

TARİHİ ESERLERİN DOKÜMANTASYONUNDA ÇEŞİTLİ VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

R.Alper KUÇAK¹, Fatmagül KILIÇ², Akın KISA³

¹Arş. Gör., Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58400, Sivas, akucak@cumhuriyet.edu.tr

²Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Davutpaşa, İstanbul, fkilic@yildiz.edu.tr

³Dr., Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06100, Çankaya, Ankara, akinkisa@gmail.com

ÖZET

Tarihi eserler geçmişten günümüze gelene kadar, doğal ya da doğal olmayan birçok tahribata maruz kalmaktadır. Bu nedenle; kültürel mirasın korunması ve bir sonraki kuşakları, tarih hakkında bilgilendirmek amacı ile yapılan çalışmalar, tüm dünyada gün geçtikçe hızlanmakta ve önemi büyük ölçüde artmaktadır. Artan bu önem, kültürel miras üzerine yapılan bu çalışmaların daha kolay ve daha detaylı olması için teknolojiyi de teşvik etmekte, bu da kullanılan ölçme sistemlerinin gelişmesini sağlamaktadır.

Tarihi yapıların bakım ve onarımı, korunması için altlık olacak verilerin (rölöve ve üç boyutlu model) hazırlanmasında fotogrametrik yöntemler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Lazer tarayıcıların gelişmesi de bu yöntemlere zenginlik katmış, detay ve doğrulukta artışlar olmuştur.

Bu çalışmada, tarihi eserlerin üç boyutlu (3B) modelinin hazırlanmasında yersel fotogrametri ve lazer ile tarama yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, jeodezik ölçümler referans alınarak doğruluk açısından incelenmiştir. Çalışma alanı olarak Almanya-Karlsruhe'de bulunan tarihi bir bina seçilmiştir ve kültürel mirasın dokümantasyonu için yapılacak çalışmalara bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: 3B Modelleme, Yersel Fotogrametri, Yersel Lazer ile tarama

ABSTRACT

ANALYSIS OF VARIOUS DATA COLLECTION METHODS FOR DOCUMENTATION OF HISTORICAL ARTIFACTS

Historical artifacts living from the past until today exposed to many destructions non-naturally or naturally. For this reason, the protection of cultural heritage and the studies doing to inform the next generations is accelerating day by day in the whole world and the importance of it is increasing highly. By this increased importance, the technology is encouraged in order to be easier and more detailed of studies made on the cultural heritage and this importance have provided the development of used measurement systems and renewing itself every day.

Photogrammetric methods are used for years to prepare databases (measured drawings and three-dimensional model) for maintenance and repair of historic buildings. These methods has enriched the development of laser scanners, detail and accuracy has been increased.

In this study, terrestrial photogrammetry and laser scanning methods have been used in preparation of three-dimensional (3D) model of the historical sites. These methods are examined in terms of accuracy by reference to the geodetic measurements. "Chinese Tea House" which is a historic building located in Germany-Karlsruhe have been selected as the study area and providing a contribution to the studies to do for the documentation of cultural heritage have been intended.

Keywords: 3D Modelling, Terrestrial Photogrammetry, Terrestrial Laser Scanning

1. GİRİŞ

Arkeolojik ölçmeler ve tarihi eserlerin dokümantasyonu için yersel fotogrametri uzun yıllardır vazgeçilmez bir yöntem olmuştur. Günümüzde lazer ile tarama teknolojisi de benzer olarak uzun yıllar kullanılacak şekilde gelişim göstermektedir.

Fotogrametri, özellikle son yıllarda geliştirilen sayısal değerlendirme sistemleri yardımıyla nesnelerin görüntülerden üç boyutlu modelinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Günümüzde ise kullanıma giren lazer tarama teknolojisi pek çok ölçme uygulaması için umut verici bir alternatif olarak görülmektedir. Uçaktan ve yerden lazer tarama teknolojisi çok büyük miktarda üç boyut verisini, çok hızlı elde etmekte ve nesnelerin görüntüleriyle bütünleştirerek bir gösterim sağlamaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı mekansal nesnelerin, görüntüleme tekniklerine göre daha gerçeğe yakın bir gösterim elde etmesidir. Elde edilen bu modeller tarihi miras, toprak yönetimi ve tıp uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Kültürel mirasın belgelendirilmesi konusunda da, üç boyutlu modeller, görselleştirme için çok önemli araç olmaktadır (El-Hakim, S. F., 2001).

Fotogrametri, ASPRS tarafından; nesnelere ve yakın çevresine temas etmeksizin, yayılan elektromagnetik enerjinin algılanması, değerlendirilmesi ve yorumlanmasıyla nesne ve çevresi hakkında güvenilir bilgiler elde etme sanatı, bilimi ve teknolojisi olarak tanımlanmıştır (Wolf, P.R., Dewitt, B.A., 2000).

Yersel fotogrametri yöntemi fotogrametrik röleve yapımında yıllardır başarı ile kullanılan bir yöntemdir. Gelişen bilgisayar ve bilgi teknolojileri ile birlikte, klasik yersel fotogrametri yöntemi yerini dijital yöntemlere bırakmıştır. Dijital fotogrametri yöntemi ile bütün yöneltme ve çizim işlemleri bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, otomatik yöneltme ve ölçme işlemleri, üç boyutlu vektör veri, sayısal ortofoto, sayısal yüzey ve arazi modellerinin üretimi gibi birçok imkân sunmaktadır. Elde edilen sonuç ürünlerinin sayısal olması, bu ürünlerin belgeleme ve fotogrametrik röleve dışında üç boyutlu modelleme, üç boyutlu verinin görselleştirilmesi, yönetilmesi ve CBS ortamında sunulması gibi farklı uygulama alanlarında da kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Wolf, P.R., Dewitt, B.A., 2000).

Elverişsiz dış koşullu ortamlar (yetersiz aydınlatma, toz vb) için fotogrametrinin uygulanması zor olmaktadır. Bu nedenle, obje geometrisinin doğrudan ve yüksek doğrulukla 3B ölçümünü sağlayan Yersel Lazer Tarama (YLT) yöntemide dökümantasyon çalışmalarında kullanılmaya başlamıştır.

Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar, 1960 yılından bu yana 40 yılı geçkin bir tarihe sahiptir. YLT teknolojisinin bir ölçüm aracı olarak gerçekten bir araştırma alanı haline gelmesi son 10 yılda olmuştur (Gümüş, K., vd. 2007).

Yersel lazer tarama ve fotogrametri gibi üç boyutlu sonuç veren yöntemler, yüzeylerin sayısal modellerini çıkarmak için kullanılır. Lazer tarayıcılar, mimari ve arkeolojik ölçme uygulamalarının birçok alanında, en yaygın olarak kullanılan aletlerden biri haline gelmiştir. Kültürel Miras nesnelerinin sunumu ve foto-gerçekçi modellerinin elde edilmesi, yüksek çözünürlüklü dokular ve detay seviyelerinin (level of detail-LOD) farklı aşamalarında, daha fazla detayın elde edilmesi ve geometrik doğruluğu iyi 3B modelleri elde edebilmek için lazer tarayıcılar kullanılabilir. Yöntemlerin doğrulukları, hassasiyetleri ve sonuçları; ölçümün amacı ve ölçülen nesneye göre kullanılan aletin temel özelliklerine bağlı kalınarak değerlendirilmektedir (Fabris, M. vd., 2012).

Kültürel mirasın dokümantasyonu üzerine yapılan üç boyutlu model veya röleve çalışmalarında kullanılan yöntemlerin modellemede sundukları görsellik kadar, yöntemlerin doğruluklarının incelenmesi de, belgelendirme çalışmaları için büyük önem taşımaktadır. Araştırmalarda kullanılan yöntemlerin doğruluğunun karşılaştırılması metotları incelendiğinde; belgelendirme için yapılan ölçme metotlarının doğruluğu, referans alınan diğer bir ölçme yöntemi kullanılarak irdelenmiştir. Ayrıca, kullanılan ölçme yöntemlerinden elde edilen veriler "T" Dağılımı, "F" Dağılımı vb. istatistik testlerine tabi tutularak sistemlerin güvenilirlikleri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; tarihi binaların belgelendirilmesinde yersel fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerinin kullanılması ve yöntemlerin doğruluklarının karşılaştırılmasıdır.

1.1 Yersel Fotogrametri ile Modelleme

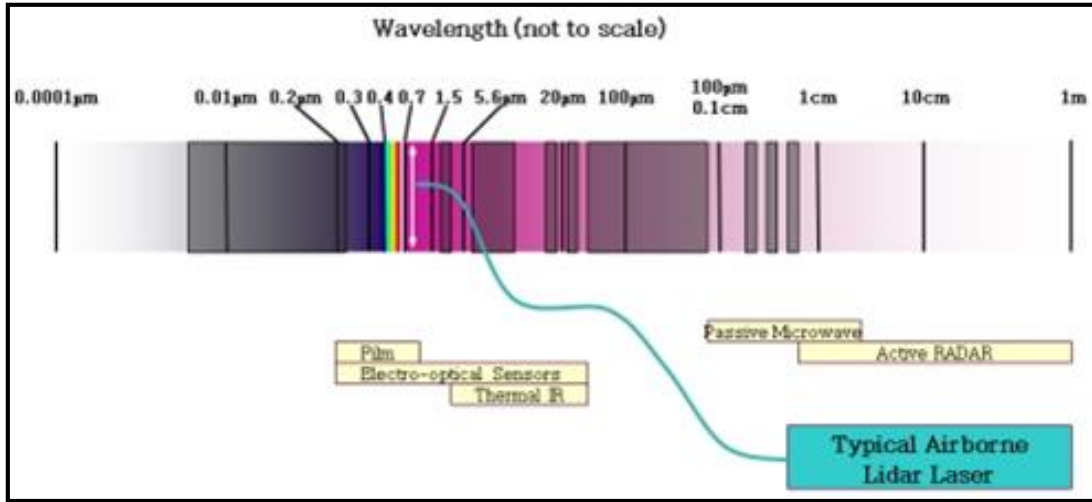
Yersel Fotogrametri Yöntemi; tarihi eserlerin 3B modelinin elde edilmesinde ve röleve projelerinin çizilmesinde geçmişten günümüze kadar gelişerek gelmiş ve günümüzde belgelendirme çalışmalarında kullanılan, güvenilir bir sistem olarak literatür ve uygulamadaki yerini almıştır.

Fotogrametrinin ilk uygulamaları yersel fotogrametri alanında olmuştur. Fotoğrafın bulunışundan kısa bir süre sonra 1858 yılında Alman bilim adamı Meydenbauer, fotoğrafın nesnel içeriğini ölçme tekniği ile bütünleştirerek, yıkılan bir kilisenin eldeki mevcut resimlere göre onarımını gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda fotogrametrinin de ilk kurucularından sayılan Meydenbauer kültür yapıtlarının belgeleneceği bir merkezi örgüte duyulan ihtiyacı daha o zamanlar görmüş ve büyük çabalarla 1883 yılında Berlin’de ilk ulusal fotogrametrik dökümantasyon merkezini (Prusya Resim Örgütü) kurmuştur (Alkış, A.,1988’ye atfen Marangoz, A., 2002).

Fotogrametri, kısaca fotoğraflar yardımı ile üç boyutlu modeller elde etmemizi sağlar. Yersel Fotogrametrik yöntem ile fotogrametrinin tarihi yapıların modellenmesinde kullanımı; nesne hakkında geometrik bilgi, konum, boyut ve şekli hakkında bilgi sağlayan, bunu fotoğraflar üzerinden yapan bir teknik olmasından ileri gelir. Bu yöntemde üç boyutlu bir nokta elde edilmesi için uzayda iki ışının (fotoğraftan nesneye) kesişmesi veya bu noktanın bulunduğu ışın ve yüzey gereklidir (Demir, N., 2005).

1.2 Yersel Lazer Tarama ile Modelleme

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), (Radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi) cümlesindeki kelimelerin baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir (Gould, R. Gordon ,1959). 1960 senesinde ABD’de Theodore H. Maiman tarafından keşfedilmiştir. Normal ışık, farklı faz ve dalga boyuna sahip dalgalardan meydana gelir. Lazer ışığı ise yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı dalga boyuna sahip dalgalardan ibarettir. Optik dalga boyu bölgesi yaklaşık olarak bir trilyon hertz ile üç bin trilyon hertz arasında yer alır. Bu bölge, kızıl ötesi ışınları, görülebilen ışınları ve elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlarını kapsar (Şekil 1.1) (URL 1).



Şekil 1.1 Lazer Işını Dalga Boyu

YLT günümüzde, geniş bir alana yayılmış 3B veriyi hızlı ve oldukça kısa bir sürede toplamak için güçlü bir teknolojidir. Her taramadan elde edilen temel bilgi; aletin etrafında küre bir ağ oluşturacak şekilde, birbirine uyumlu olarak ölçülen yüzeylerin 3B noktalarının tamamı ile oluşan, sanal nokta bulutudur. Koordinatlar, lazer tarayıcıda kaydedilen verilerin diğer çeşitleri ile entegre edilmiştir. Aynı zamanda, RGB verileri harici veya dahili kalibre edilmiş bir kameradan elde edilen veriler ile de entegre olabilir (Scaioni, M., 2005).

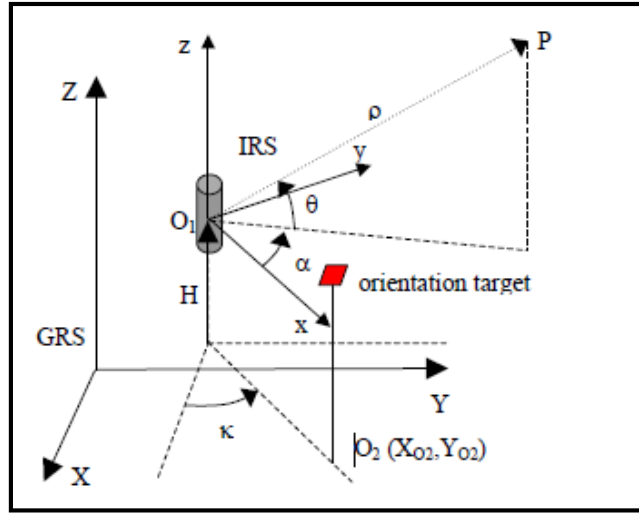
1.2.1 Yersel Lazer Tarayıcıların Çalışma İlkesi

Yersel lazer tarayıcılar yatay ve düşey yönde dönebilen bir mekanizmaya sahiptir. Modüle edilen lazer ışını aletin elektronik biriminden çıkar ve büyük bir hızla dönen optik kısma çarpar. Bir ayna gibi hareket eden bu optik birim yüzeyindeki ışın yansıtılır ve özel bir açı ile aletten çıkar. Lazer tarayıcı bu açıyı elde ettikten hemen sonra bir sonraki açıyı elde etmek için düşey eksen etrafında çok küçük bir açı ile döner (Vozikis, Vd., 2004). Bu işlem periyodik olarak tarama işlemi bitene kadar devam eder. Taramalar esnasında büyük bir noktalar kümesi elde edilir ve bu noktalar kümesindeki her bir nokta kutupsal koordinatlarla ifade edilir. Günümüzde, lazer tarayıcılar geometrik konumların yanında her bir noktanın radyometrik yoğunluklarını da kayıt etmektedirler (Yılmaz, Vd., 2006). Bunun yanında, yüksek çözünürlüklü kamera sistemlerine sahip lazer tarayıcılar sayesinde, fotoğraflar da kayıt edilmekte ve bu fotoğraflar sayesinde renkli nokta bulutları elde edilebilmektedir.

Lazer Tarayıcılar, ölçülecek objeyi yatay ve düşey yönde belirli bir açı altında nokta dizileri şeklinde tarayarak nokta bulutu halinde görüntülenmesini sağlar (Lichti D.D. ve Gordon S.J., 2002). “Her lazer noktası için tarayıcı alet merkezli kutupsal koordinatlar ölçülür. Bunlar; ölçülen noktaya olan eğik uzaklık “ ρ ”, ölçüm doğrusunun yatay düzlemle yaptığı eğim açısı “ θ ” dır (Altuntaş, C., 2008). Aynı zamanda lazer tarayıcılar, ölçülen yüzeyin yapısını ve ölçme uzaklığına bağlı olarak, dönen sinyalin yoğunluğunu da ölçerek kayıt eder.

Yersel lazer tarayıcılarla ölçülen büyüklükler ve tarayıcı koordinat sistemi Şekil 1.2 de görülmektedir. Şekil 1.2 de;

- x,y,z : Tarayıcı Koordinat Sistemi ,
- X,Y,Z : Arazi Koordinat Sistemi
- ρ : Lazer tarayıcı ile ölçülen obje noktası arasındaki eğik mesafe,
- α : Işın doğrultusunun x eksenine yatay düzlemde yaptığı açı,
- θ : Işın doğrultusunun yatay düzlemle yaptığı eğim açısı,
- O_1 : Lazer tarayıcı yerel koordinat sistemi merkezi,
- O_2 : Arazide koordinatı bilinen nokta
- H : Tarayıcı koordinat sistemi merkezi ile arazi koordinat sistemi merkezi arasındaki yükseklik farkı.



Şekil 1.2 Yersel Lazer Tarayıcı Ölçüleri, Tarayıcı Koordinat Sistemi ve Yer Koordinat Sistemi (Scaioni, M., 2005)

Bu ölçüler arasındaki geometrik ilişki ve taranan noktaların tarayıcı alet orjinli 3B koordinatları (x,y,z) eşitlik 2.1’deki gibi ifade edilebilir (Scaioni, M., 2005).

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \alpha \\ \cos \theta \sin \alpha \\ \sin \theta \end{bmatrix}$$

(1.1)

Yersel lazer tarayıcılar ölçme prensibine ya da teknik özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Bütün uygulamalarda kullanılabilen bir yersel lazer tarayıcı tanımlamak oldukça zordur. Bazı yersel lazer tarayıcılar kapalı mekânlar ve orta mesafelerde (100 m ye kadar) uygun olurken, bazı yersel lazer tarayıcılar açık mekânlarda ve daha uzun mesafelerde daha uygundur. Bu nedenle uygulamaya bağlı olarak en uygun yersel lazer tarayıcının seçilmesi gerekir.

1.3 Üç Boyutlu Modelin Doğruluğu

Kültürel mirasın belgelendirilmesi ve röleve çizimleri ile ilgili çalışmalar; ICOMOS (International Council of Monuments and Sides) ve ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) gibi uluslararası organizasyonlar tarafından düzenlenen sempozyum ve diğer aktivitelerde çok sıklıkla yer almaktadır. Özellikle bu iki organizasyonun etkin işbirliğiyle kurulan CIPA (International Committee for Architectural Photogrammetry) düzenlediği sempozyumlarla, bu konuda çalışan üniversitelere, proje geliştiren,

yürüten kamu kurumları ve ticari firmalara yeni teknolojilerin tanıtılması ve projelerde etkin kullanımı konusunda ışık tutmaktadır. CIPA tarafından yayınlanan kültürel mirasın belgelendirmesi için bina çizimi ve röleve doğruluğu Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : CIPA röleve doğrulukları (URL 3)

Röleve	Doğruluk (cm)
1/50	1-2
1/10-1/20	0.5-1
1/100	3-5

Kültürel Mirasın dokümantasyonu üzerine yapılan çalışmalarda, kullanılan yöntemlerin doğruluğunun karşılaştırılması metotları incelendiğinde; yapılan iki farklı ölçme yönteminin doğruluğu, referans alınan diğer bir ölçme yöntemi kullanılarak karşılaştırılmış ve çıkan sonuçlar dokümantasyonun doğruluğunu gösterecek şekilde çeşitli olasılık ve istatistik yöntemleri kullanılarak irdelenmiştir.

Gümüş (2008), tarafından “Yersel Lazer Tarayıcılar ve Konum Doğruluklarının Araştırılması” isimli çalışmada lazer tarayıcı ile 3B modeli elde edilen tarihi eser, total station ile belirli noktalarından ölçülmüş ve lazer tarama ile elde edilen koordinatlar, total stationdan elde edilen koordinatlara dönüştürülmüştür. Böylelikle, aynı koordinat sistemine dönüştürülerek elde edilen koordinat farklarından yararlanılarak sistemin güvenilirliği irdelenmiştir. Manuel ve otomatik olarak birleştirilen lazer tarama noktaları arasında karşılaştırma yapılarak sistemin doğruluğu otomatik yöntemde ± 1.11 cm, manuel yöntemde ± 2.19 cm olarak belirlenmiştir. Her iki birleştirme yönteminin birbirine göre doğruluğunu belirlemek için, tarihi eser yüzeyinde yerleri belirgin pencere, kapı gibi köşe noktalarından yararlanılmıştır. Bina yüzeyindeki noktalar, LEICA TPS 1201 total station aleti ile ölçülmüş ve arazi koordinatları elde edilmiştir. Otomatik olarak ve manuel olarak seçilmiş aynı noktaların koordinatları ile bunların total stationla belirlenen koordinatları arasında karşılaştırma yapılmış ve farkları irdelenmiştir. Bu farklar “T dağılımı” istatistik testine tabi tutularak, sistemlerin Total Station ölçümlerine göre güvenilirliği irdelenmiştir. T testi sonucunda; 0.05 yanılma olasılığı için t-testi sınır değeri: 2.080 olarak bulunmuştur. Bu değerden küçük olan değerlerin uyumlu, büyük olan değerlerin uyumsuz olduğuna karar verilmiştir (Gümüş, K., 2008).

Demir vd. (2004), “Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative System or Combined with Traditional System” isimli, Pentax PAMS645 yersel metrik kamera ile yaptıkları çift resim değerlendirmesi çalışmasında, iç yöneltme dengeleme işlemini 13 mikron hata ile ve dış yöneltme dengelemesi sonucunda sırası ile x, y, z yönlerindeki ortalama doğrulukları 4.5, 4.1, 3.1 cm olarak bulmuşlardır. Ürettikleri 3B modelden ölçtükleri 60 noktada koordinat farklarını hesaplamışlardır. 60 noktadan elde edilen koordinat farklarının standart sapmasını sırası ile vx, vy, vz; 1.45, 4.53, 6.9 cm olarak elde etmişlerdir (Demir N., vd., 2004).

Vöğtle vd., (2008), “Comparison Methods Of Terrestrial Laser Scanning, Photogrammetry And Tacheometry Data For Recording Of Cultural Heritage Buildings” isimli belgelendirme çalışmasında, Haut-Andlau Kalesinin (Alsace, France) ; Canon EOS 5D (digital), Zeiss SMK (analog) Kameraları ve Trimble GX Lazer Tarayıcısı ile 3B modelini üretmişlerdir. Sistemin doğruluğunu karşılaştırmak için Trimble 5500 marka Total Station kullanmışlardır. Her sistemin doğruluğunu kendi içinde ± 5 cm olarak elde etmişlerdir. Fotogrametrik yöntem ve YLT yönteminden elde ettikleri 3B Modelin doğruluğunu karşılaştırmak için Total Station ile de kolay ölçülebilen pencere kenarlarını seçmişlerdir ve seçilen bu 6 baz mesafesinde sistemin doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Sistemin doğruluğunu ± 2.0 cm ile ± 3.7 cm arasında bulmuşlardır (Voegtle, T., vd. 2008).

2. Uygulama

2.1 Çalışma Alanı

Almanya’nın Karlsruhe şehrinde, Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü’nün Süd kampüsünde bulunan “Chinese Tea House” (Çin ay Evi) bu çalışmada 3B olarak modellenmiştir. 1764-1765 yılları arasında Sülün köşkünün etrafında oval bir daire oluşturacak şekilde Çin evi tarzında 2 adet bina inşaa edilmiştir (URL 2). 1773 yılına

kadar sülün yetiştirmek için kullanılan yapı, köşkün bahçesinin dönüşümü sırasında bir çayevi olarak restore edilmiştir(URL 2). 1825 yılında üniversitesinin kurulması ile çalışmaya gelen Çinli işçilerin, kampüs içinde bina yapımı sırasında dinlenmek için verdikleri molalarda çay içmeleri için kullanılmıştır. Günümüze gelene kadar birkaç kez restore edilen yapı; kampüs içinde, bilinen en eski tarihi yapılardandır (Şekil 3.1).



Şekil 2.1 Çin Çay Evi

2.2 İş Akışı

Çalışmada bina YLT ile hedef levhaları kullanılarak taranmış ve 3B benzerlik dönüşümü ile nokta bulutları dengelenmiştir. Nokta bulutundan 3B modele geçilmiştir. Binanın fotoğrafları, kalibrasyonu yapılmış bir kamera ile konvergent ve binaya paralel fotoğraflar çekilmiş ve stereo görüş olmadan görüntü eşleştirme ve ışın destelerine göre dengeleme yapılarak 3B model oluşturulmuştur. Bina jeodezik olarak total station ile reflektörsüz olarak ölçülmüş ve bu değerler doğruluk araştırmasında referans değerler olarak kullanılmıştır. Doğruluk araştırmasında, total station ölçümlerinden elde edilen baz mesafeleri; YLT ve Fotogrametrik Yöntemde de aynı noktalardan elde edilmiştir. Bu baz mesafeleri ile total station baz mesafeleri arasındaki farklar karşılaştırılarak sistemlerin güvenilirliği test edilmiştir.

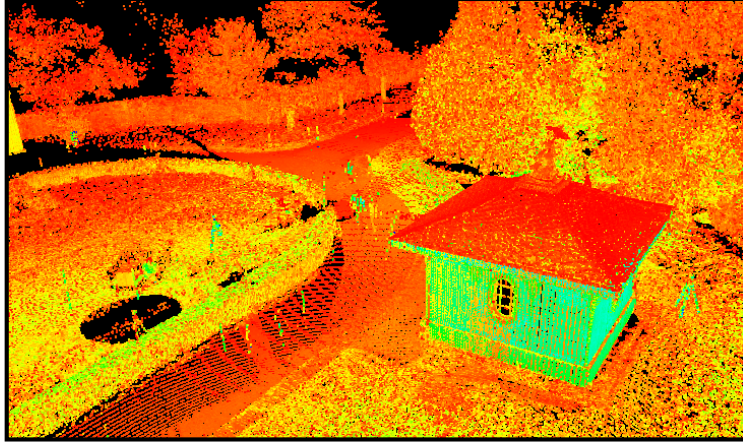
2.2.1 Lazer Tarama İşlem Adımları

Çalışmanın başlangıcında YLT'nin özellikleri değerlendirilerek araziye çıkılmadan önce tarama işlemi planlanmıştır. Tarama sırasında hedef levhaları kullanılmış ve nokta bulutlarının birleştirilmesi işleminde de 3B benzerlik dönüşümü kullanılmıştır.

Lazer tarama işlemi için araziye çıkıldığında ilk işlem olarak bağlama noktaları (hedef levhaları) tarihi binanın etrafında belirlenmiş ve 5 adet levha yerleştirilmiştir. Her tarama noktasından en az 4 tane hedef levhası kapsanacak şekilde tarama işlemi yapılmıştır.

Lazer tarayıcı, alet sehpasına en az 4 hedef levhası görecektir şekilde yerleştirilmiş ve lazer tarayıcıyı kontrol etmek için araziye getirilen laptop ile taramalar kontrol edilmiştir. Her tarama için, aletin hazır olduğu kontrol edildikten sonra, Leica Cyclone programı çalıştırılmış ve ilgili tarayıcı seçilmiştir. Sonraki aşamada bütün taramaların tutulacağı veritabanları oluşturulmuştur.

YLT fotoğraf çekme özelliğine sahip olmadığı için, taranacak alanın belirlenmesi için "Preview" taraması ile 360° yatayda 310° düşey açılarla düşük çözünürlüklü bir tarama yapılmıştır (Şekil 2.2). Aletin kurulduğu her noktada bu işlem yapılmış ve bir sonraki taramada modellemesi yapılacak nesne "ultra-high" çözünürlük ile taranmıştır. Bina 5 noktada taranmıştır.



Şekil 2.2 “Preview” çözünürlük ile ilk tarama

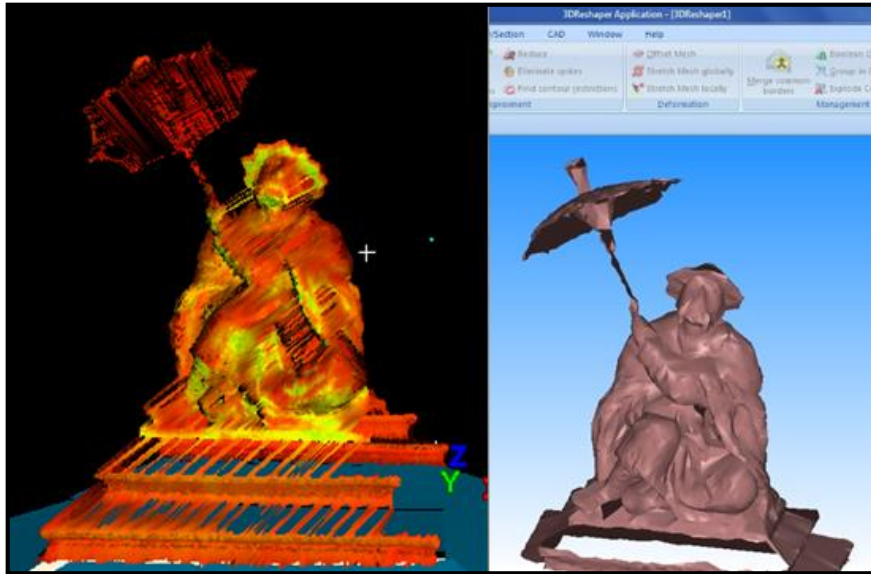
Yaklaşık olarak 5 saatlik bir arazi çalışması ile tarama gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2.1’de yaklaşık olarak ölçüm sonucu elde edilen nokta sayısı, m² ye düşen nokta sayısı ve aletin saniyede mak. sayıda attığı nokta sayısı verilmiştir.

Çizelge 2.1: Lazer Tarayıcı Tarama Hızı ve Ölçüm sonucu oluşan nokta sayısı

Pts/sn (Ultra High Mode)	500 000
Oluşan Nokta	71 000 000
Pts/m ²	38 000

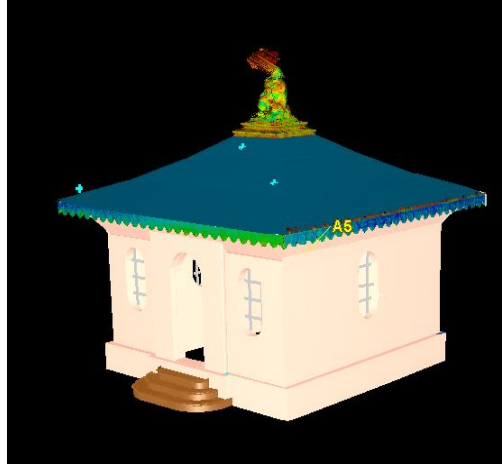
2.2.2 Tarama verilerinden 3B Modelin Üretilmesi

Lazer verileri ile üç boyutlu modelleme için bazı detaylarda Cyclone programı kullanılmıştır. Cyclone programının yetersiz kaldığı detaylarda ise “3DReshaper” yazılımı tercih edilmiştir. Şekil 2.3’ de Cyclone programı ile elde edilen heykel figürü sol tarafta, 3D Reshaper ile elde edilen figür sağ tarafta gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Cyclone ve 3DReshaper ile oluşturulan heykel modeli

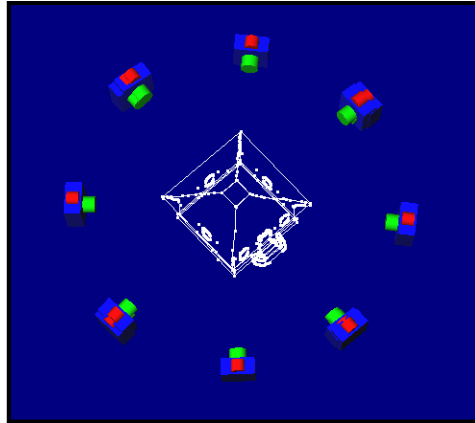
Süreç sonunda üretilen bina 3B Modeli Şekil 2.4’de sunulmuştur.



Şekil 2.4 Çin Çay Evi Üç Boyutlu Modeli

2.2.3 Fotoğraf Çekimi

Fotogrametrik yöntemle 3B model elde edebilmek için, yaklaşık olarak 8.5 m mesafeden, 36 adet fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğraflardan 12 tanesi modelleme işleminde kullanılmıştır (Şekil 2.5). Çok sayıda fotoğraf çekilmesinin nedeni; fotoğraf makinesinin çözünürlüğünden kaynaklanan yetersizlikten dolayı; daha net fotoğraflar elde edebilmek ve çözünürlükten kaynaklanan modelleme hatalarını en aza indirmektir. Ayrıca; konvergent alımda istenilen alım açıları tam olarak yakalayabilmek modellemenin doğruluğu için önemlidir. Bu sebepten dolayı; köşe noktalarını içeren fotoğraflar arasında, çekim mesafelerinde ve fotoğrafların alım açılarında istenilen pozisyonların elde edilemediği fotoğrafların yerine, tekrar çekim yapılmak sureti ile modelleme için kullanılan fotoğraflar eklenmiştir. Çekilen fotoğrafların ölçeği yaklaşık 1/1300 civarındadır.



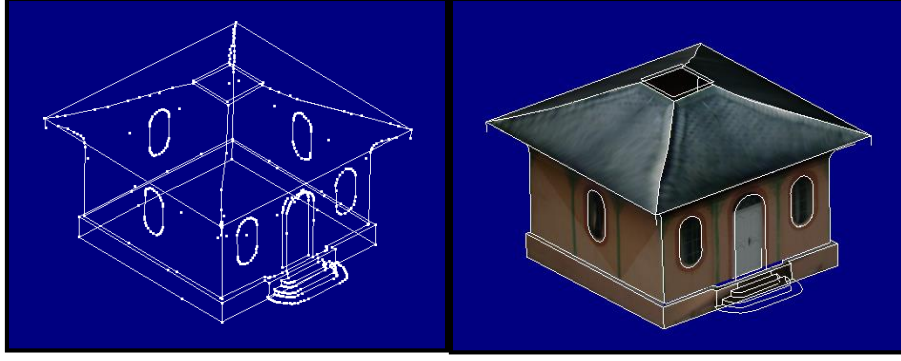
Şekil 2.5 Kamera Çekim Noktaları

2.2.4 PhotoModeler ile Modelleme

Noktaları işaretleme ve eşleştirme işlemi bittikten sonra; bir detayı 3B vektörize etmek için üç fotoğraftan herhangi birinde çizim işlemi yapılmış 12 fotoğraf ile 3 boyutlu modelin elde edilmesi için gerekli çizimler tamamlanmıştır .

Çizim işlemi tamamlandıktan sonra PhotoModeler işlemi basamaklarından verinin işleme tabi tutulması basamağı “Processing” butonu seçilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ışın destelerine göre dengeleme hatası 0.839 piksel olarak çıkmış ve hata sınırı içinde kalmıştır .

İşlem tamamlandıktan sonra, PhotoModeler programının raporuna bakılmış ve hatalar kontrol edilmiştir. Ek 3’de modellemede kullanılan noktalar ve hataları verilmiştir. Bütün bu işlemler bittikten sonra PhotoModeler’ın araçları ile 3B model üretilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 PhotoModeler 3 boyutlu model

2.3 Doğruluk Araştırması

Fotogrametrik yöntem ve yersel lazer tarama yöntemi ile Almanya Karlsruhe'de bulunan tarihi Çin Çay Evi'nin üç boyutlu modeli üretilmiştir. Binanın çeşitli noktalarına Total Station ile de ölçümler yapılmış ve doğruluk araştırmasında bu veriler referans veri olarak alınmıştır. Aynı noktalar diğer yöntemlerde de ölçülmüş, her sistem için noktalar arası mesafeler hesaplanmış ve bu mesafeler arası farklar hesaplanmıştır. Daha sonra; her üç sistemin birbiri ile doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için, YLT ile elde edilen bir nokta, kaba hatalı ise ; fotogrametrik yöntem ve Total Station alımlarından elde edilen aynı nokta, kendi sistemi içinde hata sınırları içinde kalsa dahi sistemden çıkarılmıştır. Bu yaklaşım her üç sistem için teker teker yapılarak, kaba hatalar giderildikten sonra toplamda 55 baz mesafesi elde edilmiştir. Kaba hataların olmadığı bu 55 baz mesafesi için standart sapmaları hesaplanmıştır . Buna göre; Total Station ve YLT verilerinden hesaplanan baz mesafeleri farkının standart sapması 3.4 cm olarak elde edilmiştir. Total Station ve fotogrametrik yöntemden elde edilen baz mesafelerinin farkının standart sapması ise 2.9 cm olarak elde edilmiştir. YLT verileri ile fotogrametrik yöntemin verileri birbiri ile karşılaştırıldığında standart sapma 4.8 cm olarak elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Çalışmada bina YLT ile hedef levhaları kullanılarak taranmış ve 3B benzerlik dönüşümü ile nokta bulutları dengelenmiştir. Nokta bulutundan 3B modele geçilmiştir. Binanın fotoğrafları, kalibrasyonu yapılmış bir kamera ile konvergent ve binaya paralel fotoğraflar çekilmiş ve stereo görüş olmadan görüntü eşleştirme ve ışın destelerine göre dengeleme yapılarak 3B model oluşturulmuştur. Bina total station ile reflektörsüz olarak ölçülmüş ve bu değerler doğruluk araştırmasında referans değerler olarak kullanılmıştır. Doğruluk araştırmasında, total station ölçümlerinden elde edilen baz mesafeleri; YLT ve Fotogrametrik Yöntemde de aynı noktalardan elde edilmiştir. Bu baz mesafeleri ile total station baz mesafeleri arasındaki farklar karşılaştırılarak; YLT ve Fotogrametrik yöntemin bu uygulamadaki güvenilirlikleri test edilmiştir.

Fotogrametrik veriler veya yersel lazer tarama verileri çeşitli CAD programlarında düzenlenerek mimari amaçlarla kullanılabilir. Her iki yöntemde de koordinat bilgileri kullanıldığından bu yöntemler bütünleştirilebilir. Her iki yöntemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu çalışmada yürütülen araştırmadan da anlaşılacağı üzere; tarihi eserlerin dokümantasyonu için ya da çeşitli 3B modelleme çalışmaları için tek bir yöntemle yetinmek yerine lazer verileri ile fotogrametrik yöntemi bir araya getiren bütünlük bir sistem kullanılması dokümantasyon çalışmaları için daha doğru bir seçim olacaktır.

Uygulamada kullanılan lazer tarayıcı olan ile çok hızlı bir şekilde arazi çalışmaları bitirilmiş ve tarihi eserin 3B modeli üretilmiştir. Fotogrametrik yöntem ile 3B modelin üretilmesi, yöntem operatör destekli uygulandığından lazer tarama yöntemine göre biraz daha uzun sürmüştür. Çalışma sonucu her bir yöntem için belirlenen ortak noktalardan, baz mesafelerinin standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapmalara göre yapılan karşılaştırmalar; yersel fotogrametrimin TLS'den daha hassas olduğu yönündedir. Ayrıca; her iki çalışmanın birbirinden bağımsız olarak net sonucu, fotogrametrik yöntemin ve TLS'nin bütünlük olduğu bir sisteme kullanıcıları yönlendirmektedir. Bu çalışmadan elde edilen deneyimlere göre de, çözünürlüğü yüksek bir fotogrametrik sistem entegre edilmiş yersel lazer tarayıcılar ile yapılan dokümantasyon kullanıcılar için hem hız olarak hem de doğruluk olarak daha iyi sonuçlar verebilecektir. Aynı zamanda her iki yöntem de klasik bir ölçme sistemi olan Total Station ile kontrollü bir şekilde uygulanırsa ve fotogrametrik yöntem için yüksek çözünürlüklü metrik kameralar, TLS içinde fotoğraf çekebilme özelliğine sahip lazer tarayıcılar tercih edilirse daha iyi sonuçlar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Alkış, A.**,1988, Yakın Resim Fotogrametrisi ve Türkiye’de Uygulama Olanakları, Harita Dergisi, Temmuz 1988, Ankara.
- Altuntaş, C.**, 2008, Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi Sayı 98.
- Demir N.**, vd., 2004, Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative System or Combined with Traditional System, XX. ISPRS Symposium, Commission V, WG V/2, 1221 July, İstanbul.
- Demir, N.**, 2005, Yersel Lazer Tarama ve Fotogrametrinin Birlikte Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi,YTÜ Fen Bilimleri Enst.,İstanbul.
- El-Hakim, S. F.**, 2001, A flexible approach to 3D reconstruction from single images ACM Proceedings of SIGGRAPH ’01, Technical Sketches, Los Angeles, California, 12th to 17th August 2001. 280 pages: 186.
- Fabris, M. vd.**, 2012, High Resolution Data From Laser Scanning And Digital Photogrammetry Terrestrial Methodologies., Test Site: An Architectural Surface LRG – Laboratorio di Rilevamento e Geomatica, DAUR, Università di Padova,via Marzolo, 9, 35131 Padova.
- Gould, R. Gordon**, 1959, The LASER, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, In Franken, P.A. and Sands, R.H. (Eds.). *The Ann Arbor Conference on Optical Pumping, the University of Michigan, June 15 through June 18, 1959.* p. 128
- Guarnieri, A.**, vd., 2005, Digital Photogrammetry And Laser Scanning In Cultural Heritage Survey, Cırgeo–Interdept. Research Center of Geomatics, University of Padova, Italy.
- Gümüş, K.**, vd. **2007**, Mühendislik Uygulamalarında Kullanılan Yersel Lazer Tarayıcı Sistemler, 11. TürkiyeHarita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Gümüş, K.**, 2008, Yersel Lazer Tarayıcılar ve Konum Doğruluklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi,YTÜ Fen Bilimleri Enst., İstanbul.
- Lıchtı D.D. ve Gordon S.J.**, 2002, Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording, Proceedings of FIG Working Week, s.on CD, Athens, Greece.
- Marangoz, A.**, 2002, Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölevelerinin ıkarılması Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Scaioni, M.**, 2005, Direct Georeferencing of TLS in Surveying of Complex Sites, TheISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciencies, 36(5/W17).pp.on CD
- Vozikis**, vd., 2004, Laser Scanning: A New Method for Recording and Documentation in Archaeology, FIG Working Week May 22-27 2004 Athens, Greece.
- Wolf, P.R., Dewitt, B.A.**, 2000, Elements of Photogrammetry with Applications in GIS 3th Ed.; Mc Graw Hill, New York, USA. 377-380.
- Yılmaz**, vd., 2006, Yersel Lazer Tarama Teknolojisi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2006(2) syf. 43 - 48
- URL 1:** <https://www.e-education.psu.edu/lidar/book/export/html/1798>, (15.05.2013).
- URL 2:** http://de.wikipedia.org/wiki/Fasanenschl%C3%B6sschen_%28Karlsruhe%29#cite_note-Ludwig.2CSchmidt-Bergmann.2CSchmitt-1, (16.05.2013)
- URL 3:** <http://cipa.icomos.org/>, (15.05.2013)