

Mimari Dökümantasyonda Yersel Lazer Tarama Teknolojisi Kullanımı: Tarihi Sismoloji Binası Örneği

The Use of Terrestrial Laser Scanning Technology in Architectural Documentation: A case study of Historical Seismology Building

Aslı Sabuncu^{1*}, Haluk Özener¹

¹Bogaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi ABD, 34684, Üsküdar, İstanbul.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Aslı Sabuncu
asli.turgutalp@boun.edu.tr

doi:

Yayın süreci

Geliş tarihi : 29.01.2020
Kabul tarihi : 20.03.2020
Basım tarihi: 31.03.2020

Özet

Yersel lazer tarama teknolojisi, geomatik mühendisliği başta olmak üzere endüstriyel tasarım çalışmaları, madencilik ve altyapı çalışmaları, şehirlerin modellenmesi ve dizaynı, mimari restorasyon ve belgeleme çalışmaları vb. birçok farklı çalışmada sıklıkla kullanılan önemli bir teknolojik gelişmedir. Gerçekleştirilmiş bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Kandilli kampüsü içinde yer alan Bilim Tarihi Koleksiyonu (Tarihi Sismoloji Binası) binasının yersel lazer tarama aleti kullanılarak 3 boyutlu olarak modelinin çıkarılması ve mimari olarak dökümantasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma öncesi bina çevresinde istikşaf yapıp yersel lazer tarama aletinin ve istasyonların konumları nokta bulutlarının birleştirilmesindeki hatayı en aza indirmek için çalışma bölgesinde homojen olarak dağılmıştır. Tarihi Sismoloji binasının lazer tarama cihazı ile toplamda 17 istasyon noktasına kurularak ölçümü yapılmış ve elde edilen nokta bulutlarından binanın 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Taramalar sonucu istasyonların dengelenmesi gerçekleştirilmiş ve yatayda 3.7 mm., düşeyde 1.5 mm. ortalama uzunlukta ise 4.1 mm. hata bulunmuş ve hata sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Bu çalışma üniversite için başlangıç olup, üniversitenin Kandilli Kampüsü başta olmak üzere diğer kampüsleri içerisinde yer alan farklı kültür varlıklarının belgelenmesi çalışmalarında yersel tarama teknolojisine başvurulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yersel lazer tarama, Mimari dokümantasyon, Nokta bulutu, Faro, Tarihi sismoloji binası

Abstract

Terrestrial laser scanning, one of the main subjects of geomatics engineering, is an important technological development that is frequently used in many different studies including industrial design studies, mining and infrastructure studies, modeling and design of cities, architectural restoration and documentation studies etc. In this study, it is aimed to modelling and documenting the architectural Science History Collection (Historical Seismology Building) building located in the Kandilli Campus of Boğaziçi University by using a terrestrial laser scanning tool. For this purpose, before the study, a reconnaissance survey was performed around the building and the positions of the terrestrial laser scanner and the stations were homogeneously distributed in the study area to minimize the error that may arise when combining point clouds. The Historical Seismology Building was measured by terrestrial laser scanning device from 17 stations and a 3D model of the building was produced from the obtained point clouds. All scanned stations of the point clouds were adjusted and errors of 3.7 mm, 1.5 mm and 4.1 mm were found in horizontal direction, vertical direction and average length, respectively. This error was found to be within the error limits. This study is just a start for the university, and it is aimed to apply terrestrial technology in the studies of documenting different cultural assets within the campuses of the university, especially Kandilli Campus.

Keywords: Terrestrial laser scanning, Architectural documentation, Point cloud, Faro, Historical seismological building

1. Giriş

Teknolojide son yıllarda yaşanan hızlı gelişmeler, jeodezik ölçme aletlerinde de etkisini göstermektedir. Lazer tarama teknolojisi, dünyada birçok çalışma grubundaki bilim insanları tarafından çalışmalarda verimliliği arttırmak, zaman ve maliyet tasarrufu elde etmek için özellikle son yıllarda sıklıkla başvurdukları yöntemlerin başında gelmektedir. Lazer teknolojisindeki araştırmalar 1960'lı yılların başına kadar uzanmakta ve bu konuda yapılan bilimsel çalışmalar teknolojik gelişmeler ile birlikte çeşitlilik kazanmaktadır. Gerçekleştirilen bilimsel araştırmaların sonucu olarak ortaya çıkmış olan lazer tarama teknolojisinin ölçüm aracı olarak kullanılması ise 1990'lı yılların ortalarına rastlamaktadır.

Yersel lazer tarama teknolojisi ile ilgili literatür incelendiğinde çok farklı çalışma alanlarında kullanıldığı bilgisine rastlanmaktadır. Günümüzde, lazer tarama teknolojisi geomatik mühendisliği başta olmak üzere, endüstriyel tasarım çalışmaları, madencilik ve altyapı çalışmaları, şehirlerin modellenmesi ve dizaynı, mimari restorasyon ve belgeleme çalışmaları, arkeolojik çalışmalar, olay yeri inceleme, sanal gerçeklik uygulamaları, imalat kontrolü, tersine mühendislik, deformasyon çalışmaları, sinema endüstrisi vb. bir çok çalışmada sıklıkla kullanılan önemli bir teknolojik gelişmedir. Mimari belgeleme ve dökümantasyon işlemleri kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilmesi için özellikle mimarların sıklıkla başvurdukları yöntemlerin başında gelmektedir. Kültürel mirasın belgelenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır.

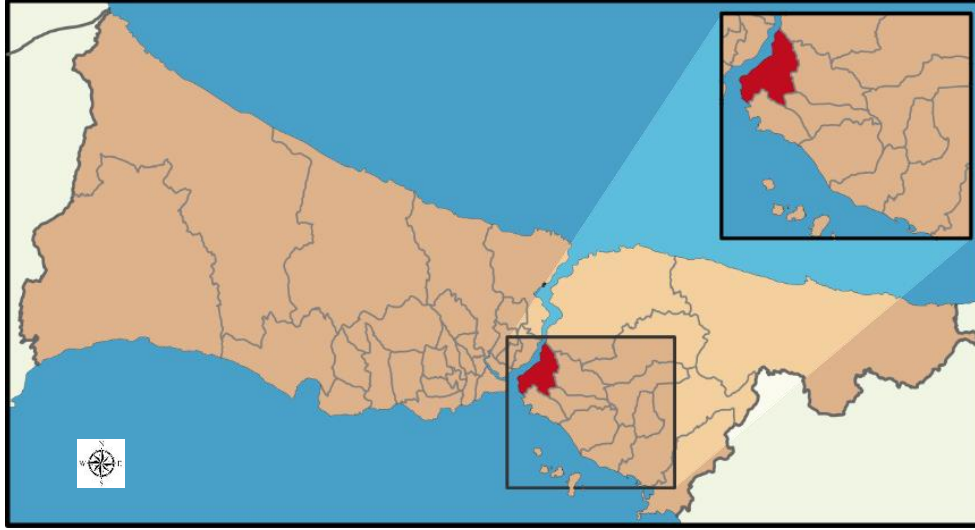
Kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere ulaştırılması için yapılmış çalışmalardan bir tanesi de Duran (2003) tarafından gerçekleştirilmiştir. Tamamlanan doktora tez çalışmasında tarihi niteliği bulunan eserlerin gelecek kuşaklara aktarılması ve özgün hallerini içeren dökümantasyonunun yapılması ve oluşmuş ve oluşacak hasarları tespit edilebilmesi için fotogrametrik yöntemler ile çalışmak oldukça önemli olduğu belirtilmiştir. Grussenmeyer vd. (2008) tamamlamış oldukları çalışmada takeomaetri, klasik fotogrametri ve yersel lazer tarama teknolojilerini ele alarak bu yöntemlerden kültürel mirasın dökümantasyonu için nasıl veri toplandığı konusuna değinmişlerdir (Grussenmeyer vd., 2008). UNESCO Dünya mirası listesinde yer alan Karabük ilinin Safranbolu tarihi ilçesi sınırları dahilinde yer alan binalardan farklı özellikte binalar seçilerek önce yersel fotogrametri yöntemi ile röleleri hazırlanmış daha sonra ise 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur (Arca vd., 2011). Konya Sırçalı Medrese Taç kapısı ile Konya Karatay Medresesi Taç kapısının yersel fotogrametri kullanılarak mimari olarak dökümantasyonu kolaylıkla tamamlanmış olup çalışmada bu yöntemin kullanılabilirliği araştırılmıştır (Korumaz vd., 2011). Sille Aya-i Eleni kilisesi yersel fotogrametri yöntemi kullanılarak mimari dökümantasyonu yapılmış ve 3 Boyutlu modeli çıkartılmıştır. Kilisenin dış cephesinin çiziminde Autocad programından yararlanılmıştır (Böge, 2013). Kuçak'ın tamamlamış olduğu yüksek lisans çalışmasında Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü Süd kampüsü sınırları dahilinde yer alan Chinese Tea House yapısının yersel lazer tarama yöntemi ile elde edilen nokta bulutlarından 3 boyutlu modeli yapılarak sayısal hali mimari dökümantasyonda kullanılmak üzere hazırlanmıştır (Kuçak, 2013). Katar İslami ve Arkeoloji Mirası projesi kapsamında Hafen City üniversitesi tarafından Al Zubarah kalesinin de yersel fotogrametri kullanılarak belgelenmesi ve farklı yazılımlar kullanılarak değerlendirilmesi çalışması başarı ile gerçekleştirilmiştir (Kersten vd., 2015). Kıvanç (2019), yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında kültürel mirasın belgelenmesi çalışmasında klasik fotogrametrik yöntem ve yersel lazer tarama teknolojisi ile karşılaştırma yapmıştır. Her iki yöntemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları olduğunu ve birbirini tamamlayan teknikler olduğunu belirtmiştir (Kıvanç, 2019). Lazer tarama tekniği ile Glasgow'un ünlü King's Tiyatrosunun ile Birmingham yakınlarındaki Holly Lodge Lisesi'nin tüm ölçümleri nokta bulutlarından yararlanılarak tamamlandı. Klasik fotogrametri tekniği ile bu iki yapının tüm ölçümleri günlerce sürecek iken yersel lazer tarama tekniği tüm ölçümler 3 günde tamamlandı ve zaman ve maliyet tasarrufu sağlandı (FARO Bilgi Bankası, 2019a). Aksaray ili sınırları dahilinde yer alan Kızıl Kilisenin sayısal fotogrametri tekniği ile 3B modelinin oluşturulmasında nokta bulutlarından yararlanılmıştır. Bu çalışma türünün kültürel mirasın dökümantasyonu çalışmalarında birçok avantajı olduğu belirtilmiştir (Ulvi vd., 2020). Klasik ölçme yöntemleri ile yersel lazer tarama teknolojisinin çıktıları karşılaştırıldığında, süreç, performans, doğruluk ve maliyet analizleri açısından lazer tarama yönteminin daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, üniversitenin birden fazla kampüsü ve bu kampüslerin içerisinde yer alan tarihi nitelikte olan binaların sırası ile yersel lazer tarama aleti ile taranıp 3B dijital verisinin alınıp envanterlerinin oluşturulmasıdır. Bu araştırmanın konusu ise, tarihi sismoloji binasının bu çalışma kapsamında yersel lazer tarama aleti ile taranıp 3B dijital verisini elde etmek ve mimari olarak envanterinin oluşturulmasını sağlamaktır. Böylelikle, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Kampüsü içerisinde yer alan Tarihi Sismoloji Binasına ait yapısal ve dijital verilerin literatürdeki bilinmeyenlerini tamamlayarak alanına katkı sağlaması da amaçlanmıştır.

2. Çalışma Bölgesi

Gerçekleştirilen çalışma için İstanbul ili sınırları içinde yer alan Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Kampüsü seçilmiştir. Kandilli Kampüsü İstanbul ilinin Anadolu yakasında yer almaktadır (Şekil 1). Kampüsün tarihçesi incelendiğinde, bilimsel çalışmalarına Anadolu yakası İcadiye tepesinde 1911 yılında başladığı görülmektedir.

Kampüs içerisinde birçok tarihi bina bulunmaktadır. Bu tarihi binalar içerisinde Bilim Tarihi Koleksiyonu binası (Tarihi Sismoloji Binası) yersel lazer tarama uygulaması için seçilmiştir. Bilim tarihi koleksiyonu binasının inşaatına 1930 yılında başlanmış ve 1934 yılında tamamlanmıştır. Geçmişte sismoloji binası olarak kullanılmak üzere tasarlanmış olan kagir bina 2 katlı olup iki bölümden oluşmaktadır. Birinci katın ön tarafı büro bölümü olup alt katta 3 üst katta 5 oda olmak üzere 8 odalıdır. Binanın ikinci bölümü ise sismografların bulunduğu Kav bölümü olup büyük bir salon ve 4 odadan oluşmaktadır (Boğaziçi Üniversitesi, 2019) (Şekil 2). Tarihi sismoloji binası 2006 yılında yapılan restorasyon sonucu Bilim Tarihi koleksiyonunun sergilendiği binaya dönüştürülmüştür.



Şekil 1. Çalışma bölgesi (Üsküdar/İstanbul)



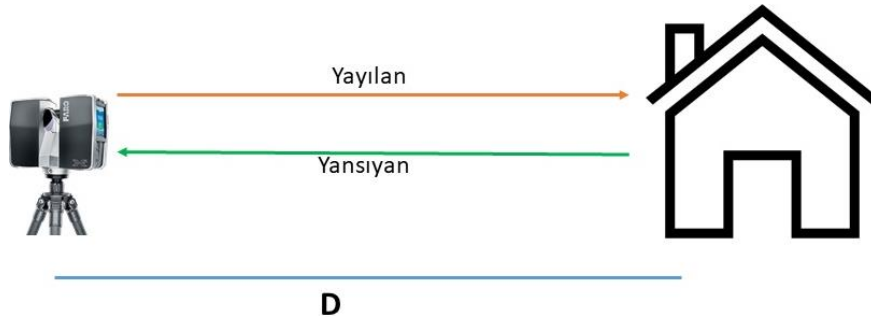
Şekil 2. Bilim tarihi koleksiyonu - tarihi sismoloji binası

3. Çalışma Prensipleri

Nesnelerin, yapıların ve alanların doğrudan ve temas olmaksızın hassas ve otomatik olarak üç boyutlu olarak tüm detaylarını içererek koordinatlarının mesafe ölçümü ile hesaplanması işlemi yersel lazer tarama teknolojisi olarak adlandırılmaktadır. Yersel lazer tarama teknolojisi özellikle mühendislik işlerinde kullanılmasının yanı sıra mimari olarak da kültürel mirasın kayıt altına alınması ve dökümantasyonunda son yıllarda sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir. Yersel lazer tarama teknolojisinde ölçme yöntemleri temelde 3 farklı şekildedir. Bu yöntemler uçuş zamanlı, faz karşılaştırma ve triangulasyon yöntemidir. Kültür varlıklarının belgelenmesi çalışmalarında özellikle müze vb. yerlerde yer alan küçük heykellerin, objelerin taranması sırasında yakın mesafe yersel lazer tarayıcılar kullanılarak üçgenleme metodu ile 3 boyutlu modelleme yapılmaktadır.

Tarihi binalar, arkeolojik alanlar ve büyük alanların mimari olarak dökümantasyonunun yapılması ve belgelenmesi işlemleri için ise uzun mesafeli yersel lazer tarama aletleri kullanılmaktadır. Uzun mesafeli tarayıcıların çalışma prensibi faz karşılaştırma metodu olup lazer ışını gidiş-geliş zamanı ile işlem yapan tarayıcılara başvurulmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yersel lazer tarama aleti olan FARO Focus 350S'nin çalışma prensibi ise faz karşılaştırma yöntemidir. Faz karşılaştırma yönteminde, tarama aleti ile nesne arasındaki uzunluk, yayılan ve yansıyan dalgalar arasındaki faz farkından hesaplanmaktadır (Şekil 3). Faz karşılaştırma yönteminin matematiksel formülü Formül 1'de verilmiştir. Bu formüle göre, D lazer tarayıcı ve nesne arasındaki mesafe olup, c ışık hızı, θ faz farkı, f ise frekansı belirtmektedir. Tarihi Sismoloji binasının taranması sırasında FARO Focus 350 S yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. FARO Focus 350 S, büyüklüğü, kompakt şekli ve genişletilmiş tarama menzili nedeniyle dış mekan uygulamaları için tasarlanmıştır (FARO Bilgi Bankası, 2019b). Faro Focus 350 S normal şartlar altında 25 metreye kadar 1 mm. doğruluğa sahip olup 0,6-330 m. arası veri alabilmektedir. Ayrıca tarayıcı, düşeyde 300° yatayda 360° dönüp veri alabilmektedir. Cihaz 1 saniyede 976000 nokta alabilirken bir taramada 198 adet fotoğraf çekebilmektedir. Uygulamada kullanılan yersel lazer tarama aletinin tüm teknik özellikleri tablo 1'de detaylı olarak verilmiştir (Şekil 4).



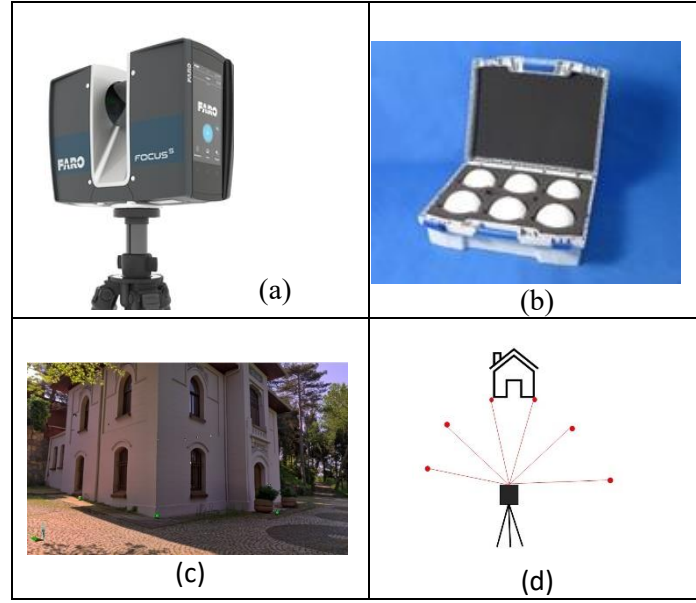
Şekil 3. Faz karşılaştırma yönteminin gösterimi

$$D = \frac{c \cdot \theta}{4\pi f} \quad (1)$$

Tablo 1. FARO Focus 350 Yersel lazer tarama aletinin teknik özellikleri

Tipi/Yöntem	Faz karşılaştırma
Pil Ömrü	4.5 saat
Ağırlık	5.2 kg
Boyut	240×240×100 mm
Menzil	0.6-330 m iç ve dış alan
Ölçme Hızı	122000/244000/488000/976000 nokta/saniye
Görüş Alanı	Düşey 300°/ Yatay 360°
Hata Sınırı	± 1 mm 10 m ve 25 m mesafede.
Sıcaklık	5-40° C sıcaklıkta en iyi çalışma performansı
Nem	Maksimum % 90

Yersel lazer tarama işlemi sırasında belirlenmiş istasyonların üstüne konulmak üzere hedefler kullanılmaktadır. Uygulama sırasında kullanılacak hedeflerin özellikleri, tarama yapılacak yere göre konumları ve geometrik konfigürasyonları önem arz etmekte olup farklı tasarım ve tipte hedefler bulunmaktadır (Gümüş, 2014). Bu referans hedefler küre, kağıt veya prizma şeklinde olabilmektedir. Uygulamada küre şeklinde referans hedefler kullanılmıştır (Şekil 4).

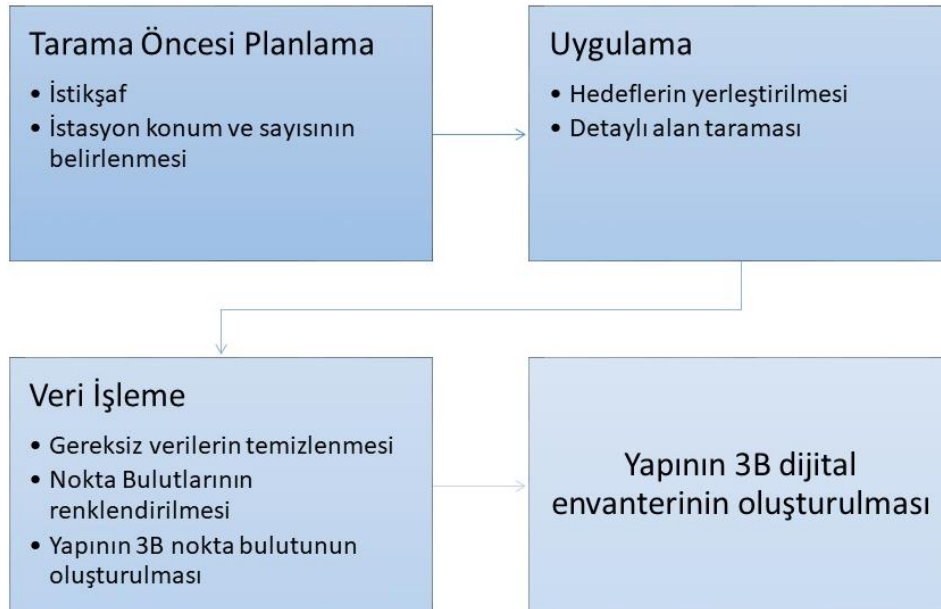


Şekil 4. Uygulamada kullanılan a) Faro focus 350S lazer tarayıcı b) Hedef referans küreler c) Arazide ölçümler sırasında referans hedef olan kürelerin konumları d) Referans hedef kürelerin planimetrik gösterimi

Yersel lazer tarama aletleri, taranacak nesneyi veya yapıyı düşey ve yatay yönde taramaktadır. Bu tarama sırasında her bir tarama için, tarayıcıdan taranan hedefe olan eğik mesafe ve bu doğrultunun aletin yatay ve düşey eksenleri ile yapmış olduğu açılar ölçülmektedir. Bu ölçümlerin dışında lazer ışınının taranan objeden yansıma şiddeti de tarama aletine kaydedilmektedir (Altuntaş, 2017). Bu tarama şekli ile nokta bulutları oluşmaktadır.

4. Uygulama

Tarihi sismoloji binasının yersel lazer tarama aleti ile mimari olarak belgelenmesi çalışması 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. İşlem adımlarını gösteren iş akışı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Mimari dokümantasyonda yersel lazer tarama iş akışı

Tarama işlemine başlamadan önce yapı etrafında istikşaf çalışması yapılmış ve istasyonlar ile lazer tarayıcının optimum olarak konumları belirlenmiştir. Bu işlemde hatanın en aza indirilmesi için referans küreler çalışma alanına homojen bir şekilde dağılmış olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışma alanında taranacak objelerin, yapıların veya alanların konumlarından ve çevresel etkilerden dolayı yersel lazer tarama aletini kurmakta zorluklar ve kısıtlamalar olabilmektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılması için yapının çevresine tesis edilecek istasyonların homojen olarak kurulması gerekmektedir.

Çalışmada ölçümü yapılan tarihi sismoloji binasının 3 cephesinin ölçümü için herhangi bir sorunla karşılaşılmazken arka cephenin ölçümünde kısıtlamalar ortaya çıkmıştır. Binanın ön, sağ ve sol cepheleri açık, geniş olup herhangi bir kısıtlayıcı nesne, yapı bulunmamaktadır ancak binanın arka cephesi depo bölümü ile birleşik olarak inşaa edildiğinden ölçümleri yapabilmek için depo bölümünün çatısına alet ve referans hedefler kurularak tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6'ta çatıya kurulum yapıldıktan sonra elde edilen nokta bulutu görülmektedir.



Şekil 6. Nokta bulutlarından üretilmiş binanın kısıtlayıcı arka cephesi

17 adet istasyon kurulumu ile tamamlanmış olan tarama işlemi sırasında 276,512,777 adet nokta ölçülmüş olup bu noktalardan birbirlerinden bağımsız nokta bulutları elde edilmiştir. 17 adet istasyon kurulması ve tarama işlemi ardışık lazer taramasıdır ve bu tür lazer taramaları bindirmeli olup bindirme oranı % 30'tur (Altuntaş, 2017). Her bir bağımsız nokta bulutunun birleştirilmesi için minimum 3 adet referans kürenin ortak olması şartı ile FARO Scene yazılımda önce manuel olarak işaretlenen ortak hedefler ile iki bağımsız nokta bulutu birleştirilmiştir. İkinci adımda ise hassas dengeleme metodu ile Scene yazılımı otomatik olarak referans kürelerini tespit edip nokta bulutlarını birleştirmiştir. Daha sonra ise 17 adet bağımsız taramanın birleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Böylelikle, bütün istasyonlardaki bağımsız nokta bulutları birbiri ile ortak referans küreleri ile jeoreferanslanarak tek bir nokta bulutu verisi elde edilmiştir (Şekil 7).

Tarihi eserlerin ve binaların, tarihi dokuya zarar vermeyecek şekilde tüm detaylarının alınması için yersel lazer tarama teknolojisi kullanılarak farklı noktalardan çok sayıda tarama yapılır. Her tarama sonucunda elde edilen nokta bulutlarının koordinatları, tarayıcı alet merkezli lokal koordinatlardır. Gerçekleştirilen bu çalışmada tarihi sismoloji binasının 3 Boyutlu dijital modelinin oluşturulması için 17 kez istasyon noktasına yersel lazer tarama aleti kurulmuş ve nokta bulutları elde edilmiştir. Elde edilen nokta bulutlarının koordinatları lokal koordinatlar olup bütün nokta bulutları lokal koordinat sisteminde birleştirilmiştir.



Şekil 7. Üretilen nokta bulutu

FARO Focus 350 S yersel lazer tarama aletinin içinde nesneyi tararken tarayıcıya entegre kamerası bulunmakta ve bu kamera ile tarama yapılırken aynı zamanda ölçülen nesnenin fotoğrafları da kaydedilmektedir. Yersel Lazer tarama uygulamalarında yer alan çözünürlük kavramı, ardarda gelen iki nokta arasındaki mesafedir (Gümüş, 2014). Bu sebeple gerçekleştirilen tarama işleminde, taranan objeye bağlı olarak uygun çözünürlük seçilmelidir. Düşük çözünürlük ile daha az nokta bulutu elde edilirken, yüksek çözünürlükte daha fazla detay ile daha fazla nokta bulutu elde edilmektedir. Uygulamada ilk olarak düşük çözünürlükte (1/8 oranında) tarama yapılmış ve tarama sırasında resim çekme özelliği kapatılmıştır. İkinci aşamada ise yüksek çözünürlükte (1/4 oranında) tarama yapılarak resim çekim modülü açılmış ve ayrıca binanın HDR formatında 70 megapiksel çözünürlüklü resimleri de alınıp kaydedilmiş ve renkli nokta bulutları üretilmiştir (Şekil 8).

Taramalar sonucu elde edilen nokta bulutlarının birleştirilmesi sonrasında taramaya esas olan Tarihi Sismoloji binasının dışında birçok fazla ve gereksiz nokta bulutları oluşmuştur. Üç boyutlu modellemede kullanılmayacak olan bu veriler Faro'nun Scene yazılımı yardımı ile temizlenmiştir. Temizleme işlemi manuel olarak yapılmış ve taranan bina çerçeve içine alınmış, çerçeve dışındaki nokta bulutları da silinmiştir. Birleştirilmiş ve temizlenmiş nokta bulutlarının dengelemesi Scene yazılımında gerçekleştirilmiştir. Scene yazılımında dengeleme için maksimum hata sınırı 20 mm. verilmiş ve istasyonların dengelenmesi sonucu yatayda 3.7 mm., düşeyde 1.5 mm. ortalama uzunlukta ise 4.1 mm. hata bulunmuş ve hata sınırları içinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 8. Tarihi Sismoloji Binasının nokta bulutlarından oluşturulmuş 3 boyutlu görseli

5. Sonuçlar ve Bulgular

Günümüzde, deformasyon ölçmelerinden sinema endüstrisine kadar birçok alanda kendisine yeni uygulama alanları kazanan, ölçme işlemine yeni bir boyut katan yersel lazer tarayıcılar, birçok araştırmanın konusu olmaktadır. Yersel fotogrametri, yersel lazer tarama teknolojisi, mobil lazer tarama, LİDAR, modern metodlar olup çeşitli bilim insanlarının son yıllarda sıklıkla başvurdukları yöntemlerdir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada İstanbul ili Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Kampüsü sınırları içinde yer alan Tarihi sismoloji binasının Yersel Lazer teknolojisi kullanılarak yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu dijital görüntüsü elde edilmiştir.

Tarihi, anıtsal ve kültürel eserlerin dökümantasyonu ve röleve çalışmaları uzun yıllardır klasik fotogrametrik yöntemlerle yapılmaktadır. Ancak gelişen teknoloji ile yersel lazer tarama teknolojisi, klasik yöntemlere göre kullanıcıya zaman, tasarruf, doğruluk olarak avantajlar sunmaktadır. Kültürel mirasın dökümantasyonu çalışmalarında, obje, yapı veya alanda meydana gelebilecek deformasyon, hasar veya eserin tümüyle yıkılması gibi hallerde dijital olarak eserlerin kayıt altına alınması yersel lazer tarama teknolojilerinin önemini göstermektedir.

Tarihi sismoloji binasının elde edilen sayısal 3 boyutlu, yüksek çözünürlüklü verilerinin multidisipliner çalışmalarda da kullanılmak üzere dökümantasyonunun yapılması ve saklanması önemli bir gelişmedir. Kampüsü sınırları dahilinde Tarihi Sismoloji binası dışında da eski ve tarihi binalar bulunmaktadır. Gelecek çalışmalarda ise bu binaların yersel lazer tarama teknolojisi ile yüksek çözünürlüklü ve 3 boyutlu nokta bulutları üretilerek sayısal formattaki hali dijital kütüphanede muhafaza edilmesi ve gerekli olması halinde ise multidisipliner çalışmalarda kullanılması amaçlanmaktadır.

Kaynaklar

- Altuntaş, C. (2017). Yersel lazer tarayıcı nokta bulutlarının birleştirilmesi ve jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi: literatür araştırması, *Selçuk Teknik Dergisi*, 16(1), 12-43.
- Arca, D., Bayık, Ç., Acar, H., Alkan, M., & Şeker, D. Z. (2011, Nisan). Safranbolu Tarihi Kenti Örneğinde Dokümantasyon Çalışmalarında Fotogrametri ve CBS'nin Birlikte Kullanımı. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 13, 18-22.
- Böge, S., (2013). Tarihi ve Kültürel Varlıkların Röleve Alımı İçin Farklı Yöntemlerin Birlikte Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Boğaziçi Üniversitesi, (2019, Kasım 02). http://www.koeri.boun.edu.tr/new/tr/bilim_tarihi/
- Duran, Z. (2003). Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- FARO Bilgi Bankası, (2019a, Ekim 10). <https://www.faro.com/tr-tr/resources/makaleler/>
- FARO Bilgi Bankası, (2019b, Ekim 03), <https://www.faro.com/products/construction-bim/faro-focus/>
- Gümüş, K. (2014). Yersel Lazer Tarayıcıların Doğruluk Araştırması ve Mühendislik Yapılarında Kullanılabilirliği: Oymapınar Barajı Örneği. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Grussenmeyer, P., Landes, T., Voegtler, T., & Ringle, K. (2008). Comparison methods of terrestrial laser scanning, photogrammetry and tacheometry data for recording of cultural heritage buildings. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B5), 213-218.
- Kersten, T., Mechelke, K., & Maziull, L. (2015). 3D model of al zubarah fortress in Qatar—Terrestrial laser scanning vs. dense image matching. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-5/W4, 1-8. doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-1-2015.
- Kıvanç, H., (2019). Kültürel Miras Belgeleme Çalışmalarında Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Tarama Yönteminin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel mirasın belgelenmesinde dijital yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Kuçak, R., (2013). Tarihi Eserlerin Dokümantasyonunda Çeşitli Veri Toplama Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi, *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.