

[1274]

YERSEL FOTOGRAFİTRİK YÖNTEM İLE YERSEL LAZER TARAMANIN KARŞILAŞTIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ

Muhammed Enes ATİK¹, Sabri ÜNLÜER¹, Zaide DURAN², Mehmet Furkan ÇELİK³

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, atikm@itu.edu.tr

² Doç.Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, duanza@itu.edu.tr

³ Araş.Gör., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, celikmeh@itu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama teknikleri kullanılarak objelerin üç boyutlu modelleri elde edilebilmektedir. Bu modellerden sadece görsel veriler değil geometrik veriler de elde etmek mümkündür. Yersel fotogrametrik yöntemde objenin farklı açılardan çekilmiş ve hesaplanmış bir örtü oranına sahip fotoğrafları kullanılarak üç boyutlu modeller oluşturulmaktadır. Lazer tarama yönteminde veriler nokta bulutu olarak elde edilmektedir. Nokta bulutları; farklı yöntemler kullanılarak birleştirilmekte ve gerekli temizlik yapılarak üç modeller oluşturulmaktadır. Lazer tarama yöntemi, diğer yöntemlere nazaran üç boyutlu verilerin daha kolay ve daha hızlı elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemler mimarlık, inşaat mühendisliği, tarihi eserlerin bakımı ve onarımı, arkeoloji, araçların bilgisayar destekli navigasyonu gibi alanlarda kullanılabilir.

Çalışmada; yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılarak üç boyutlu model elde edilmesi ve doğruluk analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu çerçevede 1974 model Volkswagen Beetle marka otomobil iki yöntemle modellenmiştir. Elde edilen modellerden alınan kesitler kullanılarak, yöntemlerin boyut bazlı karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca araç üzerine yapıştırılan hedef noktalarının, yersel fotogrametrik yöntem ve lazer taramanın yanı sıra Total Station kullanılarak ileriden kestirme hesabıyla da koordinatları hesaplanmıştır. İleriden kestirme ile hesaplanan koordinatlar referans alınarak iki yöntemin nokta bazlı karşılaştırılması yapılmıştır.

Bildiride; yersel fotogrametrik yöntem ve yersel lazer tarama yöntemi kullanılarak üç boyutlu model oluşturulması için gerekli işlem adımlarından, bu çalışma esnasında karşılaşılan zorluklardan ve çözüm önerilerinden bahsedilmiştir, ulaşılan sonuçlar ortaya konulmuş, çalışmanın nasıl geliştirilebileceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yersel Fotogrametri, Yersel Lazer Tarama, 3 Boyutlu Modelleme, Doğruluk Analizi

ABSTRACT

COMPARISON OF TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY AND TERRESTRIAL LASER SCANNING AND ACCURACY ANALYSIS

At the present time, 3D models of objects can be obtained by using terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning methods. It is possible to obtain not only visual datas but also geometric datas from these models. In terrestrial photogrammetric methods, three-dimensional models are created with photos of object which are taken from different angles and have a calculated cover ratio. The data is obtained as point clouds in laser scanning. The point clouds are combined using different methods and after the necessary cleaning, three-dimensional models are created. Laser scanning method provides getting three-dimensional data more easily and more quickly than other methods. . These methods can be used in areas such as architecture, civil engineering, repair and maintenance of historical monuments, archaeology, computer aided navigation of vehicles.

In this study; it is aimed that obtaining three-dimensional model and analyzing the accuracy with the usage of terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning methods. For this purpose, a 1974 Volkswagen Beetle modeled with these two methods. Using cross sections obtained from the model, size based comparison of the method is carried out. Besides terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning, coordinates of target points marked on the car are calculated with intersection method using Total Station. Using coordinates that are calculated with intersection, the two methods are compared as point based.

In this paper; the process steps needed for generating 3D models by using terrestrial photogrammetric method and terrestrial laser scanning method, challenges which have been met during the process, and solution offers are mentioned, obtained results are revealed, how this work can be further developed is discussed.

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

1.GİRİŞ

Günümüzde fotogrametrik yöntemlerle 3 boyutlu modelleme birçok alanda kullanılmaktadır. Çok geniş alanlardan çok küçük objelere kadar 3 boyutlu model oluşturmak mümkündür. Oluşturulan modellerden sadece görsel veriler değil geometrik veriler de elde etmek mümkündür. Yersel lazer tarama aletleri hızlı bir şekilde, doğru ve yüksek

detaylı 3 boyutlu nokta bulutu elde edilmesi için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Çeşitli mühendislik uygulamalarında, ormancılık, madencilik, ulaştırma, şehir planlama ve arkeoloji gibi alanlarda lazer tarama teknolojisi kullanılmaktadır (Editorial, 2008).

Bu çalışmada; yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılarak üç boyutlu model elde edilmesi ve doğruluk analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu çerçevede 1974 model Volkswagen Beetle marka otomobil iki yöntem ile 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Modellerden alınan enkesit ve boykesitler kullanılarak araç boyutlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca araç üzerine yapıştırılan 72 adet hedef noktasının lazer tarama, yersel fotogrametri ve ilerinde kestirme yöntemleriyle koordinatları elde edilmiştir. İleriden kestirme ile hesaplanan koordinatlar gerçek değer olarak kabul edilerek diğer iki yöntem ile bulunan koordinatlar karşılaştırılmıştır.

2.UYGULAMA

Bu çalışmada 1974 model Volkswagen Beetle marka otomobil (Şekil 1) yersel fotogrametrik ve yersel lazer tarama yöntemleriyle modellenmiştir. Arabanın üzerine yapıştırılan hedef noktalarının koordinatları yersel fotogrametrik yöntem, trigonometrik nivelman ve lazer tarama elde edilmiştir. Ayrıca aracın yersel fotogrametrik yöntem ve lazer tarama ile oluşturulan modellerinden alınan enkesit ve boykesitler kullanılarak aracın boyutları belirlenmiştir. Elde edilen bu verilerle iki yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır.

2.1.Poligon Ağı Tesisi

Ölçme işlemleri için lokal bir kapalı poligon ağı oluşturulmuştur. Aracın üzerindeki her bir hedefin en az 2 noktadan görülebileceği şekilde noktalar tesis edilmiştir. Sonuç olarak toplam 6 adet poligon noktasının yeterli olduğuna karar verilmiştir. Poligon hesabı için her bir poligon noktasında Total Station ile 2 seri ölçme yapılmıştır. Ölçmeler ile yatay doğrultu, düşey açı ve yatay mesafe bilgisi elde edilmiştir ve çizelgelere kaydedilmiştir. Ölçmeler neticesinde elde edilen verilerle kapalı poligon hesabı yapılmıştır. Poligon noktalarının lokal ağıdaki koordinatları belirlenmiştir.

Poligon yükseklikleri için geometrik nivelman yöntemi uygulanmıştır. Bu kapsamda bir adet nivo ve mira ile her iki poligon noktası arasında geri ve ileri okumalar yapılmıştır. Gidiş ve geliş olarak yapılan bu ölçmeler neticesinde poligon noktalarının yükseklikleri hesaplanmıştır.

Araç üzerine toplam 72 adet hedef noktası yapıştırılmıştır. Hedef noktalarının koordinatları poligon noktalarına dayalı olarak ilerinden kestirme yöntemiyle belirlenmiştir. Trigonometrik nivelman yöntemiyle de hedef noktalarının yükseklikleri belirlenmiştir.

2.2.Kamera Kalibrasyonu

Yersel fotogrametri de fotoğraf çekimi için Nikon D800 marka fotoğraf makinesi ve 35 mm'lik lens kullanılmıştır. Modelleme için gerekli olan fotoğrafların çekimine başlamadan önce kamera kalibrasyonu yapılmıştır. Test alanı olarak yazılıma ait kodlanmış kontrol noktalarını içeren baskı kullanılmıştır. Kağıdın farklı açılardan 13 adet çekilmiştir.

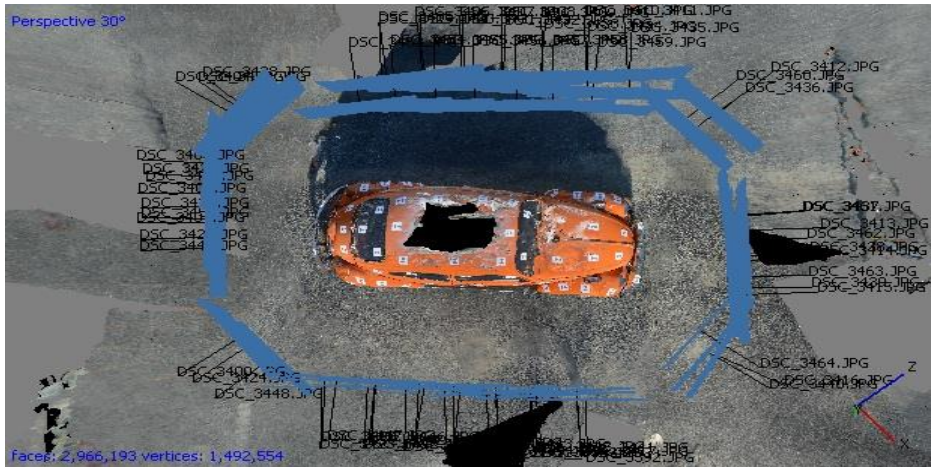
Kalibrasyon sonucunda resim çekme makinesine ait kalibrasyon değerleri (**Çizelge 1.**) verilmiştir.

Çizelge 1. Kalibrasyon değerleri

İç Yönelme Bilinmeyenleri	Distorsiyon Parametreleri
$c = 35.8743 \text{ mm}$	$K_1 = 5.069e-005$
$X_0 = 17.9978 \text{ mm}$	$K_2 = -1.505e-007$
$Y_0 = 11.7700 \text{ mm}$	$P_1 = 4.883e-006$
	$P_2 = 1.261e-005$

2.3.Yersel Fotogrametrik Yöntem

3B modelleme için çekilecek fotoğrafların enine ve boyuna örtü oranı %80 olarak belirlenmiştir. Bu örtü oranına bağlı olarak resim çekim mesafesi 2.8 m, baz uzunluğu 45 cm olarak hesaplanmıştır. Toplam 72 adet fotoğraf çekilmiştir. Fotoğraf dikey olarak 3 sıra halinde her sırada 24 fotoğraf olacak şekilde çekilmiştir (Şekil 2).

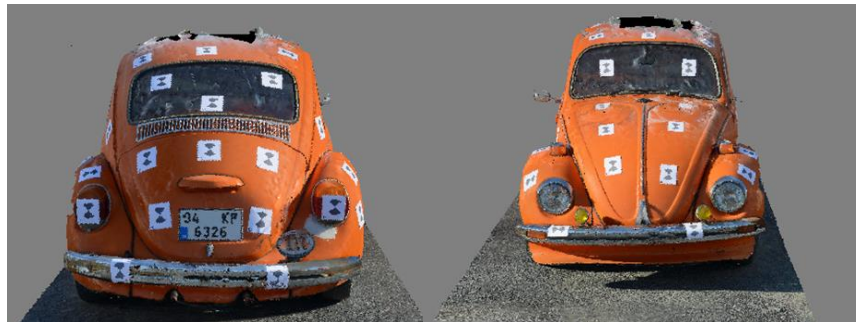


Şekil 2. Agisoft Photoscan yazılımından alınan resim çekim noktaları

Fotogrametrik değerlendirme işlemi Agisoft Photoscan yazılımında yapılmıştır. Çekilen resimler yazılıma aktarılmış ve gereksiz fotoğraflar elenmiştir. Fotoğraflar eşlenmiştir ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu işlemler yazılım tarafından otomatik olarak yapılmıştır. Böylece 3 boyutlu model nokta bulutu olarak elde edilmiştir. Model üzerinde gerekli temizlik yapılmış ve sadece aracın 3B modeli ortaya çıkarılmıştır. Nokta bulutunun üzerine sonrasında yüzey giydirilmiş, netice itibarıyla 3 boyutlu model tam anlamıyla oluşturulmuştur (Şekil 3,4). Aracın üst kısmı yüzeyin bombeli ve parlak bir yüzey olmasından, ayrıca oraya hedef noktasının yapılandırılmamasından ötürü modellenememiştir.



Şekil 3. Yersel fotogrametri ile elde edilen 3B modelden görünümeler





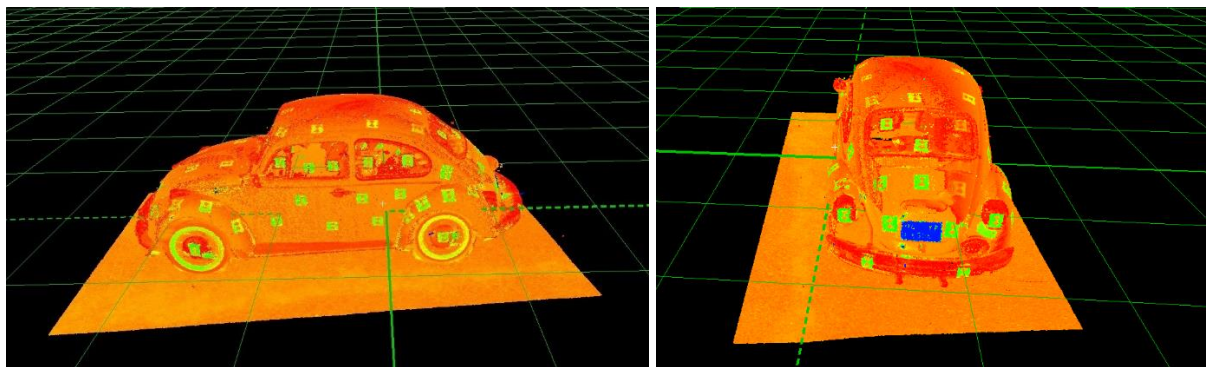
Araç üzerine yapıştırılan 72 adet hedef noktasının koordinatları da yazılımdan alınarak doğruluk analizinde kullanılmıştır. Koordinatlar yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Elde edilen 3 boyutlu modeldeki hedef noktalarının koordinatları lazer taramadan çıkarılan koordinatlarla karşılaştırılmış ve nokta bazında ortalama hata miktarı 6.5 mm olarak bulunmuştur.

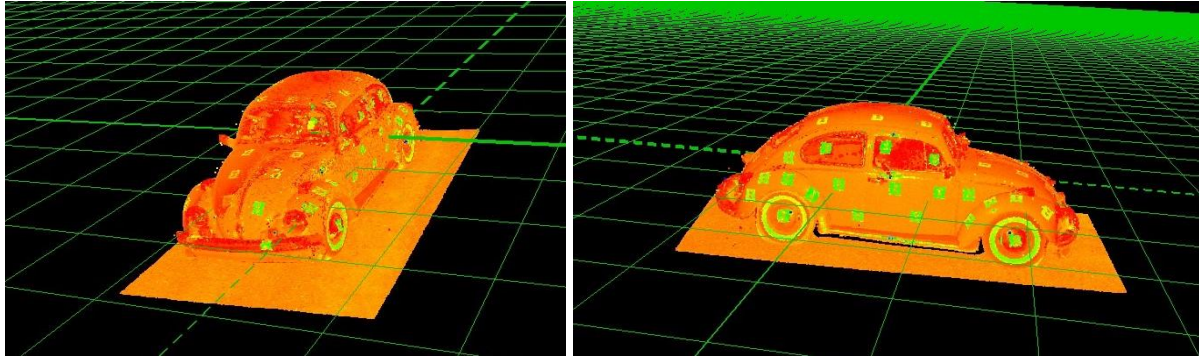
2.4.Lazer Tarama ile Modelleme

Tarama için Leica marka ScanStation C10 model lazer tarayıcı kullanılmıştır. Lazer tarayıcılar ölçülecek objeyi hem yatay hem de dikey düzlemde belirli bir açıdan nokta dizeleri şeklinde tarayarak nokta bulutu şeklinde görüntülenmesini sağlar (Lichti ve Gordon, 2004).

Çalışma kapsamında 6 farklı istasyon noktasından tarama yapılmıştır. Tarayıcı belirlenen noktalar üzerine düzeçlenerek tarama yapılmıştır. Ölçme anında herhangi bir koordinat sistemi tanımlanmamış olup, yazılım üzerinden değerlendirme yapılırken nokta bulutları lokal koordinat sisteminde tanımlanmıştır. Koordinat sistemi belirlenirken lazer tarayıcının kurulduğu poligon noktalarından faydalanılmıştır. Elde edilen nokta bulutunun değerlendirilmesi Leica'nın özel yazılımı olan Cyclone kullanılarak yapılmıştır. Taramalar neticesinde 6 farklı nokta bulutu elde edilmiştir.

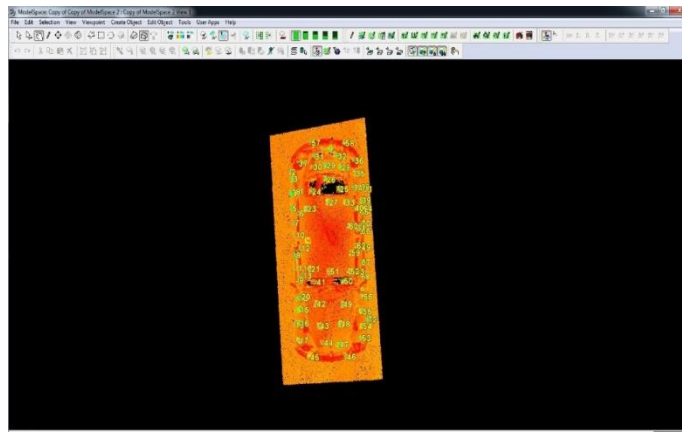
Modelin oluşturulabilmesi için bu nokta bulutlarının birleştirilmesi ve tek bir koordinat sistemi üzerinde olması sağlanmalıdır. Birleştirmek için kullanılan yöntem "İteratif En Yakın Nokta Yöntemi"dir. Bu yöntemde nokta bulutları arasındaki 3 boyutlu dönüşüm parametreleri iteratif olarak bulunur. Yöntem referans nokta kümesi (M) ve araştırma nokta kümesi (N) aynı ölçekli kabul edilerek en yakın nokta çiftleri ile dönüşüm parametrelerinin bulunması temeline dayanır (Altuntaş ve Yıldız, 2008). Bu şekilde tek bir nokta bulutu oluşturulmuştur. Ancak nokta bulutu kurulan lokal koordinat sisteminde değil lazer tarayıcının kendi koordinat sisteminde tanımlıdır. Tarayıcının koordinat sistemini çalışmada kurulan lokal koordinat sistemine dönüştürmek gerekmektedir. Dönüşüm için "Dolaylı Konumlandırma" yöntemi kullanılmıştır. Dolaylı konumlandırma yönteminde nokta bulutundan seçilen koordinatları bilinen 3 nokta kullanılarak dönüşüm parametreleri hesaplanır. Bu dönüşüm parametreleri kullanılarak nokta bulutunun lokal koordinat sistemine dönüşümü sağlanır. Çalışmada da ileriden kestirme ile koordinatları belirlenen 3 adet hedef noktası sayesinde dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak lokal koordinat sisteminde tanımlanmış 3 boyutlu model oluşturulmuştur.





Şekil 6. Yersel lazer tarama ile oluşturulan 3B modelden görünümler

Doğruluk analizinde kullanılmak üzere lazer taramadan elde edilen hedef noktalarına ait koordinatlar da gerekmektedir. Bunun için 3 boyutlu model üzerinde kontrol noktaları elle işaretlenmiştir (Şekil 7). Nokta bulutu halihazırda koordinatlı olduğu için noktaların koordinatları doğrudan yazılımdan alınmıştır. 72 hedef noktasına ait koordinatlar da bu şekilde belirlenmiştir.



Şekil 7. Cyclone yazılımı üzerinden işaretlenen hedef noktaları

2.5. Doğruluk Analizi

Yersel fotogrametrik yöntemin ve yersel lazer tarama yönteminin nokta bazlı ve boyut bazlı karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada araç üzerine yapıştırılan 72 adet hedef noktasının Total Station, yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama ile koordinatları hesaplanmıştır. Total Station ölçmeleri ile ileriden kestirme hesabı yapılarak noktaların x ve y koordinatları, trigonometrik nivelman yöntemiyle de noktaların yükseklikleri hesaplanmıştır. Total Station ile elde edilen koordinatlar gerçek değer olarak kabul edilmiştir. Yersel fotogrametrik yöntem ve lazer tarama ile elde edilen koordinatlar karesel ortalama hata hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Ulaşılan sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir:

Çizelge 2. Total Station ile diğer yöntemlerin karşılaştırılması

Ölçü Yöntemleri	Farklar	Max.	Min. (cm)	KOH (cm)
Total Station – Yersel Fotogrametri	ϵ_x	0.10	-1.60	
	ϵ_y	2.30	0.40	± 1.05
	ϵ_z	2.00	1.00	± 0.34
Total Station – Lazer Tarama	ϵ_x	0.60	-1.00	± 0.52
	ϵ_y	2.20	-0.60	± 1.25
	ϵ_z	1.41	-2.05	± 0.38

Aracın enkesit ve boykesitleri Cyclone yazılımı üzerinden enkesit ve boykesitleri alınmıştır. Kesitler Autocad yazılımı ile çizilmiştir (Şekil 8,9). Ölçümler bu kesitler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 8. Yersel fotogrametri ile oluşturulan modelden alınan enkesit ve boykesit



Şekil 9. Yersel fotogrametri ile oluşturulan modelden alınan enkesit ve boykesit

Ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir :

Çizelge 3. Araç boyutlarının karşılaştırılması

	Orijinal	Fotogrametri	Lazer Tarama
Uzunluk (m)	4.080	4.057	4.068
Genişlik (m)	1.585	1.579	1.591
Yükseklik (m)	1.500	-	1.488

3.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tüm işlemlerden sonra nokta koordinatları açısından yersel fotogrametrik yöntemin daha doğru sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca lazer tarayıcı ile 3 boyutlu model daha doğru ve bütün olarak elde edilmiştir. Yersel fotogrametri ile oluşturulan 3 boyutlu modelde çeşitli faktörlere bağlı bozulmalar belirlenmiştir. Yersel fotogrametrik yöntemde resimlerin çekimi sırasında ışığın geliş açısı modelin oluşturulmasına etki yaptığı göz önünde bulundurulmalıdır. Maliyet ve zaman açısından düşünüldüğünde 72 adet hedef noktasının fazla olduğu, bu sayının daha az olabileceği sonucuna varılmıştır. Benzer çalışmalarda lazer taramanın kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varıldı. Model oluştururken mühim olan şekli doğruluktur. Bundan dolayı aracın boyutlarının doğruluğu ve bütünlüğü esastır. Bu durumun en iyi şekilde lazer tarama ile sağlandığı belirlenmiştir. Çalışmanın amacına bağlı olarak yersel fotogrametrik yöntem de tercih edilebilir.

KAYNAKÇA

- Altuntaş, C., Yıldız, F. (2008). Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98.
- Editorial, 2008, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing theme issue “Terrestrial Laser Scanning”, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 63, 1-3
- Lichti, D. D. and Gordon, S. J. (2004). Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording, *In Proceedings of FIG Working Week*, Athens, Greece, May 22-27.