

**Makale
(Article)**

Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması

Ali ULVI*, Murat YAKAR**

* Selçuk Üniversitesi, Hadim Meslek Yüksek Okulu, Hadim/Konya/TÜRKİYE

** Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, 42031 Selçuklu/Konya/TÜRKİYE
aliulvi@selcuk.edu.tr, yakar@selcuk.edu.tr

Özet

Yaşadığımız ülke dünya üzerindeki bulunduğu konum itibariyle birçok medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Dolayısıyla günümüzde bu medeniyetlere ait birçok kültür mirası vardır. Bu varlıkları korumak ve gelecek nesillere aktarmak bizlerin kültürel görevlerimizden bir tanesidir. Bu eserler zamanla farklı sebeplerden dolayı büyük zarara uğramaktadır. Bunların korunabilmesi için öncelikle bu yerlerin belgelenmesi gerekmektedir. Belgelemenin en kısa sürede yapılabilmesi için teknolojik aletlerin kullanılması gerekmektedir. Bu aletler kullanılarak 3 boyutlu nokta verilerinin oluşturulması amacıyla elektronik uzaklık ölçer ile kontrol noktaları ölçülmüştür. Lazer tarama işlemi Trimble GX 3D aletiyle yapılmış ve nokta bulutu elde edilmiştir. Bu çalışmada, Kızkalesinin yersel lazer tarayıcı teknikleri kullanılarak nokta bulutu üretilmiştir. Nokta bulutları üzerinde belirlenen noktaların konum hassasiyet çalışması yapıp bütün noktaların test değerlerinin sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kızkalesi, Lazer Tarama, Nokta Bulutu

The Obtaining of Point Cloud of Kızkalesi by using Terrestrial Laser Scanning Technique and the Sensitivity Study of Laser Scanning Points

Abstract

Our country where we live has hosted lots of cultures and civilizations because of its location. As a result of this, we have lots of cultural heritages. Protecting and transferring these heritages to the new generations are one of our primary goals. During time these these places are damaged according to different reasons, in order to protect these places, first we should report the locations of these places. We need qualified, expensive and technological devices. Using this devices, create the point data, the control points were measured by Elektronik Uzaklık ölçer. The laser scanning is processed by Trimble GX 3D and get point clouds. In this project, the point clouds are created of Kızkalesi are modelled by using the local terrestrial laser scanning techniques. The points which are on the point cloud are controlled sensitively for locational situations and it is found out that the values are below the limit values.

Keywords : Kızkalesi, Laser Scanning, Point Cloud

Bu makaleye atf yapmak için

Ulvi, A., Yakar, M., "Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi Ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 6(1) 25-36

How to cite this article

Alkan, R.M., "The Obtaining of Point Cloud of Kızkalesi by using Terrestrial Laser Scanning Technique and The Sensitivity Study of Laser Scanning Points" Electronic Journal of Map Technologies, 2014, 6 (1) 25-36

1. GİRİŐ

Kızkalesi, Mersin'in en popüler tatil merkezidir. Adını aldığı kale, deniz içerisinde olup karadan 500 m uzaklıktadır. Kızkalesi 36° 27' 24.47" Kuzey, 34° 08' 54.17" Doğu koordinatlarına sahiptir.



Şekil 1. Kızkalesi'nin konumu

Kültürel varlıklar farklı doğal özelliklere, farklı boyutlara sahip olması ve karmaşık yapılarından dolayı detaylı bir şekilde ölçülmesi ve belgelenmesi için gelişmiş ölçme araç ve teknikleri gerektirmektedir. Son yıllarda yersel lazer tarama yöntemi kültürel miras ve tarihi yapıların belgeleme çalışmalarında 3 boyutlu veri elde etme, 3 boyutlu model oluşturma bakımından standart bir araç haline gelmektedir. Bu yöntem taranan nesneye ait hızlı ve güvenilir bir şekilde milyonlarca 3 boyutlu nokta verisi elde etme imkânı vermekte böylece kültürel varlıkların yüzey geometrilerinin etkili ve yoğun bir şekilde elde edilmesine olanak tanımaktadır [1-2]. Lazer tarama sonucu elde edilen nokta bulutu verileri, yapının birebir, 3 boyutlu modellenmesinin yanında, röleve planları için gerekli olan cephe, plan ve kesit çizimi için altlık olacak verileri sağlamaktadır. Röleve, kültürel bir nesnenin herhangi bir nedenle zarar görmesi veya yıkılması durumunda yeniden yapılmasını sağlayan yapının en ince ayrıntısına kadar yapılan ölçmeler, plan ve kesitlerinin çıkarılması işlemidir [3].

Bu çalışma yersel lazer tarama sistemlerinin kültür mirası olan varlıkların belgelenmesi çalışmalarında kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonucunun değerlendirilebilmesi için 30 adet örnek nokta tespit edilmiş ve bu noktalara t-testi yapılmıştır. t-testi sonuçları incelendiğinde, bütün test değerlerinin sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür.

2. YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ

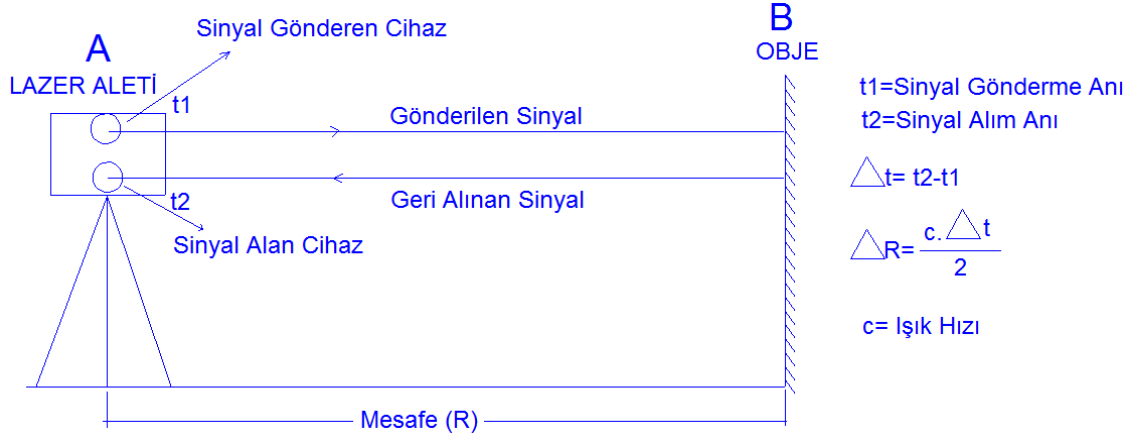
Yersel lazer tarama yöntemi objelerin doğrudan, hassas ve otomatik olarak 3 boyutlu koordinatlarının elde edilmesini sağlayan bir teknolojidir [4, 2]. Yersel lazer tarama teknolojileri, özellikle mühendislik projeleri ve kültürel mirasın kayıt işlemleri gibi alanlarda uygulama alanı bulmaktadır [5, 2]. Bu teknoloji, kültürel miras nesnelere için yüksek hassasiyetli 3 boyutlu modellerin oluşturulması, nesne ile ilgili yüksek oranda detay içermesi, yüksek çözünürlüklü eşleşme, değişim izleme ve sunum imkânına sahip olduğu için kültürel mirasa ve arkeolojik alanlara yönelik yapılan çalışmalarda farklı amaçlar için kullanılabilir [6, 2].

Kültür varlıklarının belgelenmesi çalışmalarında küçük heykellerin, küçük nesnelerin taranması işlemlerinde yakın mesafe tarayıcılar olan üçgenleme metodu ile çalışan tarayıcılar kullanılmaktadır. Tarihi bina, arkeolojik alanlar ve büyük alanların belgelenmesi çalışmalarında ise uzun mesafeli tarayıcılar olan faz karşılaştırma metodu ile çalışan tarayıcılar ve lazer ışını gidiş geliş zamanı ile işlem yapan tarayıcılar kullanılmaktadır [7-2].

2.1.Lazer Telemetresi

Bir lazer telemetresi şunlardan oluşur:

- Bir verici (Transistörlü lazer veya yarı geçirgen lazer diyot)
- Alıcı kanal (Otomatik Algılama kontrolü (AGC), detektör, yükselteç)
- Zaman ayırıcısı ve zaman ölçümü ünitesi (Dijital çevirici (TDC))
- Verici ve alıcı optikleri



Şekil 2. Tipik atımlı lazer telemetrenin çalışma prensibi

Lazer vericisi, biri alıcıya gönderilen ve zaman ölçüm ünitesini başlatan, diğeri objeye gönderilen iki parçaya ayrılmış başlangıç lazer atımı yayar. Detektör, obje yüzeyinden geri saçılmış lazer sinyallerinin algılanmasında kullanılır. Taranmış objenin yüzeyine erişildiğinde lazer atımı geri saçılır ve bir kısmı detektöre geri döner. Lazer atımının parlak gücü, elektrik akımında dönüştürülür. Alınan güç miktarı ses sinyali oranını ve mesafe duyarlığını etkilediğinden dolayı bu ilişkiyi analiz etmek önemlidir. Bahsedildiği gibi yayılmış lazer gücünün bir bölümü tarayıcıya dönecektir. Alınmış lazer gücü, verilmiş gücün çok küçük bir parçasıdır ve hedef yansımadaki değişikliklere bağlıdır. Otomatik algılama kontrolü (AGC) vasıtasıyla zaman ölçümü ayarlanarak, alınmış atımın dinamikleri, optik veya elektriksel azaltıcı tarafından fark edilebilir. Lazer atımının geri saçılmış parçası, tespit edildikten sonra, zamanlamayı çalıştıran ve zaman ölçümü ünitesini durduran zaman ayırıcısına yollanır [8].

2.2. Yersel Lazer Tarayıcıları Geleneksel Ölçüm Tekniklerinden Ayıran Farklar

Yersel lazer tarayıcıların en önemli avantajı 3 boyutlu obje geometrisini, doğrudan, hızlı ve detaylı yakalama niteliğidir.

Diğer avantajları sırayla [9] :

1. Maliyet açısından giderlerdeki etkileyici azalma.
2. Çok daha hızlı proje tamamlama. Birkaç günde proje bitirilebilir.
3. Geleneksel tekniklerin başarısız olduğu çok karışık, ulaşılamaz, tehlikeli obje ve alanlarda ölçüm yapabilme.
4. Tarama işlemlerinin çevre aydınlatmasından bağımsız olması. Gece bile tarama yapılabilir.
5. Taramada eksiksizlik ve kapsamlılık: Her şeyi bir seferde yakalayabilir. Böylece eğer yeni veri gerekirse, taramayı yapan alana geri dönmek zorunda değildir. Bu ayrıca kullanıcının sonuçtaki güvenini de artırır.
6. Şu anda da gelecekte de çok amaçlı veri kullanımı.

2.3. Yersel Lazer Teknolojisinin Kullanım alanları

Yersel lazer tarama teknolojisi 3D modellemeye ilişkin birçok alanda kullanılmaktadır. Bu teknolojiyi yoğun olarak aşağı da belirtilen alanlarda kullanılmaktadır [10, 11, 12].

- Madencilik endüstrisinde,
- Endüstriyel yapıların belgelenmesinde,
- Arkeolojide,
- Mimarlıkta,
- Tarihi ve kültürel mirasların arşivlenmesi ve korunmasında,
- Otomotiv endüstrisi ve robotik uygulamalarda,
- Ölçme ve CBS uygulamalarında,
- Sahil şeridi tespit çalışmalarında,
- Volkanik gözlemlerde,
- Ormancılık alışmalarında,
- Deformasyon çalışmalarında,
- Çevresel uygulamalarda

3. ÇALIşMA ALANI

Kıyıdaki kalenin 500 metre açığındaki küçük bir adacık üzerine kurulu kaleye, Kızkalesi denilmektedir (şekil 3). Kızkalesi, sekiz kuleyle korunmuştur. Kalenin dış çevre uzunluğu 192 metredir. Erdemli'nin önemli turizm merkezi olan Kızkalesi, Erdemli'ye 23, Mersin'e 60 km mesafededir.



şekil 3. Kızkalesi'nin içten ve dıştan görünümu

4. KIZKALESİNDE YERSEL LAZER TARAMA YÖNTEMİNİN UYGULANIşI

Yapılan alışma, arazi ve ofis çalışması olmak üzere 2 aşamadan oluşmaktadır. Arazi alışması, çalışma öncesi hazırlık, kontrol noktalarının modelleneyecek alana yapıştırılıp elektronik uzaklık ölçer ile koordinatlandırılması ve lazer tarama aleti ile alanın taranması kısmından oluşmaktadır. Ofis alışması ise araziden elde edilen verilerin bilgisayar ortamında yorumlanması ve uygun kullanım olanaklarına aktarılması şekliyle tamamlanmıştır. Arazi alışması 5 gün, ofis çalışması ise 15 gün sürmüştür.

4.1. Arazi alışması

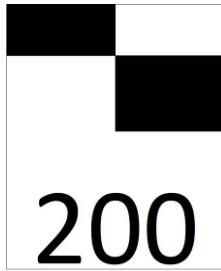
Çalışma öncesi hazırlık kısmında Kızkalesi'nin modellenmesi için kullanılan lazer tarama aleti ve elektronik uzaklık ölçer, duvarlara yapıştırılan kâğıt levhalar temin edilmiştir (şekil 4, 5, 6). Çalışmada kullanılan elektronik uzaklık ölçer 200 m ye kadar reflektörsüz ölçüm yapabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca Ölme hassasiyeti $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$, aı okuma hassasiyeti ise 2^{cc} dir.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan lazer tarayıcı (Trimble GX 3D)



Şekil 5. Çalışmada kullanılan elektronik uzaklık ölçer (Geomax ZTS 605)

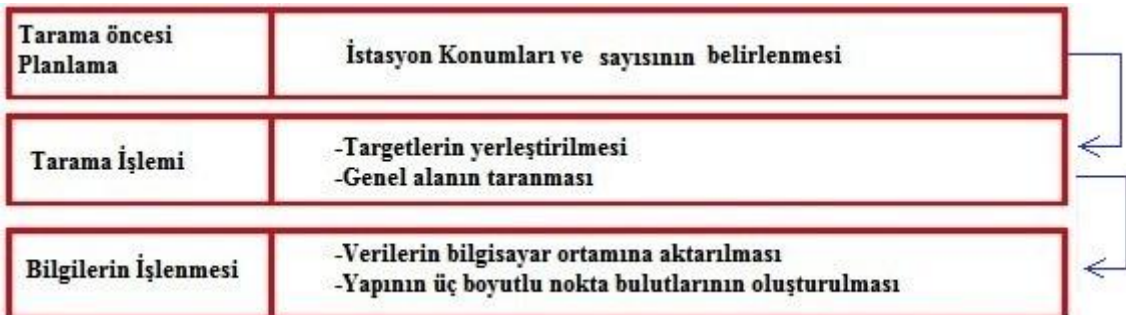


Şekil 6. A4 boyutunda kağıt hedef işareti



Şekil 7. Kağıt hedeflerin duvarlara yapıştırılması

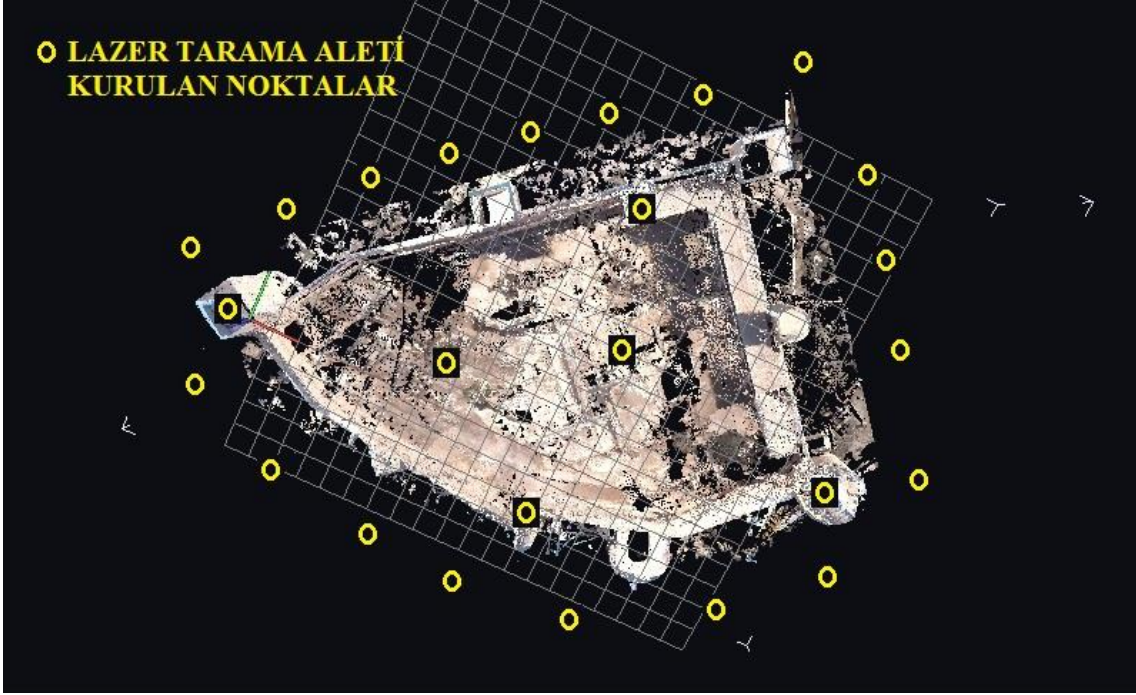
Arazideki hazırlık çalışmaları bittikten sonra çalışma alanındaki kontrol noktalarının ölçülmesi işlemine geçilmiştir. Açık ve mesafe ölçüleri Geomax ZTS 605 lazerle reflektörsüz ölçüm yapan elektronik uzaklık ölçer ile düşey açı, yatay açı, eğik mesafe ölçülmüştür. Bu işlemden sonra yersel lazer tarama ile nokta bulutları kullanılarak modelleme kısmına geçilmiştir. Bu çalışmada yersel lazer tarama yöntemi kullanılarak yapılan belgeleme çalışmaları dört işlem aşamasında gerçekleştirilmiştir. Bu işlem aşamaları tarama öncesi planlama, tarama işlemi, bilgilerin işlenmesidir (Şekil 8).



Şekil 8. Yersel Lazer Tarama işlem adımı

Arazide tarama işlemine geçmeden önce tarama işleminin planlanması gerekmektedir. Planlama aşamasında tarama yapılacak istasyonların konumları ve sayısı belirlenmesi gerekir [13, 2]. Tarama yapılacak istasyonların konumları yapının tamamını ve tüm detayları kapsayacak şekilde yeterli sayıda belirlenmelidir. Bu istasyonların konumları belirlenirken bir istasyonda gölgede kalarak taranmayan

bölgelerin taraması diğer istasyonlardan taranacak şekilde belirlenmeli ve eksik alan bırakılmamasına özen gösterilmelidir [12].



Şekil 9. Trimble GX 3D lazer tarayıcısının tarama yaptığı istasyonlar

Tarama işleminin planlanması aşamasında, elde edilecek nokta bulutunun hangi koordinat sistemi referans alınarak birleştirileceği belirlenmelidir. Bu referans sistemi jeodezik bir koordinat sistemi veya tarayıcı merkezli yerel bir koordinat sistemi olabilir. Eğer taramanın referans sistemi jeodezik bir koordinat sistemi olacaksa, tarama işleminde bağlantı noktası olarak kullanılan hedef işaretlerin koordinatları bu koordinat sistemine göre belirlenmelidir. Lazer taramaları Trimble GX 3D lazer tarayıcı ile 25 farklı istasyondan 1.5 cm aralıklı olarak yapılmıştır (Şekil 9). Her tarama, ortak alanlarda en az 4 adet bağlantı noktası olacak şekilde yapılmıştır.

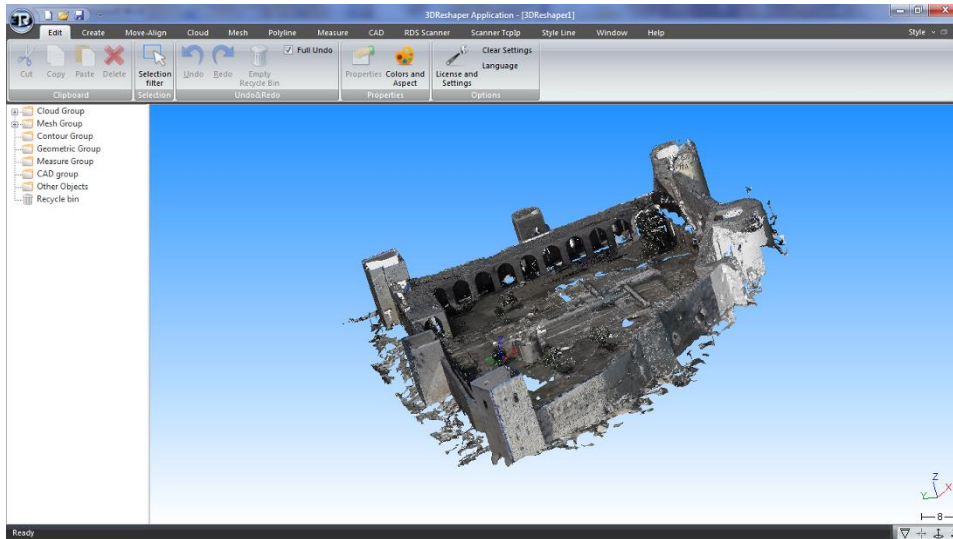


Şekil 10. Yersel lazer tarama işlemi



Şekil 11. Yersel lazer tarama işlemi

Arazi çalışması sonucu elde edilen verileri hesaplayıp yorumlamak için ofis çalışması kısmına geçilmiştir. Burada her lazer tarama oturumu sonucunda elde edilen nokta bulutlarının birleştirilmesi için kullanılan yazılım Trimble Realworks yazılımıdır. Trimble Realworks yazılımı haritacılar, mühendisler ve mimarların kullanabileceği entegre bir nokta bulutu yönetim yazılımıdır. Trimble FX, Trimble CX ve Trimble VX tarayıcılarından gelen verilerin görselleştirilmesi, incelenmesi, düzenlenmesi gibi özelliklerin yanı sıra inşaat, röleve, eski eser, fabrika, petrokimya tesisleri ve diğer uygulamalar için birçok fonksiyon içerir. Kullanıcıların 2B ve 3B veriler oluşturmasına, doğrudan AutoCAD ve MicroStation' a veri vermenin dışında EasyPipe modülü ile otomatik boru modelleme özelliklerine sahiptir. Elde edilen ürünün görselleştirme için ise 3DReshaper 7.1 programı kullanılmıştır. Ayrıca Pointool Pro 1.5 Edit ve MicroStation programlarından da faydalanılmıştır.



Şekil 12. Kızkalesi yersel lazer tarama sonucu elde edilen nokta bulutu genel görünümü

4.2.1. Örnek noktalara T-testi uygulaması

Taramalar sonucu elde edilen noktaların (**30.374.829 adet**) tarayıcı koordinat sistemindeki koordinatları jeodezik bir koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Bu şekilde elde edilmiş belirgin 30 noktanın (Şekil 13) tarayıcı ve elektronik uzaklık ölçer'den elde edilmiş koordinatları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 13. t-testinde kullanılan noktaların genel görünümü

Tablo 1. Elektronik uzaklık ölçer ve lazer taramadan elde edilen koordinatlar

N.N	Elektronik uzaklık ölçer (Kesin Koordinatlar)			Nokta bulutundan elde edilen koordinatlar		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
200	1062.869	1001.800	106.452	1062.852	1001.810	106.461
201	1066.371	990.579	106.926	1066.356	990.592	106.917
204	1057.593	1019.234	103.360	1057.605	1019.225	103.368
205	1054.075	1028.673	103.419	1054.065	1028.677	103.424
207	1041.188	1044.834	103.061	1041.199	1044.832	103.046
215	978.213	1076.558	103.887	978.220	1076.563	103.873
210	1036.657	1055.185	102.957	1036.669	1055.190	102.965
227	976.975	1071.362	102.642	976.980	1071.377	102.656
231	993.271	1006.046	97.445	993.282	1006.036	97.458
233	1000.696	979.175	103.245	1000.678	979.170	103.257
244	1033.941	996.184	96.047	1033.950	996.180	96.052
246	1059.401	1000.627	100.780	1059.407	1000.632	100.763
251	1041.983	1042.934	97.550	1041.992	1042.949	97.541
254	1019.25	1063.525	95.603	1019.262	1063.512	95.619
256	990.776	1074.938	96.083	990.761	1074.948	96.093
316	998.873	973.440	99.774	998.858	973.452	99.765
320	1033.904	983.151	94.607	1033.916	983.142	94.615
322	1047.489	992.073	95.013	1047.480	992.078	95.016
325	1065.944	1001.945	93.436	1065.954	1001.943	93.421
330	1053.376	1039.015	95.830	1053.383	1039.02	95.817
343	976.738	1079.785	96.669	976.750	1079.790	96.679
350	979.804	1040.886	94.338	979.811	1040.901	94.348
357	992.962	1000.645	94.647	992.971	1000.635	94.658
360	997.959	976.370	93.776	997.941	976.365	93.788
363	1005.918	971.492	93.320	1005.926	971.487	93.325
367	1019.654	984.318	95.773	1019.66	984.323	95.758
377	982.252	1033.606	101.016	982.261	1033.622	101.007
383	1002.674	1073.688	102.134	1002.685	1073.674	102.150
387	1037.373	1056.449	102.738	1037.354	1056.444	102.726
394	1053.986	1038.941	103.815	1053.995	1038.936	103.819

Elektronik uzaklık ölçerin ölçme doğruluğunun tarayıcının ölçme doğruluğundan daha iyi olması nedeniyle (Elektronik uzaklık ölçer; 2mm \pm 2ppm, Tarayıcı:100 m de 7 mm) Elektronik uzaklık ölçer'den belirlenen koordinatlar temel alınmıştır.

Kızkalesi'ndeki karakteristik noktaların koordinat farklarından yararlanılarak her bir koordinat bileşeni için duyarlık ölçütleri belirlenmiştir. Bu aşamada, duyarlık ölçütleri, ağırlıklı olarak hesaplanmıştır. Elektronik uzaklık ölçer ve obje noktaları arasındaki ortalama uzaklık $S_o = 40$ m birim uzunluk seçilerek her nokta için ağırlık $\pi_i = 40/S_i$ eşitliği ile belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Düzeltme değerleri (V= Kesin Değer- Ölçü Değeri)

N.N	V _x (mm)	V _y (mm)	V _z (mm)	N.N	V _x (mm)	V _y (mm)	V _z (mm)
200	17	-10	-9	316	15	-12	9
201	15	-13	9	320	-12	9	-8
204	-12	9	-8	322	9	-5	-3
205	10	-4	-5	325	-10	2	15
207	-11	2	15	330	-7	-5	13
215	-7	-5	14	343	-12	-5	-10
210	-12	-5	-8	350	-7	-15	-10
227	-5	-15	-14	357	-9	10	-11
231	-11	10	-13	360	18	5	-12
233	18	5	-12	363	-8	5	-5
244	-9	4	-5	367	-6	-5	15
246	-6	-5	17	377	9	-16	9
251	-9	-15	9	383	-11	14	-16
254	-12	13	-16	387	19	5	12
256	15	-10	-10	394	-9	5	-4

Tablo 3. Elektronik uzaklık ölçer'den noktalara olan uzaklıklar ve ağırlıklar

N.N	Mesafe (S _i =m)	$\pi_i=40/S_i$	N.N	Mesafe (S _i =m)	$\pi_i=40/S_i$
200	48.99	0.816	316	39.02	1.025
201	42.55	0.94	320	22.29	1.794
204	54.33	0.736	322	33.23	1.203
205	48.03	0.832	325	28.05	1.426
207	34.11	1.172	330	45.98	0.869
215	59.83	0.668	343	62.87	0.636
210	71.61	0.558	350	25.36	1.577
227	54.52	0.733	357	27.71	1.443
231	25.14	1.591	360	40.9	0.978
233	39.59	0.01	363	31.72	1.261
244	35.29	1.133	367	28.43	1.406
246	46.15	0.866	377	20.04	1.996
251	34.69	1.153	383	33.18	1.205
254	52.53	0.761	387	71.53	0.559
256	23.95	1.67	394	46.59	0.858

Ağırlıklı olarak bulunan sonuçlardan yararlanılarak nokta konum değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. 3B konum doğrulukları formül (1) ve (2)'deki gibi hesaplanmıştır [14].

$$Sx_0 = \sqrt{\frac{[PVxVx]}{n-1}} \quad Sy_0 = \sqrt{\frac{[PVyVy]}{n-1}} \quad Sz_0 = \sqrt{\frac{[PVzVz]}{n-1}} \quad (1)$$

3B Konum Doğruluğu

$$S_{3B} = \sqrt{Sx_0^2 + Sy_0^2 + Sz_0^2} \quad (2)$$

Tablo 4. Ağırlıklı (farklı duyarlılık) bulunan değerler

Standart Sapma	Sx (mm)	Sy (mm)	Sz (mm)
	12.1	10.2	11.8

Ağırlıklı değerlendirme sonucunda her nokta için hesaplanan konum doğrulukları formül (3)'e göre hesaplanmış ve sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Ağırlıklı ölçünün standart sapma değerleri ile her nokta için 3B konum doğrulukları formül (4)'den elde edilmiştir [14].

$$Sx_i = \frac{Sx_0}{\sqrt{Pi}} \quad , \quad Sy_i = \frac{Sy_0}{\sqrt{Pi}} \quad , \quad Sz_i = \frac{Sz_0}{\sqrt{Pi}} \quad (3)$$

$$S_{3B_i} = \sqrt{Sx_i^2 + Sy_i^2 + Sz_i^2} \quad (4)$$

Tablo 5. Ağırlıklı olarak bulunan 3B konum doğrulukları (Her nokta için)

Ağırlıklı değerler (mm)									
N.N	Sx(i)	Sy(i)	Sz(i)	3B-Si	N.N	Sx(i)	Sy(i)	Sz(i)	3B-Si
200	13.3	11.4	13.1	21.8	316	11.9	10.1	11.7	19.5
201	12.4	10.5	12.2	20.3	320	9.0	7.6	8.8	14.7
204	14.1	12.0	13.8	23.0	322	11.0	9.3	10.8	18.0
205	13.2	11.2	13.0	21.6	325	10.1	8.5	9.9	16.5
207	11.2	9.4	10.9	18.2	330	12.9	11.0	12.7	21.2
215	14.7	12.5	14.5	24.2	343	15.1	12.8	14.8	24.8
210	16.2	13.7	15.8	26.4	350	9.6	8.1	9.4	15.7
227	14.1	12.0	13.8	23.1	357	10.0	8.5	9.8	16.4
231	9.6	8.1	9.4	15.6	360	12.2	10.3	11.9	20.0
233	12.0	10.2	11.8	19.6	363	10.7	9.1	10.5	17.6
244	11.3	9.6	11.1	18.5	367	10.2	8.6	10.0	16.6
246	13.0	11.0	12.7	21.2	377	8.5	7.2	8.4	14.0
251	11.2	9.5	11.02	18.4	383	11.0	9.3	10.8	18.0
254	13.9	11.8	13.6	22.6	387	16.1	13.7	15.80	26.4
256	9.4	8.0	9.2	15.3	394	13.0	11.0	12.7	21.3

Koordinat farkları ve bunların standart sapmalarının bilindiği dikkate alınarak manuel yöntemden elde edilen koordinat farklarının anlamlı olup olmadığının irdelenmesinde t-testi uygulanmıştır. Hesaplanan

test büyüklükleri Tablo 6’da verilmiştir. Bu değerler, serbestlik derecesi ($f=n-1$) ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile t tablosundaki sınır değeri ile karşılaştırılmıştır. T-testi sınır değeri, ($f=30-1=29$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı için) 2.05’dir. Bu değerden kk olan değerlerin uyumu, büyük olan değerlerin uyumsuz olduğuna karar verilir. Tablo 6 incelendiğinde bütün test değerlerinin sınır değerini altında kaldığı görülmektedir

Tablo 6. t- testi

N.N.	Tx=Vi/Sxi	Ty=Vi/Syi	Tz=Vi/Szi	N.N.	Tx=Vi/Sxi	Ty=Vi/Syi	Tz=Vi/Szi
200	1.3	-0.9	-0.7	316	1.3	-1.2	0.8
201	1.2	-1.2	0.7	320	-1.3	1.2	-0.9
204	-0.9	0.8	-0.6	322	0.8	-0.5	-0.3
205	0.8	-0.4	-0.4	325	-1.0	0.2	1.5
207	-1.0	0.2	1.4	330	-0.5	-0.5	1.0
215	-0.5	-0.4	1.0	343	-0.8	-0.4	-0.7
210	-0.7	-0.4	-0.5	350	-0.7	-1.9	-1.1
227	-0.4	-1.3	-1.0	357	-0.9	1.2	-1.1
231	-1.1	1.2	-1.4	360	1.5	0.5	-1.0
233	1.5	0.5	-1.0	363	-0.7	0.5	-0.5
244	-0.8	0.4	-0.5	367	-0.6	-0.6	1.5
246	-0.5	-0.5	1.3	377	1.1	-2.2	1.1
251	-0.8	-1.6	0.8	383	-1.0	1.5	-1.5
254	-0.9	1.1	-1.2	387	1.2	0.4	0.8
256	1.6	-1.3	-1.1	394	-0.7	0.5	-0.3

5.SONUÇLAR

Yersel lazer tarama teknolojisinin ölüm aracı olarak yaygın kullanımı son yıllarda gelişme göstermektedir. Tarama işleminde kullanılan lazer ışını, hem uzunluk ölümü hem de görüntüleme için kullanılmaktadır. Günümüzde minimum maliyetle hızlı ve eksiksiz 3 boyutlu model ve görsel bilgiye sahip olmak önemlidir. 3 boyutlu bilginin çeşitli amaçlarda kullanılması için, çok büyük miktarlarda verinin hızlı bir şekilde toplanması gerekir. Bir nesne (3B model) hakkında hızlı bir şekilde bilgiye ulaşılması gereken durumlarda geleneksel jeodezik ve sayısal fotogrametrik yöntemler yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda obje geometrisinin yüksek doğrulukta ve hızlı bir şekilde 3B ölümüne izin veren yersel lazer tarama teknolojisi kullanılabilir.

Özellikle mühendislik alanında önemli bir yer tutmaya başlayan bu sistemin kullanımı giderek yaygınlaşarak, kullanıcılar için zaman, maliyet ve emek açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

Yapmış olduğumuz uygulamada Kızkalesi’nin karakteristik noktalarındaki konum değişimleri belirlenmiştir. Bu bina yüzeyindeki noktalar Geomax ZTS 605 elektronik uzaklık ölçer aleti ile lmş ve genel sistemdeki koordinatları elde edilmiştir. Yersel lazer tarama sonucunda manuel birleştirme sonucu elde edilen konumlandırılmış nokta bulut kümeleri içerisinden, aynı noktaların koordinatları belirlenerek özdeş noktalar kümesi oluşturulmuştur. Manuel belirlenen özdeş nokta koordinatları ile bunların elektronik uzaklık lerle belirlenen koordinatları arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Elektronik uzaklık ölçer’den elde edilen koordinatlar ile manuel yöntemde -16 mm ile 17mm arasında farklar bulunmuştur. Binadaki bu karakteristik noktaların elektronik uzaklık ölçer ve lazer tarayıcı ile elde edilen koordinatlarının farklarından yararlanılarak, her bir koordinat bileşeni için duyarlık ltleri belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak bulunan sonuçlardan yararlanılarak, nokta konum değişimleri

belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak manuel yöntemde nokta konum doğruluğu $\pm 19,7$ mm bulunmuştur. Ağırlıklı olarak her nokta için konum doğruluğu ise $\pm 13,9$ mm ile $\pm 26,4$ mm arasında bulunmuştur. Koordinat farkları ve bunların standart sapmalarının hesaplandığı dikkate alınarak, elektronik uzaklık ölçer ve lazer tarayıcıdan iki yöntemle elde edilen koordinat farklarının anlamlı olup olmadığının irdelenmesinde t-testi uygulanmıştır. T-testi sonuçları incelendiğinde, bütün test değerlerinin sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir.

Uygulamada kullanılan aletlerin üretici firma tarafından verilen ölçü doğrulukları dikkate alındığında elle birleştirme sonucunda belirlenen koordinat farklarının ölçü doğruluğu sınırları içinde kaldığı görülmektedir

6. KAYNAKLAR

1. Alshawabkeh, Y. "Integration of Laser Scanning and Photogrammetry for Heritage Documentation", Phd. Thesis in Institute for Photogrammetry, University of Stuttgart 2006.
2. Resul MERT, Uğur AVDAN, Muammer TN, Merve ERSOY" Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması(Seyitgazi Askerlik Őubesi rneği)" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi,Cilt: 4, No: 1, 2012 (1-18)
3. Ulvi, A. "Antik Tiyatroların Fotogrametrik Rölöve Planlarının çıkarılması zerine Deneysel Bir alışma", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fotogrammetri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
4. Reshetyuk, Y. "Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning", Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics Division of Geodesy, 2009.
5. Lıtı, D. D., Gordon, S.J. "Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording", FIG Working Week, Athens, Greece, May 22-27, 2004. Teknolojik Araştırmalar: HTED 2012 (1) 1-18 Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Ynteminin Uygulanması.
6. Fabris, M., Achilli, V. Artese, G., Boatto, G., Bragagnolo, D., Concheri, G., Meneghello, R., Menin, A., Trecroci A. (2009). "High Resolution Data From Laser Scanning and Digital Photogrammetry Terrestrial Methodologies Test Site: An Architectural Surface", ISPRS, 2009, Vol. 38, Part 3/W8pages.43-48.
7. Yastıklı, N. "Documentation of Cultural Heritage Using Digital Photogrammetry and Laser Scanning", Journal of Cultural Heritage, 2007 vol. 8 issue. (4): pages 423-427.
8. Amann, M-Ch., Bosch, T., Lescure, M., Myllyl, R. and Riox , M., 2001. Laser ranging: a critical review of usual techniques for distance measurement. Optical Engineering, 40 (1), pp. 10 – 19.
9. Yuriy Reshetyuk "Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners" Department of Transport and Economics Division of Geodesy 100 44 Stockholm
10. Alshawabkeh, Y., Haala, N., 20 04, "Integration of Digital Photogrammetry and Laser Scanning for Heritage Documentation", ISPRS xx. Symposium, Com. V., WG 4, 12-23 July 2004, İstanbul.
11. Bitelli, G., Dubbini, M., Zanattu, A., 2004, "Terrestrial Laser Scanning and Digital Photogrammetry Tecniques to Monitor Landslide Bodies" ISPRS xx. Symposium, Com. V., WG V/2, 12-23 July 2004, İstanbul.
12. Bornaz, L., Lingua, A., Rinaudo, F., 2004,"Engineering and Environmental Applications of Laser Scanner Tecniques", ISPRS xx. Symposium, Com. V., WG V/4, 12-23 July 2004, İstanbul.
13. Riveiro, B., Morer, P., Arias, P., De Arteaga, I. "Terrestrial Laser Scanning and Limit Analysis of Masonry Arch Bridges", Construction and Building Materials, 2011 vol:25 issue (4): pages 1726-1735.
14. Aydın . (1984), lme Bilgisi 1, İstanbul Erkaya H. ve Hosbaş G. (2006), Konum lmeleri Ders Notları, İstanbul