre oluşturulmalı, arkeolojik alanların ölçümlerinde ise arkeologların proje standartlarına göre son ürün oluşturulmalıdır. İki boyutlu çizimler, çok detaylı veya sadece dış hatları göstermenin yeterli olduğu projelerde istenilen standartlara göre daha kısa zaman aralığında yapılabilmektedir [1].

İş gücü ve maliyet gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda çizim kalitesine direkt etki edecek ayrıntı düzeyi için en uygun tarama çözünürlüğü seçilmesi kritik önem taşımaktadır. Oluşturulacak cephe çizimlerinin ayrıntı düzeyi de tarama verisinin yoğunluğuna doğrudan bağlıdır. Çizim yapan kullanıcının yapıların cephesi üzerinde ki detayları ayırt edebilmesine olanak sağlayan nokta yoğunluğu projenin doğruluğuna direkt etki etmektedir. Bu nedenle projeden beklenen detay ve doğruluk seviyesine göre tarama çözünürlüğü dikkatle belirlenmelidir.

Arazi çalışmasının süresinin uzaması veya kısalması tarayıcının toplayacağı nokta yoğunluğuna bağlıdır. Bu nedenle tarama çözünürlüğü yüksek seçilirse arazideki harcanan zaman daha da artarken aynı zamanda veri kalitesinde de artış olur tam tersi durumda çözünürlük düşürüldüğünde çalışma süresinden tasarruf edilirken aynı zamanda veri kalitesi düşer.

Kültürel ve tarihi yapıların belgelenmesinde alışlagelmiş iki boyutlu çizim tekniği ileriki dönemlerde yerini CAD yazılımlarının hâlihazırda olanak verdiği doğrudan üç boyutlu modelden çizim yapılabilecek yöntemlere bırakacaktır. Bu çalışmada da bahsedilen yöntemin benzeri olarak üç boyutlu nokta bulutu üzerinden çizim ve kesit alma işlemleri yapılmış klasik mimari rölöve alım yöntemlerine göre doğruluğu ve çalışma zamanı yönünden incelenmiştir.

Operatörleri çizim özgürlüğü açısından kısıtlayan klasik iki boyutlu ortofotodan yapılan mimari rölöve çizimleri yerine üç boyutlu birebir modelden restorasyon projesine altlık olacak ürünlerden üretiminden bahsedilmiştir. Çalışmada ele alınan yöntemler gelecekte sık tercih edilecek teknikler olduğu için çizim yapan operatörlerin kendilerini yeni teknoloji ve yazılımlara adapte etmesi gerekmektedir. Daha sonraki aşamalarda ise kültürel mirasların kayıt altına alınmasında tıpkı bu çalışmada olduğu gibi çizimlere

ihtiyaç duyulmadan yoğun nokta bulutu formatında üç boyutlu modelleri belgeleme amaçlı kullanılabilir ve depolanabilecektir.



Şekil 9. Sokağın siluet görüşleri

6. KAYNAKLAR

1. Uray, F., Metin, A. ve Varlık, A. (2015). Sokak Sağıklaştırma Projelerinde Lazer Tarayıcı İle Mimari Rölöve Alımı: Silile Mahallesi Örneği, TUFUAB VIII. Sempozyumu, Konya, 2015.
2. Letellier, R., Schmid, W., LeBlanc, F. (2007). Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places: Guiding Principles, 2007.Liu, X. (2008). Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. Progress in Physical Geography, 32(1), 31-49.
3. T.C Kùltür ve Turizm Bakanlığı Korunması Gerekli Doku Ve Sokakları Sağıklaştırma Ve Kentsel Tasarım Projesi yönetmeliği. 24.03.2016 tarihinde <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/> adresinden erişildi.
4. Peripimeno, M. (2005). Sperimentazione di tecniche 3D laser scanning per l'analisi e la conservazione del patrimonio archeologico e storico-monumentale. Definizione di procedure e campi di utilizzo.
5. Klimoski, S. (2006). Using 3D Terrestrial Laser Scanning to Model the Interior of an Abandoned Theater for Renovation Purposes. Volume 8, Papers in Resource Analysis. Saint Mary's University of Minnesota Central Services Press. Winona, MN.
6. Van Genechten, B., Demeyere, T., Herinckx, S., Goos, J., Schueremans, L., Roose, D., Santana, M. (2009). Terrestrial Laser Scanning In Architectural Heritage – Deformation Analysis and The Automatic Generation of 2d Cross sections. 22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan.
7. Al-Manasir, K., Fraser, C. (2006). Automatic registration of terrestrial laser scanner data via imagery. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVI, Part 5.Kienzle, S. (2004). The effect of DEM raster resolution on first order, second order and compound terrain derivatives. Transactions in GIS, 8(1), 83-111.
8. Reulke, R. (2006). Combination of distance data with high resolution images. Image Engineering and Vision Metrology, ISPRS Archives. Vol. XXXVI, Part 5.
9. Staiger, R., 2003. Terrestrial laser scanning: Technology, systems and applications. Second FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003.

10. Grussenmeyer, P., Alby, E., Lande, T., Koehl, M., Guillemain, S., Hullo, J-F., Assali, P., Smigel, E. (2012). Recording Approach of Heritage Sites Based on Merging Point Clouds From High Resolution Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B5, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia.
11. Kedzierski, M., Walczykowski, P., Orych, A., Czarnecka, P. (2015). Accuracy Assessment of Modeling Architectural Structures and Details Using Terrestrial Laser Scanning. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W7, 2015 25th International CIPA Symposium 2015, Taipei, Taiwan.
12. Poesova, J., (2015). Measurement And Spatial Model Creation Of The Inner Part Of The Helfenburk Castle Near Ústě, Master's Thesis, Czech Technical University In Prague, Faculty Of Civil Engineering, 2015.