

TARİHİ VE KÜLTÜREL VARLIKLARIN LAZER TARAMA VE LAZER NOKTA ÖLÇME TEKNOLOJİLERİ İLE 3B MODELLENMESİNDE DUYARLILIK ARAŞTIRMASI VE UYGULAMA MODELİNİN BELİRLENMESİ

H. Karabörk¹, A. Göktepe², H. M. Yılmaz³, Ö. Mutluoğlu⁴, F. Yıldız⁵, M. Yakar⁶

¹Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı Selçuklu, Konya, hkarabork@selcuk.edu.tr

²Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Selçuklu, Konya, agoktepe@selcuk.edu.tr

³Aksaray Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı ,Aksaray, hmyilmaz@aksaray.edu.tr

⁴Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Selçuklu, Konya, omutluoglu@selcuk.edu.tr

⁵Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı Selçuklu, Konya, fyildiz@selcuk.edu.tr

⁶Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı Selçuklu, Konya, yakar@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, jeodezik ve fotogrametrik tarayıcılar ile lazer nokta ölçme prensibi ile çalışan total station cihazlarının yer objelerinin 3B modellenmesinde uygulama duyarlıklarını araştırmaktır.

Bu amaçla, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda bir ölçü düzeneği ve test ağı oluşturulmuştur. Test ağı tam cepheden 3, 8 ve 17 metre mesafelerden hem lazer tarayıcı ile hem de lazer nokta ölçme teknolojisi ile çalışan Total Station ile taranmıştır. Test alanındaki noktaların koordinatları bu tarama sonuçlarından elde edilmiş ve jeodezik yöntemle ölçülen koordinatları ile karşılaştırılmıştır. Bu noktaların birbiri ile olan uzaklıkları yine jeodezik yöntemle ile hesaplanan uzaklıkları ile karşılaştırılmıştır

Anahtar Sözcükler: Lazer Tarayıcı, Modelleme, Doğruluk Analizi, Lazer Nokta Ölçme Teknolojileri

ABSTRACT

ACCURACY INVESTIGATION ON 3D MODELLING OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE THROUGH LASER SCANNING AND LASER POINT MEASUREMENT TECHNOLOGIES AND DETERMINATION OF AN APPLICATION MODEL

The aim of this study is to investigate the application accuracy of geodetic and photogrammetric scanners, and total station devices that operate on the principle of laser point measurement in 3D modelling of ground objects.

For this purpose, a test network was devised at Selçuk University College of Technical Sciences. The test network was scanned from 3, 8 and 17 metres frontally both the laser scanner and total station. Coordinates of the points on the test area were obtained from the results of these scanning and compared with their coordinates that were measured with the geodetic method. Moreover, the distances between these points were compared with their distances calculated using the geodetic method.

Keywords: Laser Scanner, Modelling, Accuracy Analysis, Laser Point Measurement Technologies

1. GİRİŞ

Kültürel, doğal, tarihi ve turistik miraslar bir milletin geçmişi ile geleceği arasındaki en önemli köprülerden biridir. Bu kıymetli eserlerin gelecek nesillere aktarılması bizler için gelecek nesillere bırakacağımız en önemli mirastır. Bu kültür hazineleri doğal ve doğal olmayan birçok etkenlerden zarar görmekteyiz. Bu nedenle bu hazinelere ait envanter bilgilerinin elde edilmesi ve korunması gereklidir. Bu nadide eserlerin herhangi bir nedenle zarar görmesinden sonra bunların asıllarına benzer şekilde yeniden restore edilebilmeleri için dokümantasyon çalışmalarının yapılmış olması gerekir. Kültürel mirasları belgelemek için çeşitli metotlar vardır. Bunları, geleneksel elle yapım metodu, topografik metot, fotogrametrik metot ve tarama metodu olarak sıralayabiliriz.

Bu tür mirasların arşivlerinin oluşturulmasında, restorasyon ve röleve çalışmalarında, digital olarak görüntülenmelerinde, 3-Boyutlu taraması ve modellenmesinde, hukuki, teknik ve doku bilgilerinin oluşturulmasında yersel fotogrametrik yöntemler önemli rol oynamaktadır.

Yersel fotogrametri tekniği yıllardır arkeolojik ölçmeler ve tarihi eserlerin dokümantasyonu için kullanılan gelen bir yöntemdir. Digital tekniklerin gelişmesi ile fotogrametri, mimari ve tarihi eserlerin dokümantasyonu ve korunmasında daha verimli ve ekonomik bir yöntem haline gelmiştir.

Son yıllarda gelişen lazer tarama teknolojisinin fotogrametrik uygulamalarda kullanımı ile de yersel fotogrametri yeni bir boyut kazanmıştır. Yersel lazer tarama ile obje yüzeyindeki milyonlarca nokta 3 Boyutlu olarak klasik ölçme tekniklerine göre daha kısa sürede ve yeterli duyarlılıkta ve daha ekonomik olarak elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, jeodezik ve fotogrametrik tarayıcılar ile lazer nokta ölçme prensibi ile çalışan total station cihazlarının objelerin 3B modellenmesinde uygulama duyarlıklarının araştırılması ve bu objelerin değerlendirilmesinde en uygun uygulama yöntemlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Yersel Lazer Tarama Teknolojisi

Son yıllarda lazer tarama sistemlerinin 3B modelleme çalışmalarında kullanımı hızla artmaktadır. Bu sistemde kompleks yapıdaki objelerin bile 3B modellenmesi nokta kümeleri yardımı ile yapılmaktadır. Sistem içerisinde tüm nokta kümelerindeki noktalar 3B koordinatlara sahiptir. Objeye yüzeyi birkaç dakikada içerisinde milyonlarca 3B koordinat ile tanımlanabilmektedir. Yersel lazer tarama 3B obje modellemede oldukça yeni bir yöntemdir. Yersel lazer tarama teknolojisinin bazı dezavantajları olmasına rağmen avantajları daha çoktur. Bu avantajlar 3B noktaların doğrudan elde edilmesi, düzensiz yapıdaki objelerin tanımlanmasında oldukça etkili olması ve sonuçların kısa sürede elde edilmesi olarak sıralanabilir. Donanıma bağlı olarak mesafe sınırlaması, görüntü maliyetinin yüksek olması ve objeye ait öz nitelik verilerinin elde edilememesi başlıca dezavantajlar olarak sıralanabilir (Demir ve ark. 2004).

Lazer tarayıcı çalıştırıldığında ölçülen noktalar dahili bir koordinat sisteminde tanımlanır (Bornaz ve Rinaudo, 2004). Bu koordinat sistemi bir kutupsal koordinat sistemidir. Kontrol noktaları yardımıyla bu koordinatlar istenilen bir koordinat sistemine dönüştürülebilmektedir. Objeye yüzeyinin tam olarak tanımlanabilmesi için genellikle farklı noktalardan taranır (Impyeong ve Yunsoo, 2004). Bu durumda taramalarda obje köşelerinde bindirme olmasına dikkat edilmelidir. Bu işlem farklı noktalardan taranan obje yüzeylerinin hassas bir şekilde birleştirilmesi için gereklidir. Tarayıcının konumlandırıldığı noktaların koordinatları jeodezik ölçmelerle belirlenir. Objeye noktalarının doğrudan koordinatlandırılmaları gerektiğinde tarayıcının her konumuna karşılık gelen yönelme açılarının ve koordinatlarının bilinmesi gerekir. Ölçülen nokta koordinatlarının doğruluğu tarayıcının konum ve yönelme elemanlarının doğruluğuna bağlıdır. Ayrıca doğruluk, yansıyan lazer ışınlarının yoğunluğuna da bağlıdır. Objeye yüzeyinin özelliği ve ışının yüzeye gidiş açısı da önemli bir etkidir.

Tarayıcının konum ve yönelmeleri bilinmiyorsa bunların yer kontrol noktaları yardımı ile dolaylı olarak hesaplanması gerekir. Yer kontrol noktaları olarak genellikle geri yansıtılmalı işaretler kullanılır ve bunlar çok yüksek kontrastlı ve tek parça olduklarından görüntü üzerinde otomatik olarak bulunabilir. Her bir taramanın 6 yönelme parametresinin hesaplanması için her bir taramada en az 3 yer kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Farklı taramaların nokta kümelerini birleştirmek için bağlantı noktalarına ihtiyaç vardır. Genellikle bunlar da geri yansıtılmalı işaretlerdir (koordinatları bilinmez) ve değerlendirme işlemi sırasında sistem tarafından otomatik olarak bulunurlar.

2.2 Lazer tarayıcıların ölçüm prensipleri ve sınıflandırılması

Yersel lazer tarayıcıların sınıflandırmasını yapmak oldukça güçtür. Düşünülebilen tüm uygulamaları yapabilecek bir evrensel lazer tarayıcı yoktur. Bazı tarayıcılar, iç yapı ve orta mesafe (100 metreye kadar) için uygunken bazıları da açık alan ve uzun mesafeler için (birkaç 100 metre) uygundur. Bunlara ek olarak, yüksek doğruluk gerektiren çok yakın mesafe (birkaç metre) uygulamaları için de tarayıcılar vardır. Lazer tarayıcının seçimi, yapılan uygulamaya bağlıdır. Lazer tarayıcılar ya ölçme prensiplerine göre ya da teknik özelliklerine göre sınıflandırılabilir (Fröhlich ve Mettenleiter, 2004). Lazer tarayıcılar, mesafe ölçme sistemlerine göre uçuş zamanı, faz farkı ve üçgenleme ölçme prensipleri olmak üzere 3 grupta sınıflandırılabilir. (Fröhlich and Mettenleiter, 2004; Reznicek ve Pavelka, 2008).

Uçuş zamanlı prensiple çalışan lazer tarayıcılarda, bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile obje arasındaki mesafe, sinyal gönderimi ve alımı arasındaki ulaşım zamanı ölçülür (Wher, 2005; Kertsen, 2007; Gümüş ve Erkaya, 2007; Boehler ve Marbs, 2002). Bu ölçme prensibinde, uzun mesafe ölçüleri kabul edilebilir doğrulukla gerçekleştirilebilir.

Faz farkı prensibine göre çalışan lazer tarayıcılarda gönderici ile obje arasındaki mesafe, iletilen ve alınan sinyaller arasındaki faz farkından hesaplanmaktadır (Wher, 2005; Kertsen, 2007; Gümüş ve Erkaya, 2007; Boehler ve Marbs, 2002). Uzunluk 100 metreye kadar sınırlıdır. Birkaç mm doğrulukla mesafe ölçülmesi yapılabilir (Fröhlich ve Mettenleiter, 2004).

Üçgenleme prensibine göre çalışan lazer tarayıcılarda gönderici ile obje arasındaki mesafe, 10-25 metredir. Bu prensiple çalışan lazerler, Mensi ve Minolta tarafından üretilmiştir.

Lazer tarayıcının seçimi yapılan uygulamaya bağlıdır. Bu açıdan tarayıcıların teknik özellikleri dikkate alınarak tarayıcı seçimi yapılması gerekir. Bazı yersel tarayıcıların teknik özellikleri literatürde bulunabilir (örneğin, Kertsen, 2007; Kertsen ve ark., 2008).

2.3 ILRIS-3D Yersel Lazer Tarayıcı

ILRIS-3D yersel tarayıcı, ticari ölçmeler, mühendislik, maden ve endüstri uygulamaları için hazırlanmış, digital kameralı ve gelişmiş yazılım araçları ile bütünleşik ve taşınabilir bir pakettir (Tablo 1) (Karabörk ve ark, 2007).

Özellikleri:

Yüksek çözünürlük ve doğruluk, 3 metreden 1 kilometreye mesafe ölçmesi, 1. sınıf lazer, Entegre 6 megapixel digital kamera ve geniş formatlı LCD, Bataryalı, Düzleştirme gerekmez ve Kullanımı kolaydır.

Tablo 1: ILRIS-3D yersel tarayıcı teknik özellikleri

Tarama Hızı (nokta/saniye)	2500
Işın açıklığı	0.00974 ⁰
Minimum nokta aralığı (X ve Y yönünde)	0.00115 ⁰
Uzunluk doğruluğu	7 mm@ 100 m
Konum doğruluğu	8 mm@ 100 m
Lazer dalga boyu	1500 nanometre
Digital kamera	Bütünleşik yüksek çözünürlüklü kamera Opsiyonel dış kamera
Görüş alanı	40 ⁰ x 40 ⁰

2.4 Reflektörsüz Robotik Total Station (Topcon GPT 8203A)

Bu cihaz da nokta bulutu üretmektedir. Bu bakımdan lazer tarayıcıya benzer işlevselliğe sahiptir. GPT-8200A, prizmasız mesafe ölçmeleri için birinci sınıf lazer kullanmaktadır. Bu özellik, kalabalık yerlerde insanların güvenliği için gereklidir.

GPT-8200A, prizmasız ölçme için çift modda çalışmaktadır. Standart mod durumunda mesafe ölçme işlemini 120 metreye kadar ± 3 mm doğrulukla ölçebilmekte iken, uzun mod durumunda 1200 metreye kadar ölçme yapılabilmektedir. Açık ölçme doğruluğu ise 3" (1.0mgon)'dur. GPT-8200A reflektörsüz robotik total station teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir (Yıldız ve ark., 2007).

Tablo 2: GPT-8203A total station teknik özellikler

Teleskop	
Uzunluk	166mm
Objektif Merceği	50mm
Büyütme	30X
Görüş Alanı	1 ⁰ 30'
Ayırma Gücü	3"
Minimum Odak	1.3m
Prizmasız Mesafe Ölçmesi	
Ölçü Uzunluğu	Standart mod: 3-120m / Long mode : 30-1,200m
Ölçü Doğruluğu	Standart mod: 3-25m \pm (10mm) m.s.e Standart mod >25m \pm (3mm+2ppm)m.s.e/ Uzun mod: \pm (10mm+10ppm)
Açık Ölçmesi	
Method	Mutlak kodlayıcı
Tarama	Yatay : çift Düşey:çift
Doğruluk	3"(1.0 mgon)

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Lazer tarama ve 8203A Robotik Total Station aletlerinin tarihi ve kültürel objelerin modellenmesinde kullanımı araştırmak için laboratuvar ortamında 13 adet noktadan oluşan bir test ağı tesis edilmiştir. Ayrıca, test ağının etrafına jeo-referanslamada kullanılmak üzere 7 adet de nokta tesis edilmiştir.

3.1 Doğruluk Araştırması

Lazer tarama ve 8203A Robotik Total Station aletlerinin doğruluk araştırması için Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Okulu'nda bir test alanı oluşturulmuştur. Bu alanda objeye dik ve yaklaşık 3m, 8m ve 17m uzaklıkta B, E ve H ölçme istasyonları belirlenmiştir (Şekil 1). Ölçme istasyonlarının ve test alanındaki 20 adet noktanın koordinatları tekrarlamalı olarak Topcon 3007 Total Station aleti ile yerel koordinat sisteminde ölçülmüştür.

3.1.1. B, E, ve H istasyonlarında yapılan ölçüler

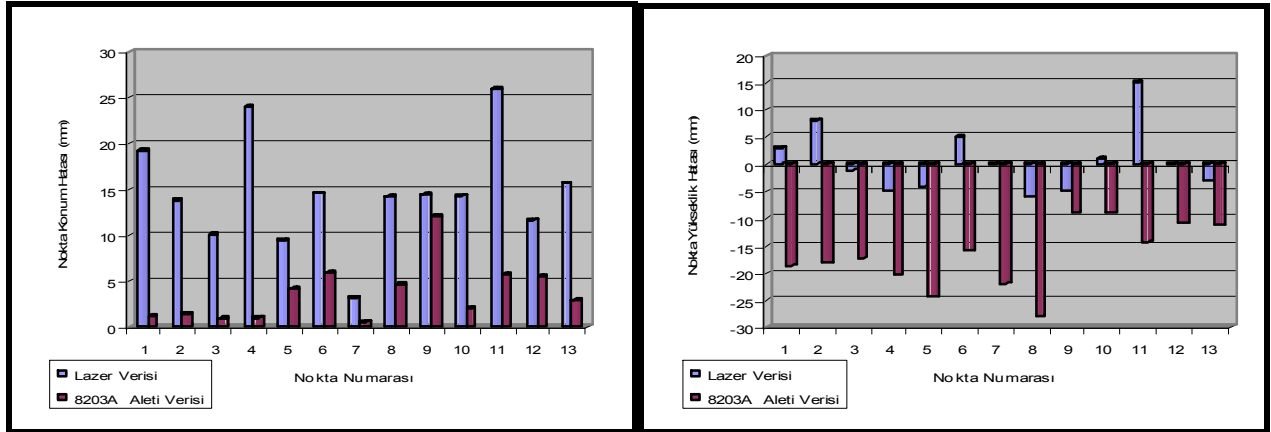
B, E ve H istasyonlarında hem lazer tarayıcı hem de 8203A total station cihazı ile ölçmeler yapılmıştır. Yapılan ölçmelerden elde edilen nokta bulutlarından lazer tarayıcıya ait olan veriler Polyworks yazılımında, 8203A total stationa ait olan veriler PI 3000 yazılımında değerlendirilmiştir. Her iki değerlendirmeden elde edilecek sonuçları yorumlayabilmek için her iki veri grubunun da aynı koordinat sisteminde olması gerekmektedir. 8203A Total Station ile elde edilen veriler doğrudan oluşturulan yerel koordinat sisteminde olduğundan herhangi bir dönüşüme gerek yoktur. Ancak lazer tarayıcı ile elde edilen verilerin yerel koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekir. Bu nedenle test alanındaki 7 adet nokta yardımıyla B ve E istasyon noktasında elde edilen veriler ± 7 mm standart sapma ile, H istasyon noktasında elde edilen veriler ± 4 mm standart sapma ile jeo-referanslanmıştır. Diğer 13 noktaya ait jeo-referanslama

Tarihi ve Kültürel Varlıkların Lazer Tarama ve Lazer Nokta Ölçme Teknolojileri İle 3B Modellenmesinde Duyarlılık Araştırması ve Uygulama Modelinin Belirlenmesi

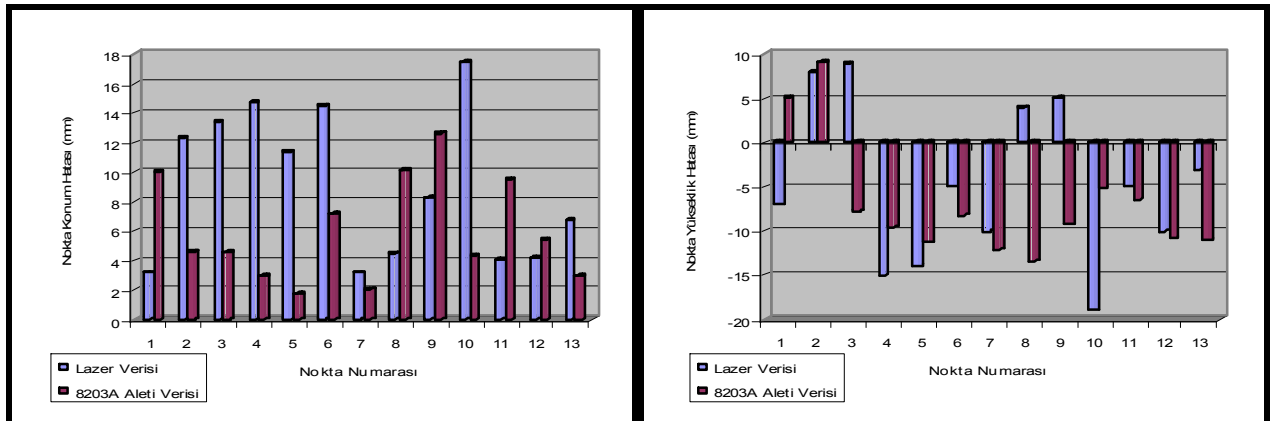


Şekil 1: Test Ağı

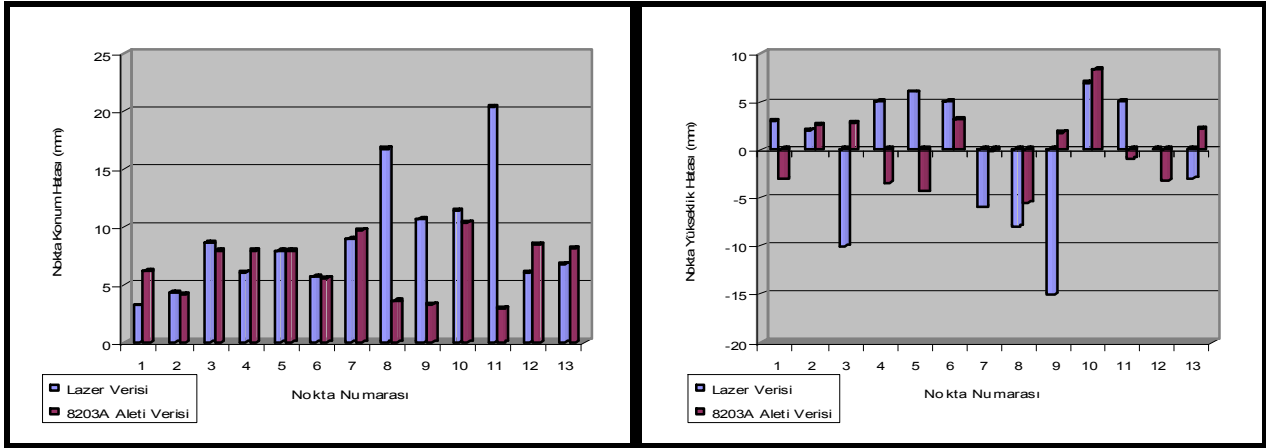
sonunda elde edilen koordinatlarla, jeodezik olarak Topcon 3007 Total Station ölçmeleri ile doğrudan elde edilen koordinatlar arasındaki farklar elde edilmiş ve her bir noktadaki konum hatası hesaplanmıştır (Şekil.2,3 ve 4). Benzer şekilde Topcon 3007 Total Station cihazı ile doğrudan ölçmeler sonunda elde edilen nokta koordinatları ile 8203A Total Station cihazının taraması sonucunda PI3000 yazılımında değerlendirilmesi sonucunda elde edilen koordinatlar arasındaki farklar alınmıştır ve her bir noktadaki konum hatası hesaplanmıştır. Ayrıca hem 8203A Total Station hem de ILRIS 3D lazer tarayıcı ile elde edilen her bir noktadaki yükseklik hataları da hesaplanmıştır (Şekil.2,3 ve 4). Test alanındaki noktalara ait X,Y,Z yönlerindeki hata miktarları Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 2: B istasyonunda yapılan ölçülerden elde edilen her bir noktadaki nokta konum ve yükseklik hataları



Şekil 3: E istasyonunda yapılan ölçülerden elde edilen her bir noktadaki nokta konum ve yükseklik hataları



Şekil 4: H istasyonunda yapılan ölçülerden elde edilen her bir noktadaki nokta konum ve yükseklik hataları

Tablo 3: Test alanındaki noktaların X,Y,Z yönlerindeki ortalama hata miktarları

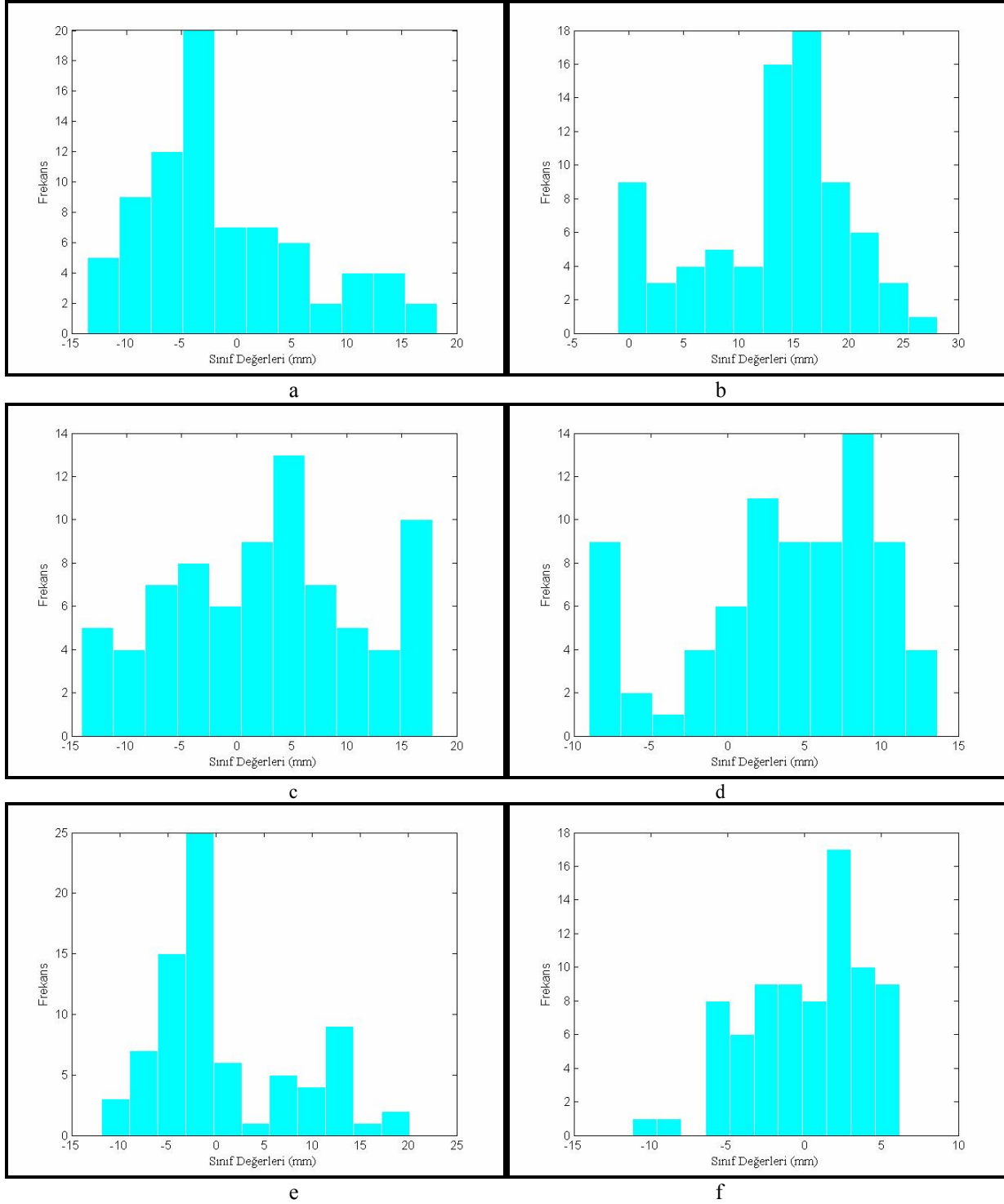
Tarama Yapılan Aletin Adı	İstasyon	m_x (mm)	m_y (mm)	m_z (mm)
Optech Ilris 3D	B	± 10.3	± 11.9	± 5.8
8203A Total Station		± 3.3	± 3.4	± 17.8
Optech Ilris 3D	E	± 7.0	± 7.6	± 9.9
8203A Total Station		± 4.6	± 5.1	± 9.5
Optech Ilris 3D	H	± 8.9	± 4.8	± 6.8
8203A Total Station		± 5.2	± 4.8	± 3.4

Şekil 2 ve Tablo 3 incelendiğinde X ve Y yönündeki hataların 8203A Total Station'da daha az, Z yönündeki hataların ise Optech Ilris 3D tarayıcıda daha az olduğu görülmektedir. Şekil 3 ve Tablo 3 incelendiğinde X ve Y yönündeki hataların 8203A Total Station'da daha az, Z yönündeki hataların ise aynı olduğu görülmektedir. Şekil 4 ve Tablo 3 incelendiğinde X, Y ve Z yönlerindeki hataların 8203A Total Station tarama verilerinde daha az olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak, noktalar arasındaki mesafeler de hesaplanmış ve jeodezik ölçülerle elde edilen mesafelerle de karşılaştırılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4: Test alanındaki lazer tarayıcı ve total station verileri ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerin karşılaştırılması

Tarama Yapılan Aletin Adı	İstasyon	3B Nokta Sayısı	Mesafeler	Minimum mesafe farkı Δl (mm)	Maksimum mesafe farkı Δl (mm)	Ortalama Hata (mm)	Standart sapma (mm)
Optech Ilris 3D	B	13	78	-13.6	18.2	-1.2	7.6
8203A Total Station		13	78	-1.0	28.1	13.3	15
Optech Ilris 3D	E	13	78	-14.1	17.8	2.7	9.0
8203A Total Station		13	78	-9.0	13.6	3.7	7.2
Optech Ilris 3D	H	13	78	-11.9	20.1	0.7	7.4
8203A Total Station		13	78	-11.1	6.2	0.1	3.9

ILRIS 3D Lazer tarayıcı ile elde edilen Δl dağılımları ile 8203A total stationu ile elde edilen Δl dağılımları Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5:

- Test alanındaki lazer tarayıcı verileri (B istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı
- Test alanındaki total station verileri (B istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı
- Test alanındaki lazer tarayıcı verileri (E istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı
- Test alanındaki total station verileri (E istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı
- Test alanındaki lazer tarayıcı verileri (H istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı
- Test alanındaki total station verileri (H istasyonu) ile referans verileri arasındaki 3 boyutlu mesafelerde oluşan farkların dağılımı

B istasyonundaki ölçülerden üretilen mesafe farkları incelendiğinde; lazer tarayıcı ile elde edilen verilerin -10 mm ile 10 mm arasında toplandığı; 8203A Total Station ile elde edilen verilerin ise 10 mm ile 25 mm arasında toplandığı görülmektedir. Standart sapmalar incelendiğinde lazer tarayıcı verilerinin daha iyi olduğu görülmektedir. 8203A Total Station verilerindeki farkın; Z yönündeki yüksek hata miktarlarından kaynaklandığı söylenebilir.

E istasyonundaki ölçülerden üretilen mesafe farkları incelendiğinde; ILRIS 3D lazer tarayıcı ile elde edilen veriler -10mm ile 10mm arasında yoğunlaşmaktadır. 8203A Total Station ile elde edilen veriler ise -5mm ile 10mm arasında yoğunlaşmaktadır. Standart sapmalar incelendiğinde de değerlerin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

H istasyonundaki ölçülerden üretilen mesafe farkları incelendiğinde; ILRIS 3D lazer tarayıcı ile elde edilen verilerin -10mm ile 10mm arasında yoğunlaştığı; 8203A Total Station ile elde edilen verilerin ise -5mm ile 5mm arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Standart sapmalar karşılaştırılırsa 8203A Total Station tarama verilerinden elde edilen nokta koordinatlarının daha iyi olduğu görülmektedir.

3.2 Zaman

Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı saniyede 2500 nokta okumaktadır. 2*2 m²'lik bir alan 10 mm aralıkta tarandığında 40 000 nokta okunmaktadır. Toplam süre, 16 saniyedir. Aynı alanı bir saniyede 2 nokta okuyan 8203A Total Station ile yaklaşık 6 saatte okuyabiliriz.

3.3 Maliyet

Türkiye'deki 2006 yılı ortalama perakende satış fiyatları Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı için 260 000 TL, 8203A Total Station için 60 000 TL'dir.

3.4 Register

Her iki alet ile elde edilen nokta bulutları, ortak alanı olmak şartıyla rahatlıkla birleştirilebilmektedir. Başka bir ifade ile, her iki alet verisi de rahatlıkla register edilmektedir.

3.5 Jeo-Referanslama

Bir objeye ait katı model elde edilecekse, yüzeyin çizimleri yapılacaksa, texture veya ortofoto yapılacaksa v.b özel bir koordinat sistemi gerektirmeyen durumlarda lazer verisinin ve 8203A Total Station verisinin jeo-referanslanmasına gerek yoktur. Ancak; çalışılan objeye ait verilerin bir koordinat sisteminde olması istenirse;

Lazer tarayıcı ile tarama yapılıyorsa, tarama yapılan obje üzerine koordinatı belli (istenen koordinat sisteminde) referans noktalarının olması gerekir.(Optech Ilris 3D lazer tarayıcı nokta üzerine kurulamamaktadır).

8203A Total Station ile tarama yapılacaksa, obje etrafına dönecek poligonlar vasıtasıyla referans noktasına ihtiyaç olmadan tarama gerçekleştirilebilir. (8203A Total Station nokta üzerine kurulabilmektedir).

3.6 Objenin Büyüklüğü ve Detay Durumu

Teknik açıdan her iki alet içinde objenin büyüklüğü fark etmemektedir.

Ancak uygulamada, 8203A Total Station aletinin büyük objeleri taraması ölçüm hızından dolayı mümkün görülmemektedir. Tarama aralığı küçüldükçe tarama zamanı artmaktadır. Tek seferde en fazla üç saatlik bir tarama gerçekleştirilebilmekte ve bu zaman obje boyutuna bağlı olarak çoğu zaman yetersiz kalmaktadır.

Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı, minimum 1 mm aralıkla tarama yapmakta iken 8203A Total Station aleti ile 10 mm aralıkla tarama yapmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, detaylı objelerin Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı ile taranması daha uygundur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı ile yapılan ölçülerde B ve E noktası için ± 7 mm, H noktası için ise ± 4 mm standart sapma ile dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm değerleri, Sternberg ve Kertsen 2007 'nin elde ettiği ± 9 mm, ± 5 mm ve ± 7 mm standart sapmaları ile paralellik göstermektedir.

Test alanında yapılan ölçülerde 3 metreden yapılan ölçülerde en yüksek hataların olduğu, 8 ve 17 metreden yapılan ölçülerdeki hataların nispeten daha uygun olduğu gözlenmektedir. Her 3 istasyonda elde edilen X,Y,Z koordinatlarındaki karesel ortalama hatalar Guarnieri ve ark. 2004'de bulunduğu 5.6 cm, 6.3 cm ve 4.4 cm değerlerinden daha iyidir.

Test alanındaki mesafe farklarından elde edilen farklar incelendiğinde, 8203A Total Station aleti ile B noktasında yapılan ölçü hariç her iki alette de tüm istasyonlardaki karesel ortalamaların 1 cm'nin altında olduğu görülmektedir. Elde edilen minimum ve maksimum farkların yayılması incelendiğinde; Optech Ilris 3D lazer tarayıcı ile 31.8 mm, 31.9 mm, 32.0 mm, 8203A Total Station ile 29.1 mm, 22.6 mm, 17.3 mm (sırasıyla B, E, H noktaları için) olduğu görülmektedir. Bu değerler, Kertsen ve ark. 2008' nin Faro LS 880 HE tarayıcısı için 71.8 mm, Trimble GX tarayıcı için 43.6 mm değerlerinden daha düşük, Leica ScanStation 1 tarayıcısı için 11.5 mm, Z+F Imager 5006 lazer tarayıcısı için 14.0 mm değerlerinden daha yüksektir.

Zaman açısından; Optech Ilris 3D lazer tarayıcısının hızı 8203A Total Station aletine göre oldukça yüksektir. Çünkü Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı saniyede 2500 nokta okurken, 8203A Total Station 1 saniyede 2 nokta okumaktadır.

Maliyet açısından; 8203A Total Station aleti yaklaşık Optech Ilris 3D lazer tarayıcısından 4-5 kat daha ucuzdur.

Jeo-referanslama gereken durumlarda; referans noktalarının istenen koordinat sisteminde koordinatlandırılması aşamasında ölçü hatası olabileceği gibi nokta bulutlarının koordinat dönüşümü sırasında dönüşüm hatası da söz konudur. 8203A Total Station aleti nokta üzerine kurulduğundan dönüşüme ihtiyaç yoktur.

Büyük ve detaylı objelerin Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı ile taranması daha uygun görülmektedir.

Sonuç olarak; Optech Ilris 3D lazer tarayıcısı ile 8203A Total Station aleti ile hemen hemen aynı doğrulukta ölçümler yapmasına rağmen ölçü hızı, detaylı objelerin ölçülebilmesi gibi özellikler dikkate alındığında, tarihi ve kültürel varlıkların 3 Boyutlu modellenmesinde Optech Ilris 3D lazer tarayıcısının kullanımı daha uygun olacaktır. 8203A Total Station aleti ölçüm hızı geliştirilip ve minimum tarama aralığı iyileştirilebilirse alternatif olarak kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı tarafından desteklenen 2006/2 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Boehler, W., Marbs, A., 2002. *3D Scanning Instruments*, CIPA – ISPRS workshop on scanning for cultural heritage recording, Corfu, Greece
- Bornaz, L., Rinaudo, F., 2004. *Terrestrial Laser Scanner Data. Processing*, Proceedings of XX ISPRS Congress, 12-23 July. 2004, Istanbul, Turkey
- Demir N., Bayram B., Alkış Z., Helvacı C., Çetin I., Vogtle. T., Ringle K., Steinle E., 2004. *Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative System or Combined with Traditional System?*, XX. ISPRS Symposium, Commission V, WG V/2, 12-21 July, İstanbul.
- Fröhlich, C., Mettenleiter, M., 2004. *Terrestrial Laser Scanning –New Perspectives In 3D Surveying*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI-8/W2
- Guarnieri, A., Vettore, A., El-Hakim, S., Gonzo, L., 2004. *Digital Photogrammetry and Laser Scanning in Cultural Heritage Survey*, ISPRS XX. Symposium, Com. V., WG V/4, 12-23 July 2004, Istanbul
- Gümüş, K., Erkaya, H., 2007. *Mühendislik Uygulamalarında Kullanılan Yersel Lazer Tarayıcı Sistemleri*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2 – 6 Nisan 2007, Ankara
- Impyeong, L., Yunsoo, C., 2004. *Fusion of Terrestrial Laser Scanner Data and Images for Building Reconstructions*, ISPRS XX. Symposium, Com. V., WG V/4, 12-23 July 2004, İstanbul.
- Karabork, H., Yıldız, F., Yakar, M., Altuntas, C., Karasaka, L., 2007. *Modeling And Visualization Using Laser Scanner In Documentation Of Cultural Heritage*, CIPA XXI. International Symposium Athens, AntiCIPating the Future of the Cultural Past, 1-6 October 2007, Athens, Greece.
- Kertsen T., 2007. *Terrestrial Laser Scanning- A New Technique for 3D Data Acquisition*, Modern 3D Mapping Technologies for Municipality Applications, 10-12 December Istanbul-Turkey
- Kertsen, P.T., Mechelke, K., Lindstaedt, M., Sternberg, H., 2008. *Geometric Accuracy Investigations of the Latest Terrestrial laser Scanning Systems*, FIG Working Week 2008 Stockholm, Sweden 14-19 June 2008
- Reznicek, J., Pavelka, K., 2008. *New Low-Cost 3d Scanning Techniques For Cultural Heritage Documentation*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing 2008
- Stenberberg, H., Kertsen P.T., 2007. *Comparison of Terrestrial Laser Scanning Systems in Industrial As-Built-Documentation Applications*, Optical 3-D Measurement Techniques VIII, Gruen/Kahmen (Eds.), Zurich, July 9-12, Vol. I, pp. 389-397
- Wehr A., 2005. *Laser Scanning and Its Potential To Support 3D Panoramic Recording*, Proceedings of the ISPRS working Group V/5 '2. Panoramic Photogrammetry Workshop', Berlin, Germany, February 24-25.
- Yıldız, F., Karabork, H., Yakar, M., Altuntas, C., Karasaka, L., Goktepe, A., 2007. *3D Modeling By Advanced Total Station*, CIPA XXI. International Symposium Athens, AntiCIPating the Future of the Cultural Past, 1-6 October 2007, Athens, Greece.