

Silifke-Mersin Bölgesinde Roma Dönemi Eserlerinin 3 Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu

Murat YAKAR¹, H. Murat YILMAZ², Ferruh YILDIZ³, Mustafa ZEYBEK⁴, Halil ŞENTÜRK⁴, Harun ÇELİK⁴

Özet

Günümüzde bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarihi ve kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi önemli bir konudur. Bu miraslar insanlığın geçmişi ve geleceği arasında bir köprüdür. Birçok tarihi ve kültürel miras ilgisizlik ve doğal etkenlerden kaynaklanan nedenlerle zarar görmektedir. Bu eserlerin son durumlarının tespit edilmesi ve belgelenmesi bunların korunması ve gelecekte yapılabilecek yenileme çalışmaları için önemlidir. Tarihi ve kültürel mirasın belgelenmesi için bazı yöntemler mevcuttur. Yersel fotogrametri de kültürel ve tarihi mirasların belgelenmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biridir.

Bu çalışmada Mersin ili Silifke ilçesi Cambazlı köyünde bulunan Cambazlı Kilisesinin ve anıt mezarının belgeleme amaçlı fotogrametrik roleve çalışması yapıldı. Cambazlı Kilisesi 20 m uzunluğa ve 12.5 m genişliğe sahiptir. Kilisenin bulunduğu Cambazlı köyünün Helenistik, Roma ve Bizans dönemlerinde önemli bir yerleşim yeri olduğu bilinmektedir. Cambazlı kilisesi Bizans döneminde 15. Yüzyılın ikinci yarısında inşa edilmiştir. Yersel fotogrametrik yöntemle bu kilisenin fotogrametrik ölçümleri yapıldı. Çalışmada Cambazlı kilisesinin ve diğer eserlerin dış cephesinin ölçekli çizimleri, üç boyutlu modelleri elde edildi.

Anahtar Sözcükler

Cambazlı Kilise, Fotogrametri, Belgeleme, Silifke, Kültürel Miras

Abstract

3D Modelling Study and Animation of work of art of Roman Era in Silifke-Mersin Region

Nowadays, preservation and documentantion of cultural heritages is an important issue like whole world. These hersitages are a bridge past and next generations for humanbeing. Many cultural heritages damage from lack of interest and natural affects. Determinationş of the last situations, documantaion and preservation of the cultural heritages are important in terms of renovation studies for future Works.. There are some documentantion techniques for historical and cultural heritages. Close Range photogrammetry also is one of the most important used techniques for documantation of cultural heritages.

In this study, photogrammetric roleve and documentantion purposed measurements have been done for Cambazlı church, Cambazlı mouseleum, and roman relişefs in Mersin state Silifke province .Cambazlı church is 20 m long 12.5 m

wide. Cambazlı village which is church situated is an important

living place at Helenistic, Roman and Byzantine periods. Cambazlı church was built second half of the 15. century at Byzantine periods. Measurements of the curch have been with Close range photagrammetric methods. Scaled drawing of the facades, 3D models of the Cambazlı church and other work of arts, have been obtained at this study.

Keywords:

Cambazlı Church, photogrammetry, documentation, cultural heritages.

1. Giriş

Türkiye her bölgesinde her şehrinde çok büyük tarihi ve kültürel değerlere sahip bir ülkedir. Anadolu coğrafyası birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın 2002 yılı kayıtlarına göre Türkiye'de tek yapı ölçeğinde tescilli 66.251 adet kültür ve tabiat varlığı mevcuttur. Bunların 7.186 tanesi Akdeniz bölgesi sınırları içerisindedir (KTB, 2005). Bu önemli değerlerin belgelenmesi, korunması ve gerektiğinde restore edilmeleri insanlık tarihi açısından oldukça önemlidir.

(GEORGOPOULOS VE IOANNIDIS 2004) bir kültürel mirasın belgelenmesi işlemini şu şekilde tanımlar: Tarihi veya kültürel bir yapının belirlenen üç boyutlu bir uzayda mevcut durumunun yani boyutunun, şeklinin ve konumunun belirlenmesi için gerekli olan ölçme, değerlendirme, kayıt ve sunum işlemleridir. Tarihi ve kültürel mirasların belgelenmesinde kullanılan bazı belgeleme yöntemleri vardır (BÖHLER VE HEINZ, 1999). Bu yöntemler kültürel mirasların korunması için vazgeçilmez araçlardır. Bu yöntemler klasik elle gerçekleştirilen belgeleme yöntemi, topoğrafik yöntemler, fotogrametrik yöntemler ve tarama yöntemleridir (BOHLER VE HEINZ 1999, SCHERER 2002).

Tarihi ve kültürel mirasların üç boyutlu modellenmesi ve görüntülenmesi bunların belgelenmesinde çok yönlü ve karmaşık bir işlemdir (KÜLÜR VE YILMAZTÜRK 2005). Sayısal yersel fotogrametri bu mirasların belgelenmesinde çok etkili ve faydalı bir yöntemdir. Bu yöntem diğer kullanım alanlarının yanında, yapıların tarihi ve arkeolojik değerlerinin belirlenmesinde, yapı cephelerinin ölçekli çizimlerinin yapılmasında, kentsel koruma planlarının hazırlanması ve uygulanmasında, çatlaklıklar,

¹Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Konya

²Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Aksaray

³Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Konya

⁴Harita Müh., Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Konya

anormallikler, bozulma analizleri, zarar değerlendirmesi ve deformasyon belirleme çalışmalarında, restorasyon öncesi ve sonrasında yapıların durum kontrolünde ve mimari çalışmalarda belirlenen koordinatlar yardımıyla bir yapının sayısal olarak elde edilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır (YILMAZ vd 2000, SIENZ vd 2000). Bu çalışmada da Cambazlı Kilisesine ait belgeleme çalışmaları yersel fotogrametrik yöntemle yapılmıştır. Cambazlı kilisesinin dış cephelerine ait çizimler ve üç boyutlu modelleri elde edilmiştir.

2. Belgeleme Yöntemleri

Tarihi ve kültürel mirasların belgelenmesinde kullanılan birkaç yöntem vardır. Bunlar klasik metotlar, topoğrafik metotlar, fotogrametrik metotlar ve lazer tarama metotlarıdır (BÖHLER and HEINZ 1999).

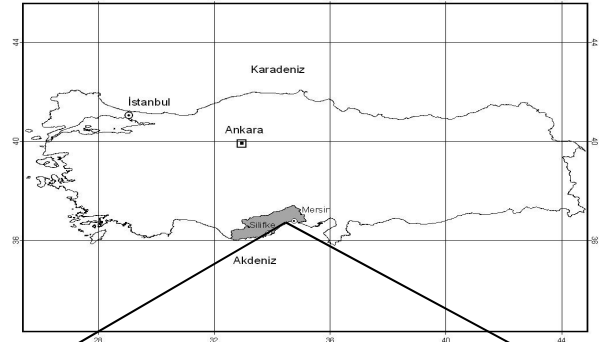
Klasik metotta şakül, şerit metre ve lazer mesafe ölçer gibi çok basit aletler kullanılır. Bu metotta orijinal yapıdan modele dönüşümde bilgi kaybı fazladır. Topoğrafik metotta jeodezik ölçme aletleri kullanılarak belgeleme için dolaylı bilgiler elde edilmektedir. Ancak teknolojiye gelişmelerle birlikte jeodezik ölçme aletleri ile hesap yapmadan doğrudan üç boyutlu koordinatların elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu metotta arazi çalışmaları uzun sürmektedir. Fotogrametrik metotta belgelemeye dayalı bilgiler kısa süren arazi çalışmasından sonra obje yerine onun resimleri üzerinden matematiksel esaslara dayalı olarak hassas bir şekilde elde edilebilmektedir. Son yıllarda gelişen lazer tarama teknolojisi de tarihi ve kültürel mirasların belgeleme ve modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu teknolojiye çizgisel değerlendirmeye göre objelerin üç boyutlu modelleri arazide yapılan kısa bir çalışmadan sonra hızlı bir şekilde ve hassas olarak elde edilebilmektedir. Bu teknoloji günümüzde maliyet açısından diğer metotlara göre oldukça pahalıdır (WEFERLING 2002; NICKERSON 1994).

Belgeleme çalışmalarında kullanılan metotlardan elde edilen doğruluk, zaman ve maliyet önemli etkenlerdir. Bu etkenlere bağlı belgelemenin optimum düzeyde yapılması gereklidir. Belgeleme çalışmalarında kullanılan metotlar karşılaştırıldığında klasik ve topoğrafik metotların maliyet açısından uygun olduğu ancak doğruluk ve zaman açısından yeterli olmadığı görülmektedir. Lazer tarama metodunun ise doğruluk ve zaman açısından uygun olduğu ancak hala maliyetin yüksek olduğu görülmektedir. Fotogrametrik metot ise doğruluk, zaman ve maliyet açısından en uygun yöntem olarak görülmektedir (CHUECA et al, 1994).

2. Cambazlı Kilisesi'nin ve Anıtmezarının Konumu

Cambazlı Kilisesi Mersin ilinin Silifke ilçesine bağlı Cambazlı Köyünde bulunmaktadır (Şekil 1). Silifke denizi, kumsalı, Anadolu'yu Kıbrıs'a bağlayan Taşucu limanı, tarihi yapısı, arkeolojik ve kültürel zenginlikleri ile doğu Akdeniz'in en ilgi çeken merkezlerinden biridir. Bu yapıyı itibarıyla birçok medeniyete de ev sahipliği yapmıştır.

Kaynağı Toros dağlarında olan ve ilçenin merkezinden geçen Göksu nehri birçok medeniyetin burada yaşamasının başka bir sebebidir. Bu nedenle Silifke ve çevresi tarihi açıdan önemli bir şehirdir. Camabazlı anıt mezarı da aynı bölgede bulunmakta olup aralarında yaklaşık 500 m lik mesafe mevcuttur.



Şekil 1: Cambazlı Köyü'nün Coğrafi Konumu ve Kilise ve anıtmezar

3. Cambazlı Kilisesi ve Anıtmezarı

Cambazlı Kilisesi 5. Yüzyılın ikinci yarısından sonra Bizans döneminde inşa edildiği tahmin edilmektedir. Yapıldığı dönemin izlerini taşıması nedeniyle insanlık tarihi açısından önemli bir tarihi ve kültürel değere sahiptir. Bu kilise benzerleri arasında gerçek özellikleri korunmuş ve en iyi durumdaki örneklerden biridir. Kilisenin dış duvarlarının çoğunun çatılarında saçak silmeleri bulunmaktadır. Kilisenin güney tarafındaki kemerler yukarıda bulunan bütün taşlar üzerine düşmesine rağmen hala sağlam bir şekilde olup bozulmamıştır. Beşinci yüzyıldan kalma olan bu kilisenin tüm duvarları sağlamdır. Kilise 29 m uzunluğa ve 22 metre genişliğe sahip olup orta noktasının yüksekliği ise 14.5 m dir (Şekil 2). Kilisenin kuzey cephesi tamamen kapalı olup, iç mekân iki sıra sütunla üç nef ayrılmıştır. İbadet mekânı 20.00x13.00 m. ölçüsündedir. Korinth başlıklı sütun ve başlıklar çevredeki antik yapılardan getirilmiştir. Bu sütunların oluşturduğu yan nefler üstlerindeki galeriyi taşımaktadır. (URL-1 2008, URL-2 2008).



Şekil 2: Cambazlı Kilisesi

4. Adamkayalar

Adamkayalar hem üst düzey yöneticilerin gömüldükleri mezarlık, hem de belli zamanlarda yapılan anma törenleri için bir kült alanıdır. Kabartmalar, ölmüş olan önemli kişilerin anılarını yaşatmak üzere, yakınları tarafından yaptırılmıştır. Ölen kişi kimi zaman asker, kimi zaman ise rahip giysileri içinde resmedilmiştir. Ölen kişi bazen tek başına, bazen de çevresinde karısı, çocukları yada hizmetlilerinin bulunduğu bir ortamda tasvir edilir. Konum olarak derin bir vadinin dik yamacındadır. Söz konusu sanat eserleri, Kızkalesi'ne bakan bu uçurumun yüzeyine işlenmeleri nedeniyle, son derece etkileyici bir görkem kazanmışlardır.



Şekil 3: Adamkayalar

5. Fotogrametrik Çalışmalar

Tarihi ve kültürel mirasların fotogrametrik yöntemle belgelenmesi çalışmaların iki aşamada yapılmaktadır. Bunlar arazi ve büro çalışmalarıdır. Arazi çalışmalarında objenin tanımlanacağı koordinat sistemi tanımlanmakta, obje üzerinde kontrol noktaları ölçülmekte ve objeye ait resimler çekilmektedir. Büro çalışmalarında ise kamera kalibrasyonu, resimlerin bilgisayara aktarılması ve fotogrametrik yazılımlarla değerlendirme ve çizim işlemleri yapılmaktadır. Bu çalışmada yapılan çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

5.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında önce Cambazlı Kilisesi'ni çevreleyen yerel bir ağ oluşturuldu. Oluşturulan bu ağdaki poligon noktalarına başlangıç koordinatı verilerek noktalar jeodezik ölçme aleti Topcon GPT 3007 ile koordinatlandırıldı.

Objeye ait resimlerin dengelenebilmesi ve onların çekildikleri konuma getirilebilmeleri için obje üzerinde koordinatları (X,Y,Z) bilinen ve kontrol noktaları olarak adlandırılan noktalara ihtiyaç duyulur. Bu amaç için 10x10 cm boyutlarında ve resimler üzerinde rahatça görülüp ölçü yapılabilecek renk ve biçimde hazırlanan işaret plakaları kullanıldı (Şekil 4). Bu işaret plakaları her resimde en az üç adet olacak şekilde kilise'nin cepheleri üzerine geçici olarak yapıştırıldı. Çalışmada 52 adet kontrol noktası kullanıldı. Daha sonra reflektörsüz olarak ölme yapabilen Topcon GPT 3007 jeodezik ölçme aleti ile bu kontrol noktalarına koordinatlar verildi. Kullanılan bu ölçme aletinin ölçme doğruluğu $\pm(2 \text{ mm}+2 \text{ ppm})$ dir. Kontrol noktaları iki farklı poligonlardan koordinatlandırılarak ölçme doğruluğu test edildi. 17 noktada yapılan kontrol okumaları ile kontrol noktalarındaki karesel ortalama hatalar $m_x= 1.1 \text{ mm}$, $m_y= 1.0 \text{ mm}$ ve $m_z= 0.9 \text{ mm}$ olarak hesaplandı. Daha sonra 10 MegaPiksel çözünürlüğe sahip NIKON D200 digital kamerası ile Kilisenin her cephesinin farklı konumlardan bindirmeli resimleri çekildi. Kilisenin fotogrametrik esaslara göre 86 adet resmi çekildi. Anıt mezar için 38 resim çekildi. Adamkayalar için ise 10 adet resim çekildi. Değerlendirme sırasında en uygun olan resimler kullanıldı. Arazi çalışmaları araziye ulaştıktan sonra rahat bir çalışma temposu ile 4 saatte tamamlandı.

5.2 Fotogrametrik Çalışmalar

Objelere ait resimlerin değerlendirilmesi ve sonuç ürünlerin elde edilmesi fotogrametrik yazılımlarla yapılmaktadır. Bu çalışmada PhotoModeler fotogrametrik yazılımı kullanıldı. PhotoModeler Windows tabanlı Eos System tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılım sayısal görüntülerden bir objenin üç boyutlu modelinin ve metrik ölçülerinin yapılması için kullanılmaktadır. Bu yazılımda üç boyutlu model uzaysal noktalar, köşeler ve/veya eğrilerin bir setinden oluşmaktadır. Dokusal veriler ve cepheler veya yüzeyler gerçek katı modeli oluşturmak için temel çerçeve modele daha sonra ilave edilebilmektedir. Yazılımda mesafe ölçmeleri ve diğer metrik işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Üç boyutlu modeller dxf veya diğer iyi bilinen formatlarda bilgisayar destekli (CAD) ortamlara aktarılabilir.

Fotogrametrik çalışmada ilk iş olarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirildi. Kalibrasyon işlemi gene yazılımın kendi içinde ayrı modül olan kalibrasyon modülünde özel test alanı kullanılarak yapıldı. Kalibrasyon sonucunda iç yöneltme parametreleri hesaplandı. Elde edilen kamera parametreleri odak uzaklığı, resim orta noktası koordinatları ve kamera distorsiyon parametrelerinden ibarettir.

Odak Uzaklığı :18.1411mm

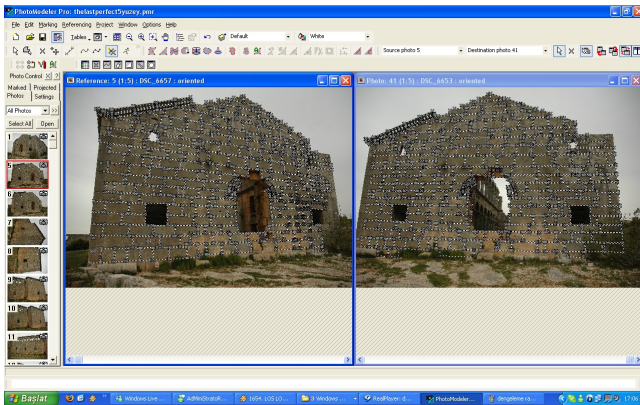
Format Boyutları : W: 23.9155 H: 16.000mm
Esas Nokta : X:11.7246mm Y:8.3044mm
Mercek distorsiyonu: K1:2.444e-003 P1: 2.177e-005
K2:-5.881e-005 P2: 9.482e-005
K3:0.000e+000
Görüntü Boyutları: 3872×2592

Kalibrasyon işlemlerinden sonra dış yöneltme için arazide ölçülen kontrol noktalarına ait koordinatlar projeye dahil edildi. Arazide ölçülen kontrol noktaları resimde kolayca bulunması ve krokiadaki karışıklığı önlemek için üzerinde kontrol nokta numaraları yazılı olan hedef işaretlerinden ibaret olup bu işaretler obje etrafında uygun pozisyonda ve objeyi kuşatacak şekilde yapıştırılmış noktalar.

Bütün arazide ölçülen kontrol noktaları resimler üzerinde işaretlendikten sonra dengeleme işlemi yapıldı ve kaba hata olan noktalar elemine edildi. Dengelem işleminden sonra detayların çizimine geçildi. Değişik açılardan çekilen resimlerden objelere ait tüm detaylar çizildi.



Şekil 4: Adamkayakarda detayların çizilmesi



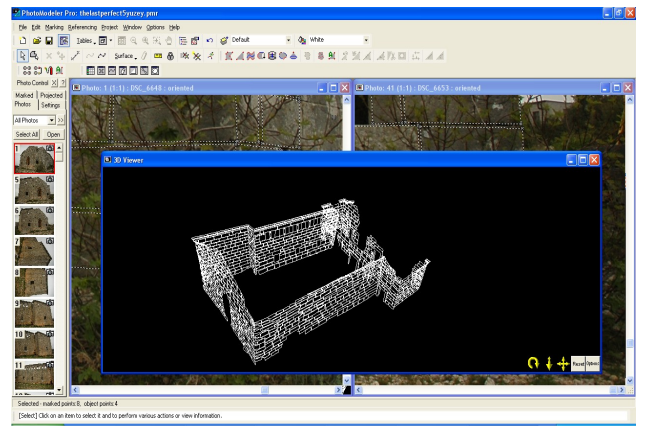
Şekil 5: Cambazlı Kilise'sinin Fotogrametrik çizimi

Tüm detayların çiziminin tamamlanmasından sonra her üç eserinde üç boyutlu çizimleri elde edildi ve dxf formatında export edildi. Çizim işlemlerinden sonra eserler üzerinde uygun yüzey tanımlamaları yapılarak çizimlere doku

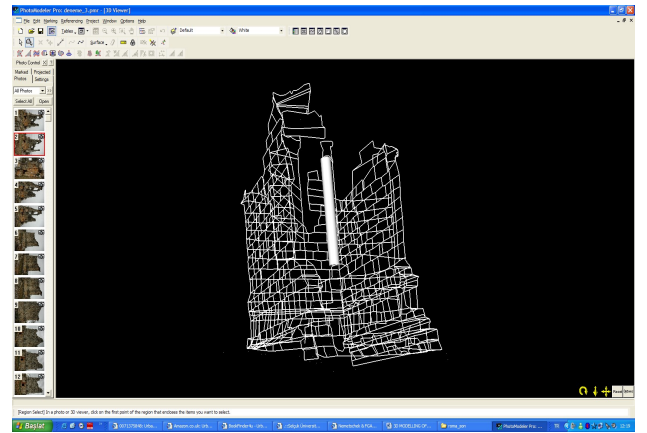
kaplaması gerçekleştirildi. Doku kaplama işlemi arazide çekilen orijinal resimler kullanıldı.

Adamkayaların detay çizimleri Şekil 4' de, Cambazlı Kilisenin fotogrametrik çizimi Şekil 5'de, Cambazlı Kilisenin üç boyutlu kafes modeli Şekil 6'da, Anıtmezarın üç boyutlu kafes modeli Şekil 7'de, Cambazlı Kilisenin üç boyutlu fotomodeli Şekil 8'de, Anıtmezarın üç boyutlu fotomodeli Şekil 9'da ve Adamkayaların üç boyutlu fotomodeli Şekil 10'da görülmektedir.

Her üç eser için video animasyon programı kullanılarak video görüntüleri elde edildi ve gerçek doku kaplanmış eserlerin her açıdan incelenmesi sağlandı. Eserlerin video görüntüleri Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 6: Cambazlı Kilisenin üç boyutlu kafes modeli



Şekil 7: Anıtmezarın üç boyutlu kafes modeli



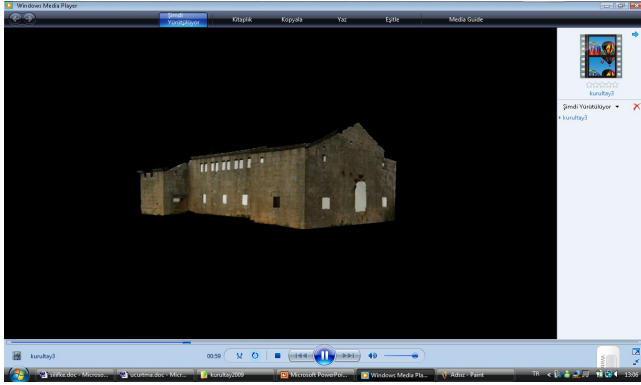
Şekil 8: Cambazlı Kilise'sinin üç boyutlu fotomodeli



Şekil 9: Anıtmezarın üç boyutlu fotomodeli



Şekil 10: Adamkayaların üç boyutlu fotomodeli



Şekil 10: Eserlerin video görüntüsü

6. Sonuçlar

Günümüzde tarihi ve kültürel mirasların korunması insanlık tarihi için önemli konulardan biridir. Bunların korunması ve restore edilebilmeleri için belgeleme çalışmalarının yapılması ve sayısal bir kültürel miras arşivinin oluşturulması gerekmektedir.

Sayısal yersel fotogrametri de kültürel mirasların belgelenmesinde etkili ve oldukça verimli bir yöntemdir. Tarihi ve kültürel mirasa konu objelerin istenilen ölçeklerde çizimleri, çerçeve ve üç boyutlu modelleri hızlı ve hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Belgelenen üç boyutlu objelerin üzerlerine doku verileri de ilave edilerek üç

boyutlu fotomodelleri elde edilebilmektedir. Fotogrametrik yöntemle elde edilen belgeler dayanıklıdır ve değiştirilemez ve böylece restorasyon çalışmaları ve objelerde oluşabilecek bozulmaların takibinde referans veriler olarak kullanılabilir.

Dünya da olduğu gibi ülkemizde de birçok tarihi ve kültürel mirasımız doğal etkenler ve bakımsızlıklar nedeniyle yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bunların korunmasına yardımcı olacak belgeleme çalışmaları fotogrametrik yöntemle kısa zamanda ve ekonomik tamamlanabilir. Bu yöntem sadece matematiksel denklemleri ve objelere ait resimleri kullanmaktadır. Diğer yöntemlerde var olan ölçme riski fotogrametrik yöntemde yoktur. Bütün bu özellikleri ile fotogrametrik yöntem bu tür belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmalarında rahatlıkla kullanılabilir bir yöntemdir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak sayısal yersel fotogrametrinin tarihi ve kültürel mirasın korunmasına yönelik belgeleme çalışmalarında büyük kolaylıklar sağladığı, kısa süren bir arazi çalışmasından sonra diğer bütün çalışmaların büroda yapıldığı bu yöntemle belgeleme çalışmalarının, fazla zaman almadan ve fazla maliyet gerektirmeyen donanım ve yazılımlarla rahatlıkla yapılabileceği ve tarihi ve kültürel mirasların sayısal ortamda ölçekli olarak arşivlerinin ve üç boyutlu modellerinin elde edilebileceği görüldü. Çalışmada fotogrametrik değerlendirmenin tamamlanmasından sonra 3 boyutlu animasyonu avi formatında tamamlanmıştır

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 106M057 nolu projeden destek alınarak yapılmıştır

Kaynaklar

- KRAUS, K. (2007); Fotogrametri, Fotoğraflardan ve Lazer Tarama Verilerinden Geometrik Bilgiler, Çeviri, İTÜ, (Çevirenler M.O.Altan vd.)
- KRAUS, K. Photogrammetry. Fundamentals and Standard processes, vol. 2. Köln, Germany: Dümmler; 1997
- KRAUS, K. Photogrammetry. Fundamentals and Standard processes, vol. 1. Köln, Germany: Dümmler; 2000.
- CARBONELL, M., Architectural Photogrammetry. In: Karara HM, editor. Non-Topographic Photogrammetry. Falls Church, Virginia: ASPRS; 1989. p. 321-47.
- BÖHLER, W., HEINZ, G Documentation, Surveying, Photogrammetry, XVII CIPA Symposium. Recife, Olinda. Brazil, 1999.
- SIENZ, J. SZARVASY, I. HİNTON, E. ANDRADE, M.L., Computational Modelling of 3D Objects by Using Fitting Techniques and Subsequent mesh Generation, Computers and Structures 78 (2000) 397-413.
- SCHERER, M. ,About the synthesis of different methods in surveying, XVIII International Symposium of CIPA, Potsdam, Germany, 2002.
- KULUR, S., YILMAZTURK, F., 3D-Reconstruction Of Small Historical Objects to Exhibit In Virtual Museum by Means Of Digital Photogrammetry, CIPA 2005 XX. International

- Symposium, International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage, 26 Sep.–01 Oct. 2005, Torino, Italy.
- GEORGOPOULOS, A. IOANNIDIS, G., Photogrammetric And Surveying Methods For The Geometric Recording Of Archaeological Monuments, Archaeological Surveys, FIG Working Week 2004 Athens, Greece, May 22–27, 2004.
- YILMAZ, H.M. KARABORK, H. YAKAR, M., Yersel Fotogrametrinin Kullanım Alanları, Niğde Üniversitesi Muhendislik Bilimleri Dergisi 4 (1) (2000) 18-28.
- KTB, 2005, Kültür ve Turizm Bakanlığı
- URL-1, 2008, (http://www.saintpaultarsus.com/html/cambazli_kilise.html)
- URL-2, 2008
(http://www.silifke.gov.tr/silifke/tarihi_kalintilar.htm)
- BÖHLER, W., HEINZ, G., Documentation, surveying, photogrammetry, XVII CIPA Symposium. Recife, Olinda, Brazil, 1999.
- WEFERLING, U., The influence of the surveying and documentation of buildings geometry to different investigation purposes, XVIII International Symposium of CIPA, Potsdam, Germany, 2002, pp. 402–406.
- NICKERSON, S., Comparison of Hand Measurement Techniques, 1994 Available from
<http://www.nickerson.icomos.org/steve/papers/mea-c.html>.
- CHUECA, M., HERRAEZ, J., BERNE, J.L., Tratado de topografía, Tomo 1. Teoría de errores e instrumentación, Paraninfo, Madrid, Spain, 1996, (in Spanish).