

MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINDA KULLANILAN YERSEL LAZER TARAYICI SİSTEMLER

K.Gümüş¹, H. Erkaya²

¹YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, kgumus@yildiz.edu.tr
²YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, erkaya@yildiz.edu.tr

ÖZET

Geçmişten günümüze, sosyal yaşamın olduğu alanlarda birçok problemin çözümü ve gerçek bir dünya modelinin yaratılması için, çalışmalar yapılmaktadır. Bu modellerin analizi için doğru, duyarlı ve yeni bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu modellerden elde edilen veriler değerlendirilmekte ve objeler hakkında geometrik ve tematik bilgiler elde edilmektedir. Bugün Lazer Tarama Sistemleri, bu uygulamalar için dünyada ön plana çıkmaya ve hızla gelişmeye başlamıştır. Bu lazer sistemlerinden elde edilen bilgiler gerçek ile uyumludur. 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiler, hızlı ve düşük maliyetle lazer tarama sistemleri ile elde edilmektedir.

Yersel tarayıcılarla elde edilen 3 boyutlu bilgi, farklı disiplinler tarafından kullanılmaktadır. Günümüzde birçok mühendislik uygulamalarında, tarihi ve kültürel mirasın korunmasında, rölöve ve restorasyon gibi vb. çalışma alanlarında kullanılmaktadır. Lazer teknolojisinde nesne, yansıma yoğunluğu verisi içeren 3 boyutlu nokta verisi olarak elde edilmektedir. Nokta bulutlarının kaydedilmesi, birleştirilmesi, inceltmesi, nokta boşluklarının doldurulması, filtrelenmesi ile nesnelerin 3 boyutlu modelleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu modeller üzerinden, mühendislik uygulamaları için gerekli her türlü veriye ulaşılabilmektedir. Bu bildiriye, lazer tarama teknolojisi, yersel tarama sistemlerinin tasarımı, nokta bulutları, kullanım alanları ile Yersel Lazer Tarayıcı Sistemleri ile yapılan bir uygulama örneğine yer verilecektir.

Anahtar Sözcükler: Yersel Lazer Tarama Teknolojisi, Nokta Bulutları, Kullanım Alanları,

USING THE TERRESTRIAL LASER SCANNER SYSTEMS FOR ENGINEERING APPLICATIONS

ABSTRACT

In order to solve a number of practical problems in many areas of human activities, one has often to carry out measurements to create models of the real world. By analysing those models, it is possible to get some new knowledge about objects being measured. The geometric and thematic information, obtained in the modelling process, forms the basis for decision-making. In this respect, it is of great importance that the information is consistent with reality. Since the reality is three-dimensional (3B), it is a great advantage to conduct modelling in 3B environment. Today, when the level of technical development has made it possible to efficiently process and visualize data in 3B, it is especially important to acquire, fast and with minimum costs, accurate 3B geometric and visual information.

The 3B information that are obtained from terrestrial laser scanner is used by different disciplines. In today's, this technology is used at several civil engineering applications, preventing historical and cultural heritage, rolove and restoration works. In Laser Technology, the object is obtained as the point which has the reflective intensity data. By logging, registering and smoothing the point clouds and also filling the spaces of point and filtering, three dimensional models are formed. The models that are formed by this procedure is given the all types of data for the engineering applications. In this study, laser scanning technology, dizayn of the terrestrial laser scanners, point clouds, their application fields, are represented. Furthermore, an example made by the terrestrial laser scanner is given.

Key Words: Terrestrial laser Scanning Teknolojisi, Point Clouds, Applications Fields,

1.Giriş

Birçok alanda, insan aktivitelerindeki pratik problemleri çözmek, gerçek dünyanın modellerini yaratmak için obje ölçümleri tamamlanmalıdır. Bu modelleri analiz ederek ölçülen objeler hakkında birkaç yeni bilgiye ulaşmak mümkündür. Modelleme sürecinde elde edilmiş tematik ve geometrik bilgiler, obje hakkında karar vermemizi sağlar. Bu hususta, bilginin gerçekliğe uyumluluğu büyük önem taşır. Gerçekliğin üç boyutlu (3B) olmasından ötürü 3 boyutlu ortamda modellemeler yapmanın büyük avantajı vardır. Bugün, teknik gelişim derecesi, gerçekliği başarıyla işlemeyi mümkün kılmaktadır. Hızlı ve minimum giderle, eksiksiz 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiye sahip olmak özellikle önemlidir. Bugünlerde, birçok sivil, mühendislik, mimari ve endüstri projelerinde, bazı amaçlar için bazı objelerin ve hatta tamamlanmış ortamların mevcut koşulunu yakalama amacıyla, çok detaylı 3 boyutlu (3B) bilgi ihtiyacı önemlidir. Günümüzde 3 boyutlu bilgiye hızlı ve ucuz bir şekilde ulaşma lazer tarama teknolojisi ile olmaktadır.

2. Lazer Tarama Teknolojisi

Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar, 1960 yılından bu yana 40 yılı geçkin bir tarihe sahiptir. Yersel lazer tarama teknolojisinin bir ölçüm aracı olarak gerçekten bir araştırma alanı haline gelmesi sadece, bu son 10 yılda olmuştur. Tek renklilik, iyi kolimasyon, yüksek güç, kısa atımlar veya lazer ışığının ayarlanmasının muhtemelliği gibi lazer radyasyonunun belirli niteliklerinden dolayı ölçümler için kullanılan bu teknolojinin avantajı, daha yeni fark edildi. Hızlı ve minimum giderle, acilen bütün obje(3B model) hakkında eksiksiz 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiye ulaşmak lazer tarama teknolojileri ile olmaktadır.

Örneğin geleneksel jeodezik ölçüm metotları, tüm yer ölçümü veya gerçek zamanlı (RTK) GPS ölçümleri, objenin hızlı bir şekilde geometrik ve görsel bilgilerine ulaşmak için çok uygun değildir. Bunlar sadece tek tek nokta ölçümüne izin verir. Bu nedenle bu metotlar genellikle yavaştır. Modern reflektörsüz total stationlar ve diğer gelişen teknolojilerde de nokta bazlı tarama fonksiyonları vardır. Fakat tarama süresinin fazlalığı, elde edilen nokta sayısının azlığı, taranan objenin gerçek modeline uygun nokta kümelerinin elde edilemeyeşii, yersel lazer tarama teknolojisini ön plana çıkarmıştır.

Dijital fotoğraflama metotları, özellikle kültürel miras kaydında ve mimari ölçümlerde etkili, ama hala bazı eksiklikleri vardır. İlk olarak modelin analiz edilebilmesinden önce, resim işleme ve yöneltme gereklidir. Buda bize gösteriyor ki data dan verimli bilgi alma yolu, tarama teknolojisine göre daha uzundur. İkincisi, çok elverişsiz dış koşullu ortamlar (yetersiz aydınlatma, toz vs.) için uygun değildirler. Bu nedenle, obje geometrisinin yüksek doğrulukla 3 boyutlu ölçümüne direkt izin veren başka bir tekniğin uygulanması gereğini getirmektedir. Böyle bir teknik 90'lı yılların sonu ve 2000'li yılların başında ortaya çıkmış ve buna Yersel Lazer Taraması (TLS - Terrestrial Laser Scanning) tekniği denilmiştir. Jeodezik ölçüm tekniği olarak TLS üzerine kapsamlı araştırma 2000'den sonra başlamıştır. Bugüne kadar son yedi yılda TLS alanında gerçek bir canlılık görölmüştür.

3D lazer tarayıcı teknolojisi, yeni teknoloji alanında yeni bir gelişim yönünün önünü açmıştır. Bu yüzden, birçok bilim adamı ve üretici firma, bu teknolojinin öneminin farkına varıp daha fazla ilgi duymaya başlamışlardır. Son yıllarda, bu konuyla ilişkili pek çok teknoloji ve ürünler piyasaya çıkmıştır. Bugünlerde, birçok şirket ve araştırma enstitüsü, bu teknoloji için araştırma yapmak ve sistemi geliştirmek ve 3B sisteminin yerini alabilecek kendi ürünlerini yaratabilmek için çok fazla para ve insan gücü sarf etmektedir. (Reshetyuk, 2005)

3. Yersel Lazer Tarayıcı Bileşenleri

Bir yersel lazer tarayıcı sistemi (TLS) şu bileşenlerden oluşur : (Barber,2001)

- 1) Tarama ünitesi (tarayıcı)
- 2) Kontrol ünitesi
- 3) Güç kaynağı
- 4) Tripod ve Sehba



Şekil 1: MENSİ GS 100 Yersel Lazer Tarama Sistemi (Kertsen, 2004)

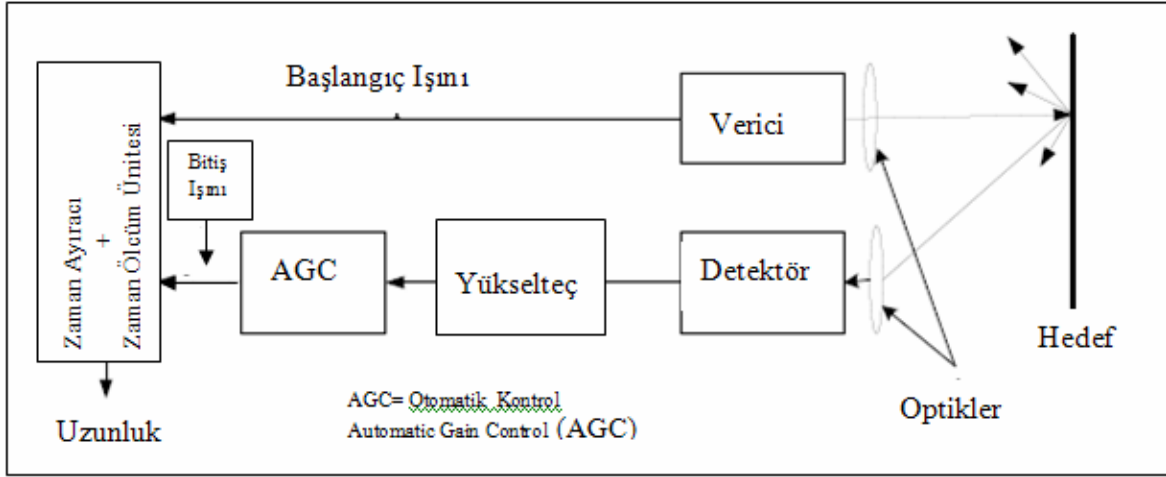
Tarayıcı ünitesi, boyut olarak bildiğimiz ölçü aletlerinden daha büyük bir yapıdadır. Bir Yersel Lazer Tarayıcının öz bileşeni tarama ünitesidir. Bu bileşen basitçe direkt 3 boyutlu veri yakalamak için kullanılan sistemdir. Bir lazer tarama ünitesi iki bileşenenden meydana gelir.(WEHR ve LOHR 1999):

- Lazer telemetresi (Lazer uzunluk ölçme sistemi)
- Lazer ışın saptırma ünitesi (Optik mekaniksel tarayıcı)

3.1 Lazer Telemetresi

Bir lazer telemetresi şunlardan oluşur:

- Bir verici (Transistorlü lazer veya yarı geçirken 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 blok düzeneği (Kostamovaara 1991, Amann 2001)

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 duyarlılığını 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. (Aman, 2001; Reshetyuk, 2005)

Lazer telemetrelerde kullanılan değişmez parça ayrımı (CFD) tekniği kullanılarak, dönüş atımı iki parçaya bölünür bir parça geciktirilir. Daha sonra geciktirilmiş ve geciktirilmemiş atımların ana ve diğer kenarları, atımın yarı genişlik noktasından geçerken zamanlama çalıştırılır. CFD kullanımı dönüş atımının şekli ve genişlik değişimi tarafından kaynaklanan zamanlama hatalarını siler ve mesafe duyarlılığını artırır. Atımın yayılımı ve yüksek frekans osilatörü ile sayılan saat atımları numarası tarafından TDC ile ölçülen atımın geri saçılmış parçasının alınması arasındaki zaman aralığının (t) belirlenmesinde, analog iç değerlendirme metodu ile dijital sayım tekniği kullanılır (Amann , 2001). Hedefin tarayıcıya olan uzaklığı şu şekilde hesaplanır:

$$R = c \frac{t}{2}$$

Atımlı lazer telemetreleri için belirli maksimum duyarlılıklı mesafe (Rmax) şunlara dayanır :

- TDC nin maksimum erimi (bit sayısı)
- Obje yüzeyi yansırılığı
- Lazer gücü
- Atmosferik iletim
- Işın sapması
- Dedektör duyarlılığı

3.2 Lazer Işını Saptırma Ünitesi

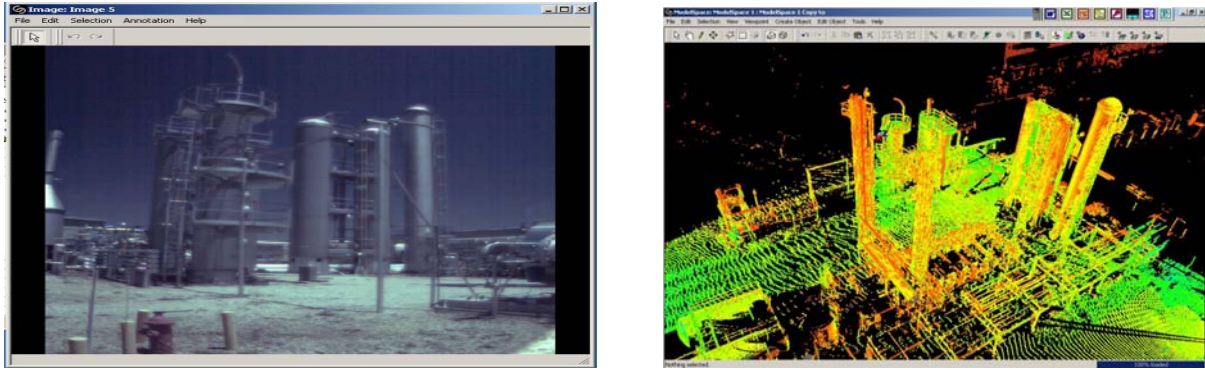
Obje veya alanın mekânsal (3D) ölçümlerini sağlamak için lazer ışın saptırma ünitesi kullanılır. Bu üniteye temel öge dikey yönde ve bazen yatay yönde ışının sapmasını sağlayan tarama aynasıdır. Normalde 3 çeşit ayna kullanılır (Ingensant 2006) :

- Dönen düz aynalar
- Dönen çokgen aynalar
- Dalgalı (Galvanometrik) aynalar

Tüm tarama işlemi ve veri kaydetmeyi kontrol etmek için, tarama yazılımı yüklü bir dizüstü (dizüstü) bilgisayar kontrol ünitesi olarak kullanılır. Bu kontrol ünitesi, tarama işlemi süresince toplanan veri miktarının büyüklüğü yüzünden yeterli veri işleme ve depolama kapasitesine sahip olmalıdır. Parlak gün ışığında ekranı gösterirken yaşanan bazı problemleri önlemek için bazı gölgelendirmeler sağlanmalıdır. (Barber ,2001) Tarayıcı için güç kaynağı bir veya birkaç pildir. (Uygun 12V araba pili veya uygun bir pil) Bu genellikle tarayıcı için güç sağlar, bu nedenle ekstra piller ve bir şarj aleti kontrol ünitesi için gereklidir. Tarayıcılar, genellikle yer üzerinde toprak veya diğer uygun yüzeylere bir sehpa ya da tripot vasıtasıyla kurulabilir. Bazı tarayıcılar bilinen bir nokta üzerine yerleştirilebilir ve düzeçlenebilir. Bazı sistemler örneğin Callidus 1.1 tarayıcısı gibi, iç tarama için uygun olan tekerlekli tripot kullanabilir. (Reshetyuk, 2005)

3.3 Nokta Bulutu

Bir lazer tarayıcı motorize bir total station olarak tanımlanabilir. Taranacak nesnenin yüzey verisini, 3 boyutlu koordinat olarak elde etmektedir. Tarama işlemi otomatik ve sistematik olarak yapılmakta ve saniyede binlerce noktanın x,y,z koordinatlarına ulaşılmaktadır. Yersel lazer taramalarından elde edilen yüksek yoğunluklu noktalar kümesi, tarama süresince genellikle nokta bulutu olarak toplanır. Toplanan bu nokta bulutu, taramayla eş zamanlı olarak, tarama programında görülebilmektedir. (Mills ve Barber, 2003)



Şekil 3: Amine Glycol Bölgesinin Resmi ve Nokta bulutu (URL 1)

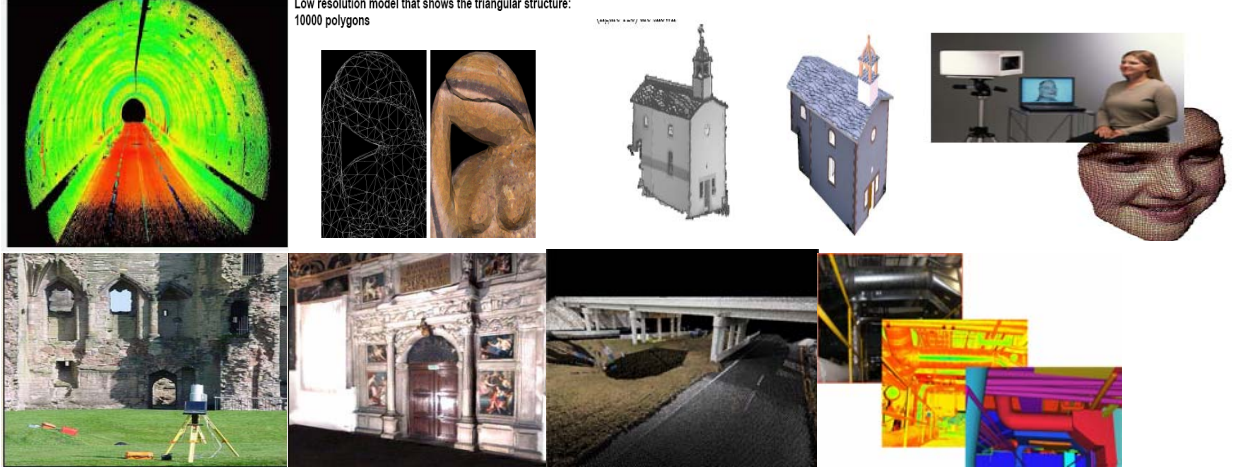
Nokta bulutu bir obje veya konumun mekânsal dağılımdaki genel referans sistemi içerisindeki x,y,z koordinatlarının toplamıdır. Bir nokta bulutu çeşitli bilgiler içerir: (Mettenleiter, 2000)

- *Metrik*: Objeye geometrisini açıklar ve ortamdaki objeler arasındaki mekânsal ilişkileri gösterir.
- *Görsel veya tematik*: Her nokta için mesafe verisinin güvenilirliğini hesaplamak, obje yüzeyinin niteliklerini açıklamak için kullanılabilir. Ayrıca yoğunluk veya RGB (Kırmızı, yeşil, mavi) değeri gibi eklenmiş bilgiler vardır.

3.4 Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Alanları

1. Projelerin sahaya uygunluğunun kontrolü, planlarla yapı ilerleyişinin karşılaştırılması ve kalite kontrolün sağlanması
2. Sanal planlama ve mevcut arazi ilişkilerini içeren mekânsal durumun analiz edilmesi (birleşik yapılar, çok katlı ulaşım merkezleri, alışveriş merkezleri, vb.)
3. Binaların, yapıların uygun bakımını sağlamak için, interaktif yapı incelemeleri, risk keşifleri ve çürüme kontrollerini amaç edinen yapı bilgi sistemleri kurulması. (Wunderlich, 2003).
4. Görsel 3D fabrika yaratmak için endüstriyel ortamların belgelenmesi, yani mevcut fabrika veya tesisin tam dijital modelinin elde edilmesi. Bir görsel 3D kurulumuyla, yeni ekipman programlanabilir ve üretim durdurumu gerekmeksizin çalışmalar devam edebilir. 3D model yardımıyla, değişiklikler nedeniyle eskiyen mevcut çizimleri, gerçeğe uygun olarak sağlamak mümkündür.
5. Bir ülkenin altyapı tesislerinin belgelenmesi. Demiryolu, yol şebekesi, tüneller, köprüler, enerji hatları gibi hasar görmüş alanların teşhisi için olağan araştırma gerektiren değerlendirme yöntemleri için bir temel sağlar. Bu şekilde gerekli onarımlar gecikmesiz tamamlanabilir.
6. Taranacak obje ya da alanın deformasyon kontrolü sadece ayrıntı noktalar olmaksızın yersel lazer tarayıcılarla sıklıkla analiz edilebilir. Böylece yerel deformasyonlar ortaya çıkabilir.

7. Tarihi mirasın (kiliseler, kaleler, saraylar, vb.) detaylı durumu ve hasar değerlendirilmesi, bunların muhafazası için gerekli belgelendirmelerin yapılması, hasar ve yıkım durumunda gelecekte verilen herhangi bir zaman için restorasyonun sağlanması. Bu durumlarda, en narin yapılar ve detayları dokümanlaştırılmalıdır. Bu, ulusal anlamda kültürel miras bilgi sisteminin kurulması için daha fazla temel sağlayabilir. Doğru, gerçek, görsel 3B modeller sayesinde, internet aracılığıyla dünyadaki tüm insanlara tarihi miraslar sanal(Sanal Turizm) olarak ziyaret ettirilebilir(Reshetyuk, 2005).



Şekil 4 : Uygulama Örnekleri (URL)

3.5 Yersel Lazer Tarayıcıları Geleneksel Ölçüm Tekniklerinden Ayıran Farklar

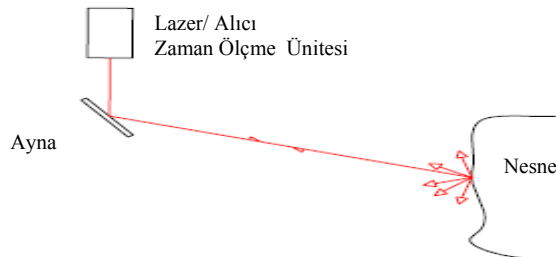
Yersel lazer tarayıcıların en önemli avantajı 3 boyutlu obje geometrisini, doğrudan, hızlı ve detaylı yakalama niteliğidir. Diğer avantajları sırayla(Reshetyuk, 2005):

1. Maliyet açısından giderlerdeki etkileyici azalma.
2. Çok daha hızlı proje tamamlama. Birkaç günde proje bitirilebilir.
3. Geleneksel tekniklerin başarısız olduğu çok karışık, ulaşılabilir, tehlikeli obje ve alanlarda ölçüm yapılabilme.
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.

4. Yersel Lazer Tarayıcıların Çalışma İlkesi

4.1 Bir Lazer Işının Geliş Gidiş Zamanıyla İşlem Yapanlar

Bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile yüzey arasındaki mesafe, sinyal iletimi ile alımı arasındaki seyahat zamanı ile ölçülür. Bu prensip, total stationların çalışma prensibinden dolayı da iyi bilinir. Aslında, motor eksensiz total station, tarama aleti olarak çalışmaya programlanabilir. Ölçüm oranları çok düşük olabilir, bununla birlikte aletin kütlesi nedeniyle eksen etrafındaki artan rotasyon basamakları yeterince hızlı değildir, sinyal süreci çok vakit alır ve açısal değerler kodlanmış çemberlerden zahmetli bir şekilde okunmalıdır. Tarayıcılar, lazer ışının açısal sapması için küçük dönüş aletleri kullanırlar ve uzunluk hesaplaması için basit algoritmalar kullanır. Uzaklık ölçümlerinin tipik standart sapmaları, birkaç milimetre olmaktadır. Uzaklıkların göreceli olarak kısa olmasından dolayı, bu doğruluk, tüm nesne alanı için hemen hemen aynıdır. 3D doğruluğu aynı zamanda, ışının açısal noktalama doğruluğundan etkilenir (Boehler, 2002).



Şekil 5: Uçuş zamanı prensibi.

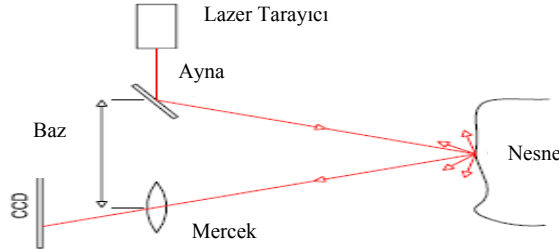
4.2 Faz Karşılaştırma Metoduyla İşlem Yapanlar

Bu metot aynı zamanda yine total stationlar da bilindiği gibidir. Bu durumda, iletilmiş lazer, uyumlu bir dalgayla ayarlanmıştır ve mesafe iletilen ve alınan dalgalar arasındaki faz farkından hesaplanmıştır. Kullanıcıların bakış açısından bu metot, uçuş zamanı metodundan farkı yoktur. Daha karışık sinyal analizinden dolayı sonuçlar daha doğru olabilir. İyi tanımlanmış bir dönüş sinyaline ihtiyaç olduğu için, faz kıyaslama metodunu kullanan tarayıcılar, kısa uzunluklarda daha etkilidir. (Boehler, 2002).

4.3 Triangulasyon Metoduyla İşlem Yapanlar

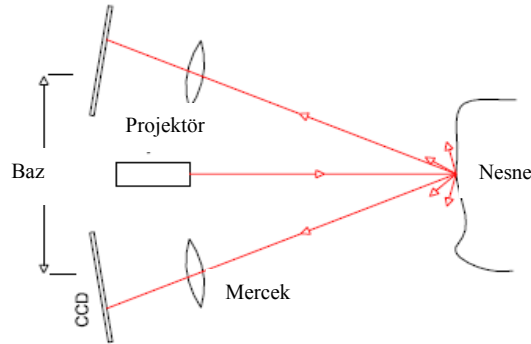
4.3.1 Tek kamera çözümü

Bu tarayıcı basit bir ışın yayma düzeneğinden oluşur. Bu alet, mekanik aletin bir ucundan nesneye olan artan değişen açılarla ve lazer noktalarını sezen bir CCD kamerasıyla lazer ışını gönderir. Yansıtıcı yüzey elementlerinin 3D pozisyonları, sonuç üçgeninden elde edilir. Bu prensip, menzil bulucuların kullandığı araştırmada önceliklere sahiptir. Bu açıdan, alet ve nesne arasındaki menzilin doğruluğu mesafe alanıyla birlikte iyi bilinir. Açıkça, uygulamayla ilgili sebeplerden dolayı, temel uzunluk isteğe bağlı olarak arttırılmaz. Bu tarayıcılar, uzaklık tarayıcılarından daha doğru olan durumlarda, kısa mesafeleri ve küçük nesnelere için önemli bir rol oynar. (Boehler, 2002).



Şekil 6 : Triangulasyon Prensibi: Tek Kamera Çözümü

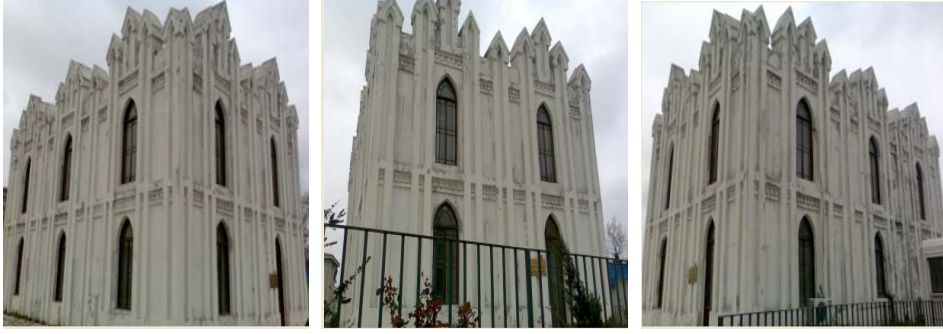
4.3.2 İki kamera çözümü. Triangulasyon prensibinin bir değişkeni, iki CCD kamerası kullanımıdır. İncelenecek nokta ya da bölge, hiçbir ölçme fonksiyonu olmayan ayrı bir ışık projektörüyle üretilir. Çözümlerin geniş bir değişikliği görülebilir. Projeksiyon, hareket eden şerit bölümlerinin bir ışık çizgisinden oluşur. Geometrik çözüm, tek kamera prensibiyle aynıdır, aynı doğruluk sonuçlarını oluşturur. İki kamera kullanan aletlerin tümü yüksek oranlar sağlamaz ve gerçek zamanlı 3D koordinatları üretmezler. Bununla birlikte, eğer yüksek nokta oranları ve gerçek zaman süreci sağlarsa, bu aletler, yukarıda belirtilen tarama aletlerine bir alternatif olarak görülebilir. (Boehler, 2002).



Şekil 7 : Triangulasyon Prensibi: İki Kamera Çözümü.

7.UYGULAMA

Bu Yersel lazer tarama uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız kampüsünde bulunan, KOSGEB Teknoloji Geliştirme Merkez Müdürlüğü tarafından şu an kullanılmakta olan, Yıldız sarayının bir parçası olan Güvercinlik olarak anılan tarihi bir binada gerçekleştirilmiştir.



Şekil 11 : KOSGEB Binasının Sol, Orta, Sağ taraftan görünüşü (Güvercinlik)

Uygulamada OPTECH Firmasının ürettiği ILRIS-3D markalı bir yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı, saniye de 2000 nokta atımı, 1500 m ye kadar tarama menzili, 0.0015 derece açı hassasiyeti, bilgisayar ya da el bilgisayarı ile kolay kullanım, wireless(Kablosuz) veya ethernet bağlantı ile cihaza bağlantı yapabilme, 100’ m de 7mm hassasiyet, $360^0 \times 360^0$ tarama alanı, 1.Sınıf lazer kullanımı ile tamamen insan sağlığına zararsız olması, dahili 6.6 Mega Piksel Dijital Kamera desteği, hafif kompakt dizayn ile tek kişilik kullanımı gibi teknik özelliklere sahiptir.

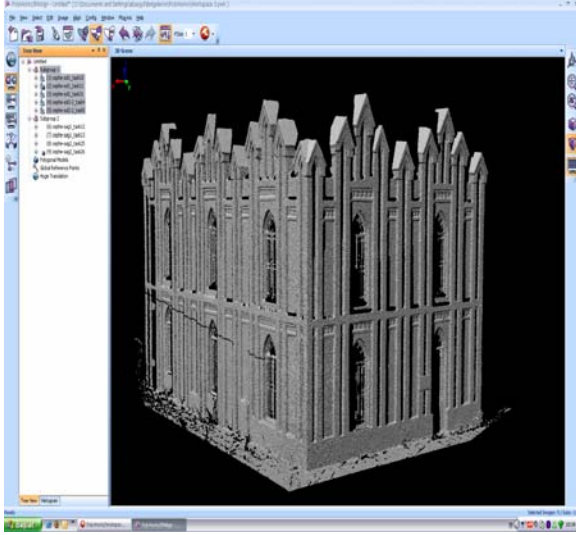


Şekil 12 : Optech ILRIS-3D

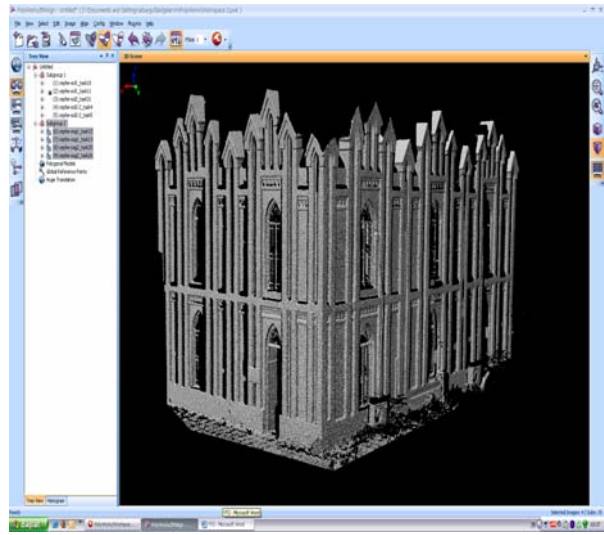
Tarayıcının görüş alanı dikkate alınarak, KOSGEB Binasının giriş yönüne göre sağ ve sol cephelerinin taranmasına kararlaştırılmış ve tarayıcı kurulacak noktalar belirlenmiştir. Tarayıcının, taranacak bölgenin resmini çekme ve kullandığı yazılımdaki bazı özelliklerden dolayı hedef noktaları kullanılmayacaktır. Taranacak bu iki cephe taramalarının birleştirilmesi, iki tarama alanını kapsayan, tarama bölgelerinde ortak bulunan belirgin noktalar yardımıyla gerçekleştirilecektir.

Taramalar yapılmadan önce, tarama yazılımına tarama çözünürlükleri, tarama mesafesi değerleri girilmiştir. Yapılan işin hassasiyetine göre yazılıma girilen değerler değişmektedir. Taramalar yapıldıktan sonra, tarama sonucunda elde edilen nokta bulutları düzenli değildir. Bu nokta bulutlarının düzenli hale getirilmesi için, arka ve ön plandan gereksiz yere taranan nokta bulutlarının silinmesi, inceltme ve filtreleme işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler, her bir tarama için yapıldığı gibi birleştirmeden sonra da yapılmalıdır.

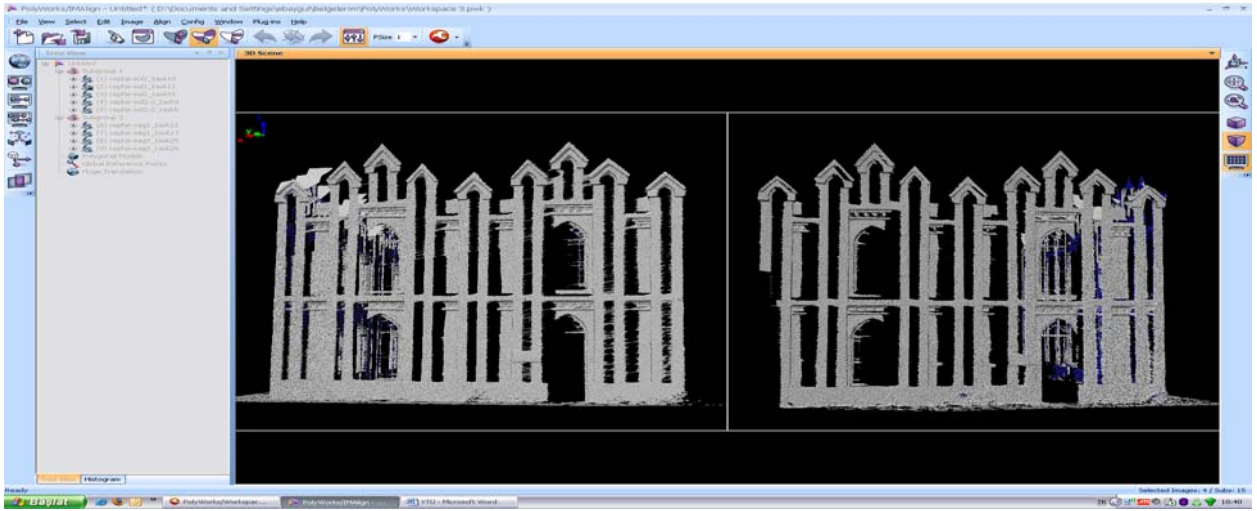
Bu işlemler POLWORKS yazılımında yapılmıştır. Farklı noktalardan taramalar yapıldıktan sonra, nokta bulutları PARSER programında PIF formatına dönüştürülerek POLYWORKS yazılımında açılmıştır. Taramalardan elde edilen nokta bulutları burada düzenli hale getirilmiş ve daha sonra farklı taramalardan elde nokta bulutları birleştirilerek bir bütün haline getirilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde KOSGEB Binasının tarama sonucunda gerçek modeline yakın 3 boyutlu nokta bulut kümesi elde edilmiştir. Bu oluşan bulut kümesinden Z-MAP yazılımıyla, binanın detay çizimleri yapılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada jeoreferanslama yapılmamış, taramadan elde edilen koordinatlar tarayıcın kendi koordinat sistemindedir.



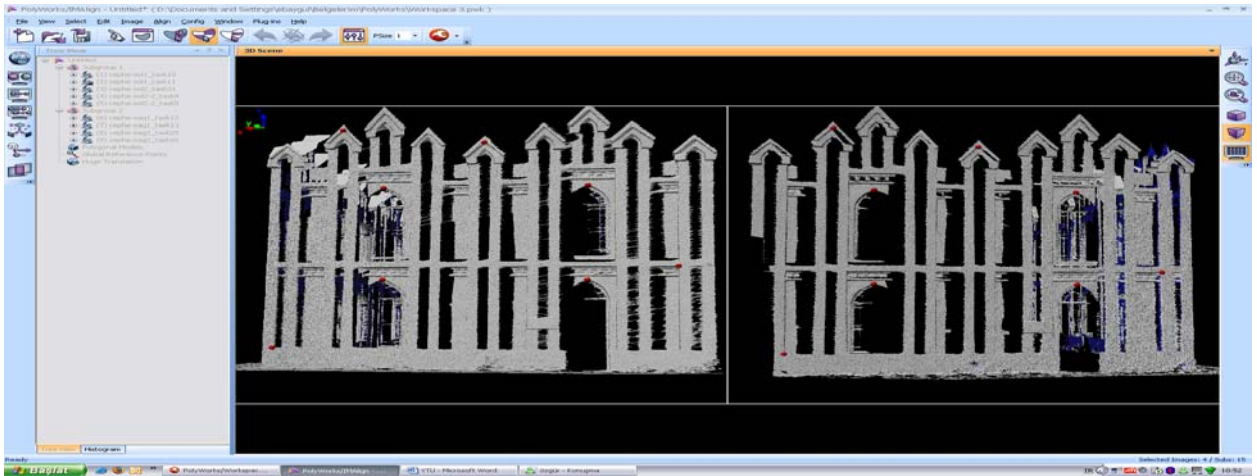
Şekil 13: Bina girişine göre sol taraf tarama datası



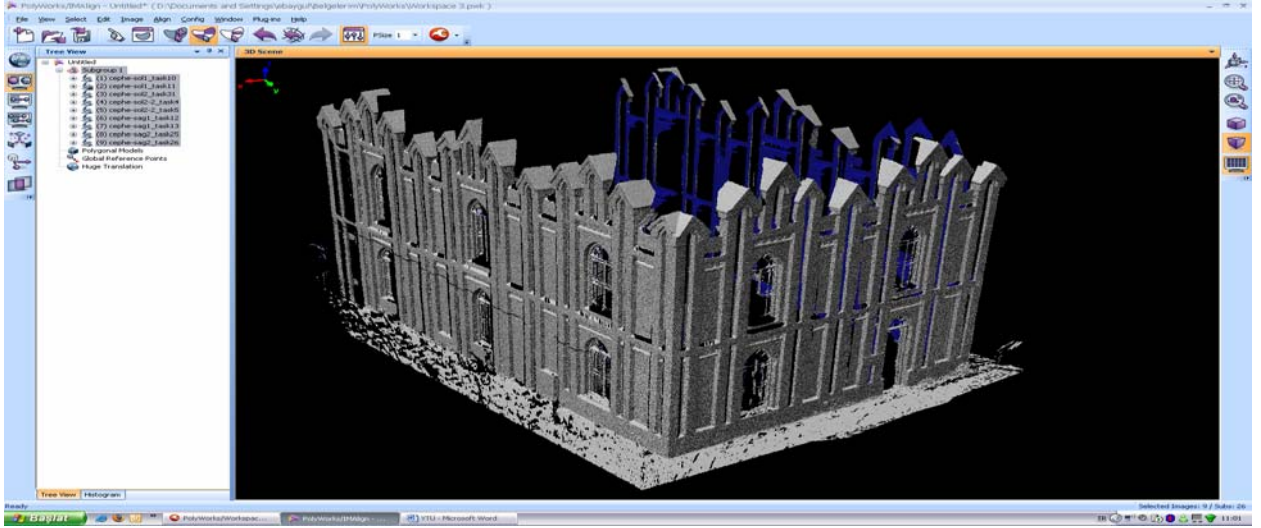
Şekil 14: Bina girişine göre sağ taraf tarama datası



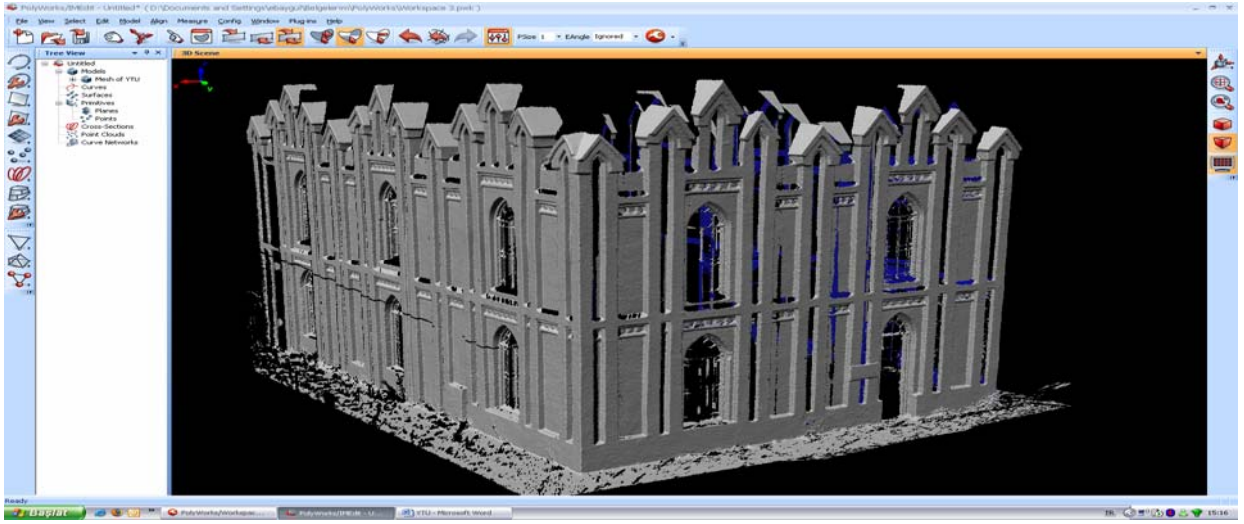
Şekil 15 : Sol ve Sağ tarama datalarının birleştirme penceresi



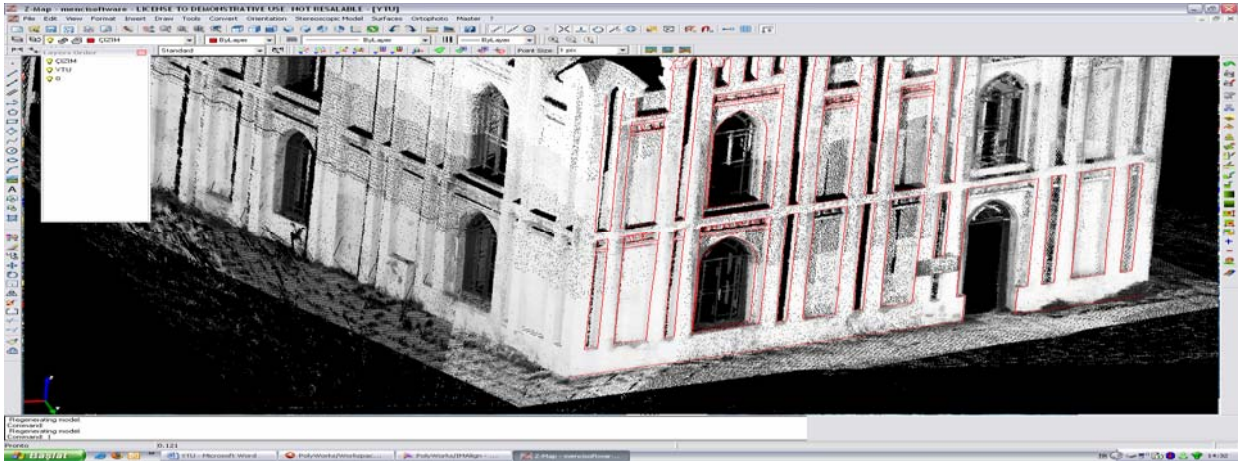
Şekil 16 : Kırmızı ile işaretlenmiş noktalar ile iki tarama datası birleştirilmesi



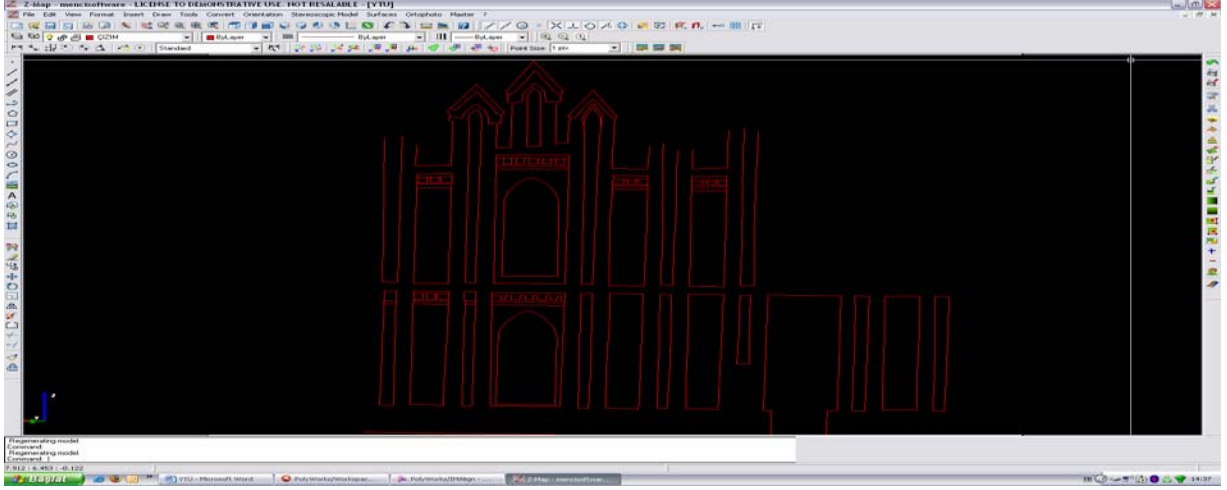
Şekil 17 : Birleştirilmiş nokta bulutu datası



Şekil 18 : Mesh yapılmış nokta bulutu datası



Şekil 19 : Nokta bulutundan 3Boyutlu nokta detay çizimi



Şekil 20 : Detay Çizimi

7. Sonuçlar

Yersel lazer tarama teknolojisi hızla gelişen bir teknolojidir. En önemli özelliği çok kısa sürede, ekonomik olarak objenin gerçeğine yakın 3 boyutlu modelinin elde edebilmesi için nokta bulutları üretmesidir. Diğer 3 boyutlu modelleme teknikleri ile karşılaştırıldığında avantajları görülmektedir. Tabii ki bu sistemde çözemediği sorunlar, elde edilen ürünler de hatalar vardır. Bu sorunlar diğer modelleme teknikleri yardımıyla ve gelişen lazer teknolojisi ile çözülmeye başlanmıştır. Tarayıcıların konum doğruluklarını iyileştirmek, hata kaynaklarını yok etmek üzere çalışmalar yapılmaktadır. Kültürel ve tarihi mirasın kullanılmasında, inşaat sektöründe, Mimarlık alanında, endüstriyel çalışmalarda, deformasyon ölçmelerinde vb. birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

8. Teşekkür

PAKSOY Teknik Hizmetler Ticaret LTD Şirketinden, Harita Mühendisi Erkan BAYGÜL'e uygulamamıza yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

9. Kaynaklar

Wehr, A. and Lohr, U., 1999. Airborne laser scanning – an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, pp. 68 – 82.

Barber, D., Mills, J. and Bryan, P. G., 2001. Laser Scanning and Photogrammetry: 21st century metrology.. Potsdam, Germany, September 18 – 21, pp. 360 – 366

Kersten, Th., Sternberg, H., Mechelke, K. and Acevedo Prado, C., 2004. Terrestrial laserscanning system MENSIGS 100/GS 200. Panoramic Photogrammetry Workshop 2004,

Wehr, A. and Lohr, U., 1999. Airborne laser scanning – an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, pp. 68 – 82.

Amann, M-Ch., Bosch, T., Lescure, M., Myllylä, R. and Riox, M., 2001. Laser ranging: a critical review of usual techniques for distance measurement. Optical Engineering, 40 (1), pp. 10 – 19.

Kostamovaara, J., Määttä, K., and Myllylä, R., 1991. Pulsed time-of-flight laser range-finding techniques for industrial applications. SPIE Proceedings, Vol. 1614, pp. 283 – 295.

Ingensand, H., 2006. Methodological aspects in terrestrial laser-scanning technology. 12th FIG Symposium on Deformation Measurements

Mills, J. and Barber, D., 2003. An Addendum to the Metric Survey Specifications for English Heritage – the collection and archiving of point cloud data obtained by terrestrial laser scanning or other methods. Version 11/12/2003.

Mettenleiter, M., Härtl, F., Frölich, C. and Langer, D., 2000. Imaging Laser Radar for 3DModelling of Real World Environments. Internat. Conference on OPTO/IRS2/MTT. Erfurt, Germany, May 9 – 11.

Wunderlich, T. A., 2003. Terrestrial Laser Scanners – an Important Step towards Construction Information. In Proceedings of FIG Working Week. Paris, France, April 13 – 17. URL:

Boehler, W. and Marbs, A., 2002. 3D Scanning Instruments. In Proceedings of International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording – Complementing or Replacing Photogrammetry. Corfu, Greece, September, 1 – 2.

Yuriy Reshetyuk “Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners” Department of Transport and Economics Division of Geodesy 100 44 Stockholm

İnternet Kaynakları

URL1, [http:// arch.ttu.edu.tr](http://arch.ttu.edu.tr)

URL2, [http:// www.riegl.co.at](http://www.riegl.co.at)

URL4, <http://www.3dlasermapping.com>

URL5, <http://www.isprs.org>

URL6, <http://www.sciencedirect.com/>

URL7, <http://www.optech.ca>

URL8, <http://www.leica.com>