

SAYISAL FOTOGRAMETRİ VE YERSEL LAZER TARAYICILAR İLE BELGELEME VE ÜÇ BOYUTLU MODELLEME

N. Yastıklı

Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı,
ynaci@yildiz.edu.tr

ÖZET

Tarihi ve kültürel mirasın, restorasyon projelerinde rölevelerin hazırlanması önemli iş adımlarından biridir. Yersel fotogrametri yöntemi fotogrametrik röleve yapımında yıllardır başarı ile kullanılan bir yöntemdir.. Gelişen bilgisayar ve bilgi teknolojileri ile birlikte, klasik yersel fotogrametri yöntemi yerini sayısal yersel fotogrametri yöntemine bırakmıştır. Sayısal fotogrametri yöntemi ile bütün yöneltme ve çizim işlemleri bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, otomatik yöneltme ve ölçme işlemleri, sayısal üç boyutlu vektör veri, sayısal ortofoto, sayısal yüzey ve arazi modellerinin üretimi gibi birçok imkan sunmaktadır. Elde edilen sonuç ürünlerin sayısal olması, bu ürünlerin belgeleme ve fotogrametrik röleve dışında üç boyutlu modelleme, üç boyutlu verinin görselleştirilmesi, yönetilmesi ve CBS ortamında sunulması gibi farklı uygulama alanlarında da kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Son yıllarda yersel lazer tarayıcılar kültürel mirasın belgelenmesinde kullanılan ve popüler olan diğer bir yöntemdir. Gelişen yersel lazer tarayıcı teknolojisi ile ,nesne yüzeyinde yüksek doğruluklu ve çok yoğun 3 boyutlu nokta ölçümü mümkün hale gelmiştir. Yersel lazer tarayıcıların bir parçası olan sayısal kamera yada video kameralar ile kaydedilen görüntüler ve yoğun 3 boyutlu noktalar kullanılarak sayısal ortofoto, üç boyutlu modelleme yapılabilen ve elde edilen veri kolaylıkla görselleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, sayısal fotogrametri ve lazer tarayıcıların tarihi ve kültürel mirasın belgelenmesi ve üç boyutlu modellenmesindeki kullanımı incelenmiştir. Sayısal fotogrametri ve lazer tarayıcılar ile belgeleme ve üç boyutlu modelleme, yöntemlerinin temel prensipleri özetlenmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarayıcılar kullanılarak tamamlanan proje ve araştırma çalışmaları sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sayısal fotogrametri, Lazer tarayıcı, Belgeleme, Üç boyutlu modelleme

ABSTRACT

HERITAGE DOCUMENTATION AND 3D MODELLING USING DIGITAL PHOTOGRAMMETRY AND TERRESTRIAL LASER SCANNING

The production of line drawings (röleve) is one of the important tasks in restoration projects of historical and cultural heritage. The terrestrial photogrammetry is used for this task successfully for many years. This traditional terrestrial photogrammetry method is replaced by digital terrestrial photogrammetry within recent development in computer and information technologies. Digital photogrammetry is enabling us to do all orientation and stereo plotting steps using computers. This technology is offering us new opportunities such as, automatic orientation and measurement procedures, the generation of 3D vector data, digital orthophoto, digital surface and terrain models. These derived products are digital and can be used different application such as 3D model generation, 3D visualization and management and presentation on Geographic Information System (GIS).

Terrestrial Laser Scanning is another technology, which is increasingly popular for documentation cultural heritage in recent years. In this technology, it is possible to measure very dense 3D point on object surface with high accuracy. The 3D model, digital orthophoto can be generated easily and 3D visualization can be made by using recorded digital image by laser scanning system and generated 3D points. In this study, the use of digital photogrammetry and terrestrial laser scanner for documentation of historical and cultural heritage is investigated. The basics of the documentation procedures using digital photogrammetry and terrestrial laser scanning are summarized. The completed projects and research studies, which were concluded by Division of Photogrammetry and Remote Sensing, Yıldız Technical University was presented.

Keywords: Digital photogrammetry, Laser scanner, Documentation, 3D modeling

1. GİRİŞ

Yersel fotogrametri yöntemiyle tarihi ve kültürel yapıların, belgelenmesi ve rölevelerinin hazırlanması yıllardır başarı ile gerçekleştirilmektedir. Yersel fotogrametri yöntemiyle belgeleme ve röleve çizimi konusundaki projeler ve bilimsel araştırmalar, ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) ve ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) gibi uluslararası organizasyonlar tarafından düzenlenen sempozyum ve diğer aktivitelerle desteklenmektedir. Özellikle bu iki organizasyonun etkin işbirliğiyle kurulan

CIPA (International Committee for Architectural Photogrammetry) düzenlediği sempozyumlarla bu konuda çalışan üniversitelere, proje geliştiren, yürüten kamu kurumları ve ticari firmalara yeni teknolojilerin tanıtılması ve projelerde etkin kullanımı konusunda ışık tutmaktadır.

Uzun yıllar boyunca kullanılan klasik yersel fotogrametri yönteminde belgeleme ve Röleve amacıyla fotoğraflar metrik kameralar ile çekilmekteydi. Tarihi ve kültürel mirasın özellikleri göz önünde bulundurularak mono olarak çekilen fotoğraflar tek fotoğraf değerlendirme (rödesman), yada stereo çekim durumunda analog stereo değerlendirme aletlerinde değerlendirilmekteydi. Sayısal fotogrametri yöntemi ile birlikte semi metrik kameralar yada sayısal (dijital) kameralar ile çekilen fotoğraflar sayısal fotogrametrik değerlendirme aletlerinde aktarılmaktadır. Bütün yöneltme ve çizim işlemleri bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir. Sayısal fotogrametri yöntemi, otomatik ölçme işlemleri, sayısal üç boyutlu vektör veri, sayısal ortofoto, sayısal arazi ve yüzey modelleri gibi birçok imkanlar sunmaktadır.

Gelişen bilgisayar ve bilgi teknolojileri ile birlikte sayısal yersel fotogrametri yöntemi ile elde edilen sonuç ürünler, belgeleme ve fotogrametrik röleve amacı dışında sayısal CAD ortamında tarihi ve kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi, üç boyutlu verinin görselleştirilmesi, elde edilen verilerin yönetilmesi ve CBS ortamına aktararak bu verilerin sorgulanması gibi (Duran, 2004) birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda sayısal (dijital) yersel fotogrametri yaklaşımı ile birlikte ve son yıllarda gelişen yersel lazer tarayıcılarda kullanılmaktadır. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı klasik yersel fotogrametri yöntemini kullanarak Türkiye'deki birçok tarihi eserin belgelenmesi ve rölevelerinin çiziminde diğer üniversitelerle birlikte öncü görevler yapmıştır. Bu görevine sayısal fotogrametri yöntemi ile tamamladığı proje çalışmaları ile sürdürmüş, son olarak yersel lazer tarayıcı ile yaptığı çalışmalar ile devam etmektedir.

Bu çalışmada, sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarayıcılar kullanılarak tarihi ve kültürel mirasın belgelenmesi, rölevelerinin hazırlanması ve üç boyutlu modellenmesi incelenmiştir. Sayısal fotogrametri yöntemi ile tek fotoğraf değerlendirme, sayısal ortofoto üretimi ve stereo değerlendirme yaklaşımları ve iş akışı özetlenmiştir. Yersel lazer tarayıcıların belgeleme ve üç boyutlu modellenmesi çalışmalarındaki kullanımı araştırılmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarayıcılar ile yapılan projeler ve araştırma çalışmaları özetlenmiştir.

2. SAYISAL FOTOGRAMETRİ

Sayısal fotogrametri yöntemi ile değerlendirme yöntemi, söz konusu objenin özellikleri, büyüklüğü, konumu, sonuç ürünün kullanım amacı ve beklenen doğruluk, kullanılacak yazılım ve donanım vb. birçok özelliğe bağlı olarak belirlenir. Fotogrametrik röleve projelerinde pek çoğunda sonuç ürün genellikle 1/20 yada 1/50 ölçekli röleve çizimleridir. Projenin amacına göre sayısal ortofoto ve objenin sayısal yüzey modeli ve objenin üç boyutlu yüzey modeli istenilen diğer sonuç ürünlerdir. Sayısal fotogrametri yöntemi ile, sonuç ürünlerin üretiminde kullanılan yöntemler, sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi, stereo değerlendirme, sayısal ortofoto ve stereo görüş olmadan birden fazla fotoğraf yardımıyla değerlendirme yöntemleri olarak sıralanabilir.

2.1 Sayısal Tek Fotoğraf Değerlendirmesi

Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi, obje yüzeyinin düzlem olduğu diğer bir deyişle obje yüzeyinde derinlik farklarının bulunmadığı nesneler için iyi bilinen ve başarı ile kullanılan bir yöntemdir. Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesinde fotoğraf üzerinde ölçülen x, y koordinatları ile nesne koordinat sistemi (X, Y) arasındaki matematiksel ilişki projektif dönüşüm ilişkisi eşitlikleri ile sağlanır:

$$\begin{aligned} X &= \frac{a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3}{a_7 \cdot x + a_8 \cdot y + 1} \\ Y &= \frac{a_4 \cdot x + a_5 \cdot y + a_6}{a_7 \cdot x + a_8 \cdot y + 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Burada, önce her iki koordinat sisteminde koordinatları bilinen kontrol noktaları yardımı ile bilinmeyen parametreler ($a_1, a_2, \dots, a_8$) hesaplanır. Bilinmeyenlerin hesaplanması için minimum 4 kontrol noktasına ihtiyaç vardır. İdeal durumda kontrol noktası sayısının 4 den fazla olması istenir. Eşitlik 1' de görüldüğü üzere bu yaklaşımda kameranın metrik olması diğer bir deyişle iç yöneltme elemanlarının belirlenmesine ihtiyaç yoktur. Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi yöntemi ile aynı yada farklı kameralar ile çekilen fotoğraflar kullanılarak mozaikler hazırlanabilir.

2.2 Stereo Değerlendirme

Sayısal tek fotoğraf değerlendirmesi, obje yüzeyinin düz olmadığı, derinlik farklarının bulunduğu durumlarda uygun bir değerlendirme yöntemi değildir. Tarihi ve kültürel yapıların, sanat eserlerinin yüzeylerinde derinlik farkının bulunduğu durumlarda stereo değerlendirme yöntemi tercih edilmelidir. Bu durum obje yüzeyinin iki

boyutlu değil üç boyutlu olarak ifade edilebilmesi ile açıklanabilir. Bilindiği gibi, fotoğraf yardımı ile üçüncü boyut ancak objenin farklı bir noktadan çekilmiş ikinci bir fotoğrafı yardımıyla elde edilebilir. Eğer stereo değerlendirme yapılacak ise, çekim sırasında stereo görüş için gerekli koşulların yerine getirmesi gerekmektedir. Ayrıca iki fotoğraf çekim noktası arasındaki baz uzunluğu ile alım mesafesinin oranı belirli sınırlar içerisinde olmalıdır. Stereo değerlendirme yönteminde, fotoğraf alım yöntemi olarak normal alım durumu tercih edilmekle birlikte kullanılan yazılım ve donanımın özelliklerine bağlı olarak eğik ve dönük alım da yapılabilir.

Stereo değerlendirme yönteminde, fotoğraf çiftlerinin karşılıklı yöneltilmesi her iki fotoğrafta ölçülen bağlama noktaları yardımıyla hesapla yapılır. Modelin mutlak yöneltmesi için model alanına uygun dağılmış en az üç ideali model köşelerine dağılmış dört adet üç boyutlu koordinatları bilinen (X,Y,Z) kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Çizim işlemleri sayısal ortamda deneyimli operatörler tarafından yapılır.

2.3 Sayısal Ortofoto

Objeye yüzeyinde derinlik farkları bulunan tarihi ve kültürel yapılar sanat eserlerinde kullanılan diğer bir yöntem sayısal ortofoto yöntemidir. Sayısal ortofoto yönteminde bir önceki bölümde açıklanan stereo model oluşturulduktan sonra sayısal yüzey modeli ya operatörler tarafından manuel ölçümlerle yada görüntü eşleme algoritmaları ile otomatik olarak üretilir ve sonra düzeltilir. Üretilen bu sayısal yüzey modeli yardımıyla derinlik farkından kaynaklanan deformasyonlar düzeltilerek sayısal ortofoto üretilmiş olur.

2.4 Stereo Görüş Olmadan Birden Fazla Fotoğraf Yardımıyla Değerlendirme

Farklı açılardan bindirmeli olarak çekilmiş birden fazla fotoğraf yardımıyla stereo görüş olmaksızın değerlendirme yapılabilir. Buradaki temel mantık, fotoğraf üzerinde üç boyutlu koordinatların belirlenecek her nokta koordinatların en az iki fotoğraf da yapılan ölçüler yardımıyla kestirilmesidir. Çekilen bu fotoğraflar konvergent olarak çekilmiş bindirmeli fotoğraflardır.

Fotoğraflara ilişkin dış yöneltme elemanları ışın desteleri ile dengeleme yöntemi ile belirlenir. Kullanılan yazılımın özelliğine göre, dengelemeye dahil edilen ek parametreler yardımı ile iç yöneltme elemanları da belirlenebilir. Paralel çizgiler, düzlem olan kapalı alanlar ve diklik gibi ek bilgiler tanımlanarak az sayıdaki kontrol noktası yardımıyla değerlendirme yapılabilir. Bu yaklaşımla çalışan paket programlara örnek olarak Eos System tarafından geliştirilen PhotoModeller, Rollei firması tarafından geliştirilen CDW, Technet firması tarafından geliştirilen PICTRAN ve PHOCAD firması tarafından geliştirilen PHIDIAS yazılımları verilebilir.

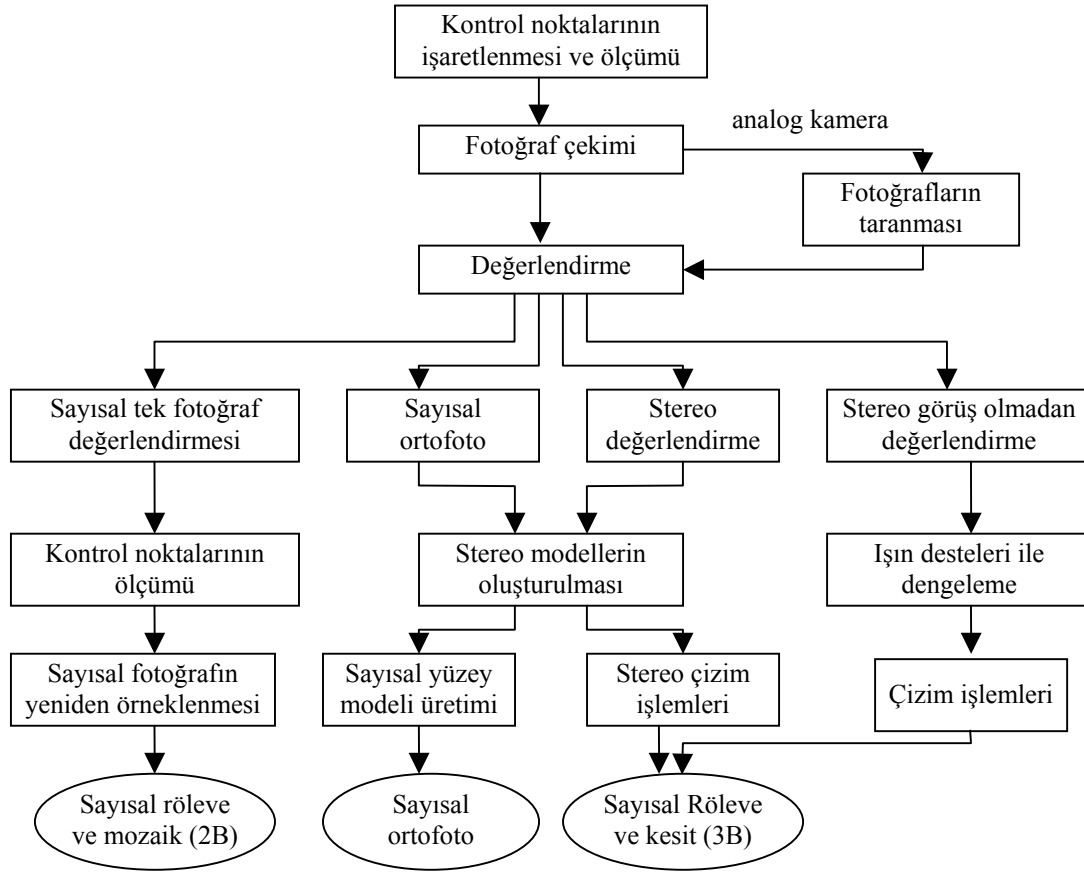
2.5 Sayısal Fotogrametri Yönteminde İş Adımları

Bundan önceki bölümlerde özetlenen yöntemlerle değerlendirme yapmak için işlem adımları ve etkinlikler Şekil 1’de özetlenmiştir. Stereo değerlendirme yöntemlerinde kullanılan film tabanlı kameralar metrik kameralar, stereo kameralar ve yarı metrik kameralar olarak sınıflandırılmaktadır. Metrik kameraların iç yöneltme elemanları ve mercek distorsiyon hataları kalibrasyon işlemi ile belirlenmektedir. Bu kameralarda, fotoğraf kenarlarında iç yöneltme için çerçeve işaretleri bulunmaktadır. Bu kameralara örnek olarak Zeiss UMK 1318 verilebilir. Stereo kameralar belirli bir bazın iki ucuna yerleştirilmiş metrik kameralardan oluşmaktadır. Genellikle baz 40 yada 120 cm dir. Bu kameralara örnek olarak Wild C 40/120 ve Zeiss SMK 40/120 verilebilir. Bugün çoğunlukla film tabanlı kamera olarak yarı metrik kameralar kullanılmaktadır. Bu kameralarda belirli aralıklarla yerleştirilen referans gridler çekim sırasında fotoğraf üzerine iz düşürülmektedir. Koordinatları kamera kalibrasyon işlemi ile belirlenen bu gridler yardımıyla film deformasyonları giderilebilmektedir. Bu kameralar Rollei, Leica ve Hasselblad firmaları tarafından üretilmektedir.

Sayısal kameralar yersel fotogrametri uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu kameralar ile kaydedilen görüntüler doğrudan bilgisayarlara aktarılabilir ve değerlendirmeye başlanabilir. Özellikle yüksek çözünürlüklü, sabit odak uzaklıklı ve değiştirilebilen objektifli sayısal kameralar yersel fotogrametri uygulamalarında kullanılmaktadır. Bun sayısal kameralara örnek olarak Nikon D100, Canon EOS D60 ve Canon DCS 760 verilebilir (Hanke ve Grussenmeyer, 2002).

3. YERSEL LAZER TARAYICILAR

Son yıllarda gelişen yersel lazer tarayıcı teknolojisi tarihi ve kültürel yapıların belgelenmesi ve üç boyutlu modellenmesinde oldukça popüler bir yöntem haline gelmiştir. Yersel lazer tarayıcılar kullanılarak çok kısa bir zaman diliminde binlerce üç boyutlu noktanın kaydedilmesi olanaklı hale gelmiştir. ISPRS’ nin 5 numaralı komisyonu altında çalışan 3 numaralı çalışma grubu (www.isprs.org/technical_commissions/wg5_5.html) lazer tarayıcıların belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarındaki kullanımı ve elde edilen doğruluklarla ilgili bu konudaki araştırmalara devam etmektedir.



Şekil 1: Yersel sayısal fotogrametri iş adımları

Yersel lazer tarayıcılar özellikle obje yüzeyinin düzgün geometrik şekillere sahip olmadığı yersel fotogrametri yöntemi ile belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında tercih edilmektedir. Fotogrametrik alım ve proje süresindeki kısıtlamaların olduğu durumlarda yersel lazer tarayıcılar tercih edilebilir. Bu gibi durumlar dışında da rutin fotogrametrik belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılabilir. Yersel lazer tarayıcı teknolojinin yeni olması sebebiyle pahalı bir teknolojidir. Belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılan yersel lazer tarayıcı sistemler alım uzaklığı ve beklenen doğruluk potansiyeline göre değişmektedir. 0.1 m uzaklıktaki bir objenin 1 mm den daha yüksek doğrulukla taranması istenileceği gibi 100 m mesafeye kadar olan bir daire içerisindeki objelerin birkaç 1 cm den daha iyi bir doğrulukla taranması istenilebilir. Bu nedenle belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılan lazer taratıcılar ve çalışma prensipleri farklıdır. Yersel lazer tarayıcıların ölçme prensibi genellikle gönderilen lazer ışınının kaynaktan çıkışı ve dönüşü arasında sürenin kayıt edilmesi (time of flight) ve bu şekilde mesafenin ölçülmesine dayanmaktadır (Boehler ve Marbs 2003).

Lazer tarayıcılarda lazer ışık kaynağının yatay ve düşey hareketlerinin ne kadarlık bir açısal ayırma gücü ile belirlendiği ve saniyede kaydettiği üç boyutlu nokta sayısı lazer tarayıcı seçiminde önemli kriterlerdir. Belgeleme ve üç boyutlu modelleme amaçlı kullanılan ve ticari olarak pazarlanan lazer tarayıcı sistemlerin çoğu lazer ışınının kaynaktan çıkış ve dönüş süreleri arasındaki zamanın ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bunlara tip tarayıcılara örnek olarak Mensi firması GS 100, GS 200 modelleri, Leica firması HDS 2500, 3000 modelleri ve Riegl firması LMS-Z210i, LMS-Z360i, LMS-Z420i modelleri verilebilir.

3. SAYISAL FOTOGRAMETRİ VE YERSEL LAZER TARAYICILAR İLE BELGELEME VE ÜÇ BOYUTLU MODELLEME

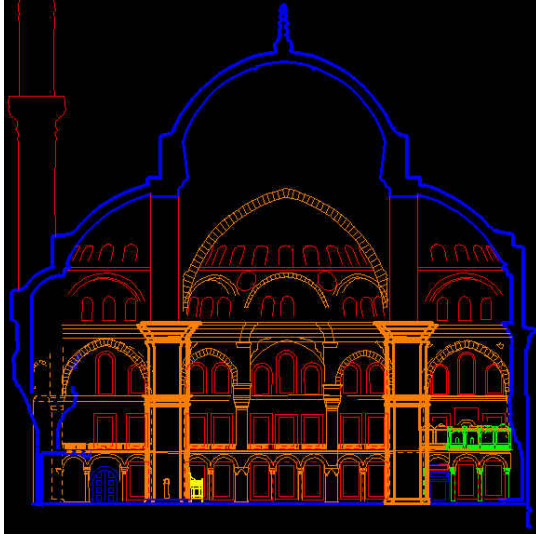
Bundan önceki bölümlerde sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarayıcılarla belgeleme ve üç boyutlu modelleme yöntemlerinin temel prensipleri özetlenmiştir. Bu bölümde Yıldız Teknik Üniversitesi Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından yapılan projeler ve araştırma çalışmaları özetlenecektir.

3.1 Sayısal Fotogrametri Yöntemi ile Belgeleme ve Üç Boyutlu Modelleme

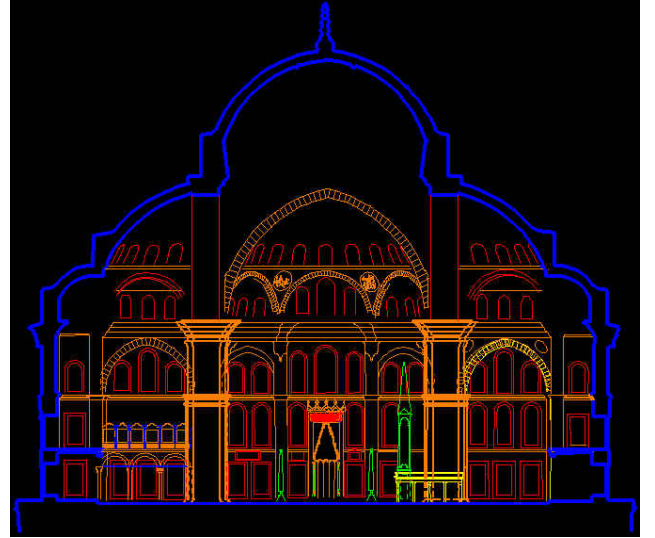
YTÜ, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından 2002 yılı ikinci yarısı itibarı ile başlanan Fatih Camii Fotogrametrik Röleve Projesi 2003 yılı sonu itibarı ile tamamlanmıştır. Bu proje kapsamında Fatih Camii dış cephe rölemleri, camii içerisinde iki adet boyuna kesit çizimi, şadırvan avlusu ve iki adet türbenin rölemlerinin çizimleri hazırlanmıştır. Camii cephelerindeki derinlik farklarından dolayı alım yöntemi olarak stereo değerlendirme yöntemi seçilmiştir. Fotoğraf çekim işlemleri Rolleiflex 6008 yarı metrik kamera ile normal alım durumunda yapılmıştır. Bazı bölümlerdeki alımlar ulaşım güçlükleri ve diğer objelerin kapatması vb. güçlükler nedeni ile eğik ve dönük alım durumunda çekim yapılmıştır. Fotoğraf çekimi sırasında 40 mm ve 150 mm lik iki farklı objektif kullanılarak yaklaşık 350 adet fotoğraf çekilmiştir. Sayısal fotogrametrik iş istasyonu üzerinde çalışan Zeiss Phodis ST 30 yazımı stereo değerlendirme için kullanılmış üç boyutlu görüş kızıl ötesi emitör ve likit kristal gözlükten oluşan donanım ile elde edilmiştir. Fotoğrafların iç yöneltmeleri yapıldıktan sonra karşılıklı yöneltme için yeteri sayıda bağlama noktası fotoğraf çiftlerinde okunmuştur. Modellerin mutlak yöneltmesi için yaklaşık 1500 civarında doğal yada işaretli kontrol noktaları tesis edilen 53 adet poligon noktasına yardımıyla ölçülmüştür. Çizim işlemleri sayısal ortamda MicroStation (Bentley) yazılımı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2, 3) Bu proje ile ilgili ayrıntılı açıklamalar Yastıklı vd., 2003a' de bulunabilir.



Şekil 2: Fatih camii güneybatı cephesi çizimi



(a)



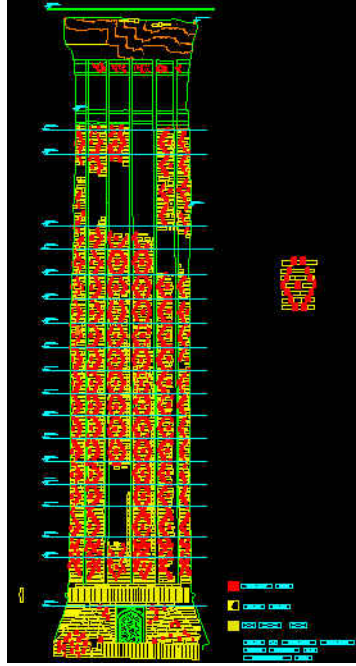
(b)

Şekil 3: Fatih Camii güneydoğu-kuzeybatı (a) ve kuzeydoğu-güneybatı (b) cephesi çizimleri

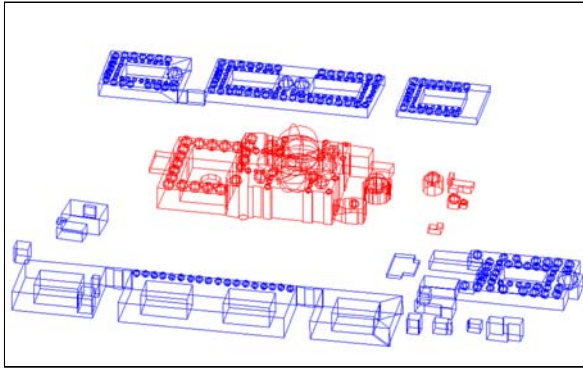
YTÜ Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından 2004 yılında tamamlanan diğer bir proje de Erzurum Çifte Minareli Medrese minarelerinin fotogrametrik rölemlerinin hazırlanmasıdır. Bu projenin özelliği minarelerin kaide yüksekliğinin yerden yüksekliğinin yaklaşık 15 m tepesinin yerden yüksekliğinin 30m olmasıdır. İşaretli kontrol noktaları tesisi ve fotoğraf çekimi anabilim dalı proje ekibi tarafından tasarlanan özel platformlar yardımı ile 50 m çıkabilen vinçler kullanılarak yapılmıştır. Fotoğraf çekimi, Rolleiflex 6008 yarı metrik kamera ile normal alım durumunda 40 mm lik objektif kullanılarak stereo olarak yapılmıştır. İşaretli kontrol noktaları lazer teodolit kullanılarak poligonlara dayalı ölçülmüştür. Stereo değerlendirme işlemi, sayısal fotogrametrik iş istasyonunda Zeiss Phodis ST 30 yazımı kullanılarak sayısal ortamda MicroStation (Bentley) yazılımı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4).

Sayısal fotogrametri yöntemi ile üretilen veriler kullanılarak tarihi ve kültürel yapıların üç boyutlu modellenmesi yapılabilir. Fatih Camii Fotogrametrik Röleve çalışması verileri ve sayısal fotogrametrik haritalar kullanılarak

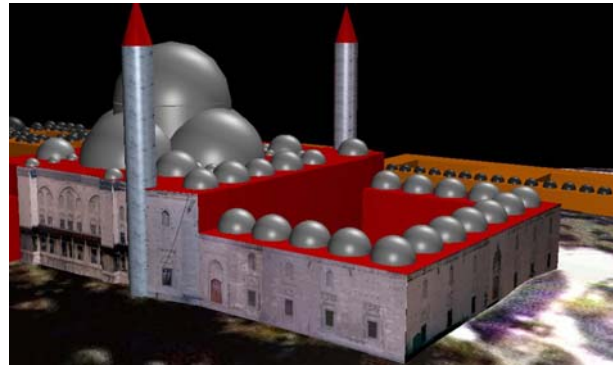
camii ve çevresi üç boyutlu modellenmiştir (Yastıklı vd., 2003b). Önce tel kafes yöntemine göre camii ve çevresi modellenmiş, daha sonra camii dış cephelerine doku kaplanmıştır (Şekil 5)



Şekil 4: Erzurum Çifte Minareli Medrese röleve çizimi



(a)



(b)

Şekil 5: Fatih Camii tel kafes (a) ve doku kaplanmış (b) üç boyutlu modeli

3.2 Yersel Lazer Tarayıcılar ile Belgeleme ve Üç Boyutlu Modelleme

Mensi GS 100 yersel lazer tarayıcıyı YTÜ, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından 2004 yılında eğitim, öğretim ve araştırma faaliyetlerinde kullanılmak üzere satın almıştır. Mensi GS 100 lazer tarayıcı kullanılarak yatayda 360° düşeyde 60° lik görüş açısı ile 2 m ile 100 m mesafedeki objelerin taraması yapılabilmektedir. Lazer tarayıcının açısal çözünürlüğü 0.002 gon'dur. Mensi GS 100 lazer tarayıcı ışınının kaynaktan çıkışı ve dönüşü arasında sürenin kayıt edilmesi (time of flight) prensibine göre dizayn edilmiş ve bu işlem için dalga boyu 532 nm olan yeşil sınıf II lazer ışını kullanılmaktadır. Lazer tarayıcı saniyede 5000 nokta ölçebilmekte ve mesafe ölçüm hassasiyeti 100 m 6 mm'dir. Lazer tarayıcının teknik özellikleri ve doğruluk testleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler Kersten vd., 2004'de bulunabilir.

Tarama işlemi için PointScape isimli yazılım kullanılmaktadır. Tarama sonrasında elde edilen 3 boyutlu nokta kümesi Real Works Survey veya 3Dipsos yazılımları kullanılarak referans koordinat sistemi ile ilişkilendirilmekte, işlenmekte ve diğer üç boyutlu modelleme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Taranacak obje etrafına ve yüzeyine sayısal yersel fotogrametri yönteminde olduğu gibi küre veya düzlem şeklinde kontrol noktaları yerleştirilmekte ve bu kontrol noktaları yardımıyla farklı istasyon noktasında yapılan taramalar birleştirilmekte ve referans koordinat sistemi ile ilişkilendirilmektedir. YTÜ Beşiktaş kampüsündeki tarihi çeşmelerden bir tanesi Mensi GS 100 lazer tarayıcı ile araştırma amaçlı taranmıştır. Tarama işlemi iki farklı istasyondan yapılmış daha sonra bu veriler küre şeklindeki kontrol noktaları kullanılarak birleştirilmiştir. Tarayıcı bünyesinde bulunan kamera ile alınan görüntüler yardımıyla 3 boyutlu nokta kümesi program tarafından renklendirilmiştir (Şekil 6). Tarama için

bu tarihi çeşmenin seçilmesinin nedeni çeşme etrafındaki tuğlaların 5 cm genişliğinde aralarındaki boşluğun yaklaşık 1 cm olmasıdır.



Şekil 6: Yersel lazer tarayıcı ile taranan tarihi çeşmeden farklı görüntüler

Yine araştırma amaçlı YTU Beşiktaş kampüsündeki Fen bilimleri Enstitüsü olarak kullanılan Çukursaray'ın ön cephesi Mensi GS 100 lazer tarayıcı ile taranmıştır. Tarama işlemi üç farklı istasyondan yapılmış farklı istasyonlardan üç boyutlu nokta kümesi küre şeklindeki kontrol noktaları ile birleştirilmiştir. Farklı istasyonlarda yapılan taramalar sonucunda birleştirilen nokta kümesindeki noktalar sınıflandırılarak farklı gri değerlerle sunulabilir. Bununla birlikte kamera ile alınan fotoğraf yardımıyla nokta bulutu fotoğraftaki renk bilgileri yardımıyla renklendirilebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir husus kamera ile fotoğraf alımı sırasındaki ışık koşulları, gölge vb. özelliklerin üç boyutlu nokta kümesinin renklendirilmesi doğrudan etkileyeceğidir (Şekil 7).



(a)



(b)

Şekil 7: Yersel lazer tarayıcı ile taranan Çukursaray'ın gri tonlar (a) ve yapay renklerle (b) sunumu

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Klasik fotogrametri yöntemi yıllardır tarihi ve kültürel mirasın belgelenmesinde başarıyla kullanılmış, üretilen fotogrametrik rölemler restorasyon projelerinin vazgeçilmezleri haline gelmiştir. Sayısal fotogrametri yöntemi ile birlikte bütün üretim aşamaları bilgisayar ortamına aktarılmış klasik rölemler çizimleri yanı sıra üç boyutlu vektör veri ve sayısal ortofoto gibi yeni ürünler sağlamıştır. Sayısal kameraların kullanımı ile birlikte fotoğrafik banyo aşaması da ortadan kaldırılarak tam otomasyon sağlanmıştır. Sayısal fotogrametri ile üretilen sonuç ürünler kullanılarak üç boyutlu modelleme ve görselleştirme çalışmaları yapılabilmekte bu veriler CBS ortamında başka disiplinlerin kullanımına sunulabilmekte ve sorgulanabilmektedir.

Son yıllarda kullanılan yersel lazer tarayıcılarla obje yüzeyinde kısa zaman aralığında yüksek doğruluklu çok yoğun 3 boyutlu nokta kaydı olanaklı hale gelmiştir. Bu noktalar kullanılarak sayısal ortofoto üretilebilmekte,

röleve çizimleri yapılabilen, üç boyutlu modelleme ve görselleştirme yapılabilir. Fotogrametrik yöntemle çizimi ve modellenmesi güç olan objelerde, fotoğraf çekiminde çevresel faktörler nedeniyle birtakım sınırlamaların bulunduğu yada süre yönünden kısıtlamaların bulunduğu projelerde lazer tarayıcılar önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Teknolojinin yeni bir teknoloji olması nedeniyle maliyetinin yüksek olması belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanımı açısından önemli bir sınırlamadır. Lazer tarayıcı teknolojisi sadece mesleğimiz alanında belgeleme, üç boyutlu modelleme ve görselleştirme çalışmaları yanı sıra sanal müzecilik, bilgisayarlı simülasyon ve eğitim çalışmaları gibi çok farklı uygulama alanlarında kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Boehler W. and Marbs A., 2002. *3D Scanning Instruments*, ISPRS Commission 5 Symposiums, 2-6 September 2002, Corfu, Greece.

Duran Z., 2004. *Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine Aktarılması*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Henke K. and Grussenmayer P., 2002. *Architectural Photogrammetry: Basic Theory, Procedures and Tools*, ISPRS Commission 5 Tutorial, 2-6 September 2002, Corfu, Greece.

Kersten T., Sternberg H., Mechelke K. and Alkış Z., Pardo A.C., 2004. *Terrestrial Laser Scanning System Mensi GS100/GS200- Accuracy Test, Experiences and Projects at The Hamburg University of Applied Science*, ISPRS Working Group V/I 'Panoramic Photogrammetry Workshop, February 19-22, Dresden, Germany

Yastıklı N., Batuk G., Gümüşay Ü., Akçalı T., Çetin İ., 2003a. *Fatih Camii Fotogrametrik Röleve Çalışmaları*, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 30-31 Ekim, İstanbul, 251-256

Yastıklı N., Emem O. and Alkış Z., 2003b. *3D Model Generation and Visualization of Cultural Heritage*, XIXth International Symposium CIPA 2003, 30 September 4 October, Antalya, pp 280-282