

ARKEOLOJİK ESERLERİN FOTOGRAMETRİK YÖNTEM İLE 3 BOYUTLU MODELLENMESİ : DEMETER HEYKEL ÖRNEĞİ

M.Uysal^a, A.Uslu^{b,*}

^a Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü - (muysal@aku.edu.tr)

^b Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksek Okulu, - (ahmet.uslu1@dpu.edu.tr)

TUFUAB IX. Teknik Sempozyumu 2017

Anahtar Kelimeler: Arkeolojik Dokümantasyon, Fotogrametri, Nokta Bulutu, Heykel, 3B Modelleme

ÖZET:

Uygarıkların be i i olarak Anadolu tarih boyunca çok sayıda ve farklı medeniyetlere ev sahipli i yapmı , her döneme ait birçok kültürel ve tarihi mirası üzerinde barından bir toprak parçasıdır. Yüzlerce yıllık bilgi birikimini üzerinde barındıran, gelecek nesillere aktarılması gereken antik eserlerin özüne zarar verilmeksizin dokümantasyonun yapılmasında ve 3B modellerinin üretilmesinde fotogrametri tekni i sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde fotogrametrik yazılımların geli imi sayesinde foto raflar üzerinden gerçek doku ile kaplanmış 3B modellerin elde edilmesi, model üretimine görsel açıdan bir ivme kazandırmı tır.

Bu uygulama, Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan Demeter Heykelinin 3B modellenmesini içermektedir. Uygulamaya konu olan antik eserin yersel fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi için, eser üzerinde i aretlenen kontrol noktaları Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı ile ölçülmü ve antik eserin foto rafları Nikon Coolpix P510 kamerası ile çekilmi tir. Elde edilen bu veriler PhotoModeler (PM) yazılımında de erlendirilerek belirlenen foto raf çiftleri üzerinden 0,5 mm aralıklı yo un nokta bulutu ve $\pm 2,39$ cm ortalama konum hassasiyeti ile Demeter Heykelinin 3B modeli üretilmi tir.

Çalı ma sonucunda arkeolojik eserlerin korunması ve sonraki nesillere aktarılması için yapılan dokümantasyon çalı malarında fotogrametrik tekniklerinin kullanılması, bu alanda yapılan i lere do ruluk, hız, maliyet ve ürün çe itlili i anlamında büyük bir avantaj sa lamakla beraber fotogrametrinin farklı disiplinlere de çözümler sunabilece i görülmü tür.

3D MODELLING OF ARCHEOLOGICAL ARTEFACTS USING PHOTOGRAMMETRIC METHOD: DEMETER SCULPTURE

Key Words: Archaeological Documentation, Photogrammetry, Point Cloud, The Sculpture, 3D Modeling

ABSTRACT:

Anatolia is a land which includes various cultural and historical heritage from different ages and it has hosted to humrous different civilization throughout history as a cradle. n order to make documentation without giving any harm to ancient heritage, to transfer to next generations and produce 3D models, photogrammetric technique is often used. Thanks to the development of photogrammetric software used today, obtaining 3D models covered with real tissue has visually accelerated model production.

This implementation involves 3D modelling of Demeter sculpture in Kütahya Archaeology Museum. For 3D modelling of the relevant antique artefact using ground photogrammetric method, the check-points marked on the artefacts were measured with Focus 6 Reflectorless TotalStation and their photos were taken with Nikon Coolpix P510 camera. The data were analysed using PhotoModeler software and thus 3D models of the Demeter sculpture were produced with intense dense cloud with 0.5 mm spacing over specified pairs of photographs and ± 2.39 cm average position accuracy.

As a result of the study, it was seen that in addition to the fact that using ground photogrammetric techniques in documentation of cultural heritage to pass it down to future generations provides a great advantage in terms of accuracy, speed, cost and product variety, photogrammetry can also provide solutions to different disciplines.

1. GİRİŞ

Ülkemiz, konumu itibarıyla göç ve ticaret yollarının üzerinde bulunması, Asya ile Avrupa kıtalarını birbirine ba layan köprü vazifesinde olması, topraklarının verimli olması ve ikliminin insanların ya ayına uygun olması gibi nedenlerden dolayı zengin kültürlerin be i i olmu tur. Evrensel de erlere sahip, bütün insanlı ın ortak mirası olarak kabul edilen kültür varlıklarını korumak, dünyaya tanıtmak, toplumda kültürel mirasa sahip çıkacak bilincin olu masını sa lamak ve çe itli etkenlerle tahrip olan, yok olan kültürel de erlerin ya atılması, dokümantasyonunun yapılması ve gelecek nesillere aktarılması

için gerekli i birli ini sa lamak bizlere dü en en büyük görevlerdendir.

Kültürel mirasın korunmasına yönelik yapılacak belgeleme çalı malarında elde edilen bilgilerin, olu turulan çe itli ölçek ve nitelikteki dokümanların koruma çalı malarında görev alacak farklı meslek gruplarına mensup uzmanlar tarafından anlaşılır ve kullanılabilir biçimde düzenlenmesi gerekir. Metrik, yazılı ve görsel belgeleme, kültürel mirasın mevcut durumu ve problemlerinin tespiti ile bu problemlerin çözümüne ili kin her türlü koruma çalı malarında temel veri olarak kullanılmaktadır. (Yakar, 2015). Bu noktada Fotogrametri tekni inin hızlı ve güvenilir bir biçimde veri ve yöntem sa laması çok büyük avantajdır (Yakar ve Yılmaz, 2008).

Bu çalışmada fotogrametri tekniği ile foto raflar üzerinden, yersel lazer tarayıcılar kadar hassas nokta bulutları elde etmeye imkân sağlayan PhotoModeler yazılımı kullanılarak Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Demeter Heykelinin yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip 3B modelinin üretilmesi hedeflenmiştir.

2. UYGULAMA

Bu uygulamada, Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan 2.08 m uzunluğunda ve 610 kg ağırlığında Demeter Heykelinin 3B modellenmesi ele alınmıştır. Demeter, Yunan mitolojisinde tarımın, bereketin, mevsimlerin ve anne sevgisinin tanrıçasıdır. Homeros'un destanlarında, "güzel saçlı kraliçe" ya da "güzel örgülü Demeter" diye geçer. İnsanlara toprağı ekip biçmesini öğreten bu tanrıçadır. Ekinleri, özellikle de buğdayı simgelemektedir. Hesiodos'a göre Kronos'la Rheia'nın ikinci kızı, ilk tanrı kuşağındandır. Tanrılar tanrısı Zeus'un dördüncü evliliğini onunla yaptığı söylenir. Bu evlilikten de Demeter'in en bilinen çocuğu, yeryüzü ecesi Persephone doğmuştur. Demeter, heykellerinde baygın bakışlı, sarı saçları omzuna dökülen, güzel bir kadın olarak gösterilirdi (ekil 1). Sağ elinde bir buğday başı, sol elinde de yanan bir meale tutardı (Wikipedi, 2016).



ekil 1. Demeter Heykeli

Arkeolojik eserin fotogrametrik yöntemle belgelenmesi çalışmaları arazi ve büro çalışmaları olmak üzere iki aşamada yapılmıştır.

2.1 Arazi Çalışması

Uygulamanın arazi çalışması aşamasında öncelikle heykel üzerinde homojen olarak dağıtılmış 22 adet kontrol noktası işaretlenmiştir. Kontrol noktalarının seçiminde antik eserin müze içerisindeki konumu, yüzeyin fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak keskin hatların seçimine ve kontrol noktalarının foto raflarda seçilebilir olmasına dikkat edilmiştir. Kontrol noktaları Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı ile lokal koordinat sisteminde ölçülmüştür (ekil 2). Detay noktalarının kontrolü için farklı poligon noktalarından aynı detay noktasına ölçümler yapılmıştır. Antik eser üzerindeki detay noktalarının krokileri için cephelerin foto raflarından yararlanılmıştır (Uysal vd., 2013).

Antik eserin foto rafları, 3B modeli oluşturulabilecek sayıda ve açıda, eser üzerinde işaretlenen her detay noktası dört resimde görünecek şekilde, 16.1 MP çözünürlüğe sahip Nikon Coolpix P510 kamerası ile konvergent çekim esaslarına göre yapılmıştır.

Heykelin müzenin iç duvarına sabitlenmesi olması ve müze içerisindeki eserlerin konumlarının birbirlerine çok yakın olması sebebiyle heykelin yan yüzeylerinin ve arka yüzeyinin foto raf çekiminde zorluklar yaşanmıştır. Değerlendirme sırasında en uygun olan resimler kullanılmıştır. Koordinatlandırma ve foto raflama işlemlerinden sonra elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak ofis çalışması aşamasına geçilmiştir.



ekil 2. Focus 6 total station (Sol) ve dijital kamera (Sağ)

2.2 Ofis Çalışması

Değerlendirme işlemi ve 3B modelin oluşturulması kapsamında, programa öncelikle kullanılan kameranın iç yöneltilme parametreleri yani kamera kalibrasyon değerleri ve değerlendirilmede kullanılacak foto rafların girilmesiyle bir proje oluşturularak başlanılmıştır. PhotoModeler yazılımı karışık ve mutlak yöneltilme işlemlerini bir arada yaptığı için iki veya daha fazla resimde görünen kontrol noktaları işaretlenmiştir (Yastıklı, 2014).

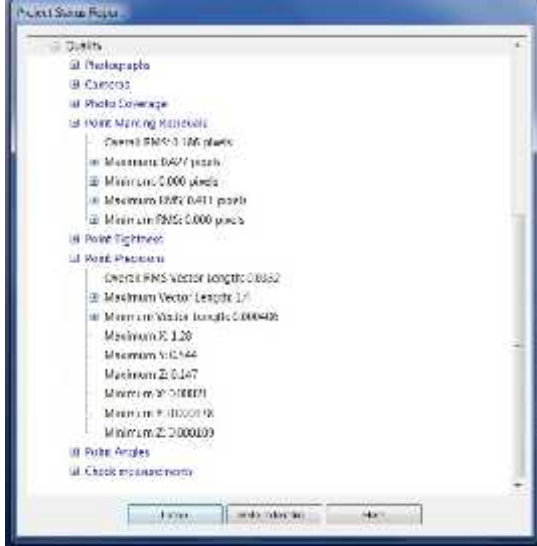
Kontrol noktalarının işaretlenmesinden sonra bir foto raf referans olarak seçilerek tüm kontrol noktaları diğer foto raflarda da gösterilerek eleştirilmiştir. Daha sonra resim koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine geçiş için kontrol noktalarının lokal koordinat sistemindeki arazi koordinatları (X,Y,Z) PhotoModeler yazılımının desteklediği bir metin dosyası formatında yazılıma eklenmiştir (ekil 3).



ekil 3. PM yazılımında resim çekim açıları ve kullanılan kontrol noktaları

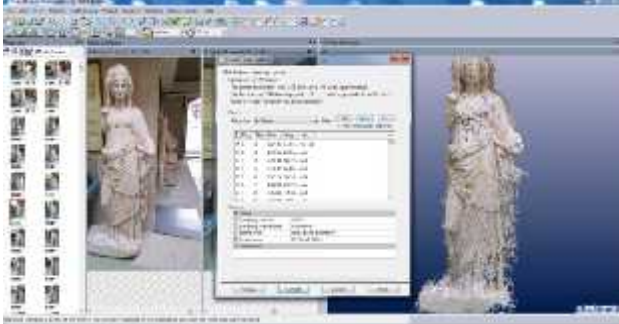
Nokta atmak suretiyle ele alınan, foto raflarda işaretli olan kontrol noktaları foto raf üzerinde seçildikten sonra aynı kontrol noktaları metin dosyası ile yazılıma aktarılan koordinat tablosunda da seçilmiş ve noktaların üç boyutlu koordinatları sistemde tanımlanmıştır.

Bu işlemlerden sonra PhotoModeler yazılımında demet yöntemine göre dengeleme işlemi yapılmıştır. Yapılan dengeleme sonucunda proje de problem olmadığı, dengelemenin başarılı olduğu, yöneltilme işleminin yapıldığı ve ortalama nokta işaretleme hassasiyetinin 0.19 piksel olduğu görülmüştür (ekil 4).



ekil 4. PM yazılımında dengeleme raporu

Bu dengeleme sonucunda nokta bulutu ve 3B model üretme aşamasına geçilmiştir. Nokta bulutu üretimi aşamasında öncelikle nokta bulutu üretilecek foto raf çiftleri belirlenmiş 0.5 mm sıklıkta nokta bulutu üretilmiş ve üretilen nokta bulutu üzerinde bulunan uyumsuz noktalar temizlenmiştir (ekil 5). Elde edilen nokta bulutuna dengelenmiş olan foto raflardan doku kaplaması yapılmış ve nokta bulutu renklendirilmiştir (Uslu, 2016).



ekil 5. Modele ait nokta bulutu üretme çalışmaları

Nokta bulutu üretimi sonrasında üçgen model oluşturma aşamasında, nokta bulutunun seyreltilmesi, nokta bulutu üretilmeyen alanlarda boşluk doldurma işlemi yapılmış ve üçgen model elde edilmiştir. Oluşturulan üçgen model dengelenmiş foto raflar yardımıyla gerçek dokusuyla kaplanarak 3B model üretimi tamamlanmıştır (ekil 6).



ekil 6. Heykelin gerçek doku ile kaplanmış 3 boyutlu modeli

2.2.1 Konum Hassasiyet Araştırması

3B modelleme çalışmalarının doğruluğunun araştırılabilmesi için antik eser üzerinde detay noktaları belirlenmiş ve bu noktaların koordinatları elektronik uzaklık ölçer ile hesaplanmıştır. Bu koordinatlar kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir. Aynı noktalara ait resim üzerinden elde edilen koordinat değerlerinden farkları hesaplanarak noktaların x, y, z yönündeki karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Çizelge 1 ve Çizelge 2'de 3B modelin doğruluğunun araştırılması üzerine yapılan çalışmaya ilişkin değerler verilmiştir.

N.N	Vi Farklar (mm)			Vi Vi Farklar(mm ²)		
	Vy	Vx	Vz	Vy Vy	Vx Vx	Vz Vz
1	18	8	15	324	64	225
2	-12	-14	12	144	196	144
3	-8	-12	-16	64	144	256
4	-17	-16	-9	289	256	81
5	-7	-11	-8	49	121	64
6	12	9	-13	144	81	169
7	16	-7	17	256	49	289
8	14	-15	13	196	225	169

Çizelge 1. Heykelle ait kontrol noktalarının koordinat farkları

N.N	Vi Farklar (mm)		
	Vy	Vx	Vz
Vmin	8	7	8
Vmax	18	16	17
Vort	13	11.2	12.9
m	14.5	12.7	14.1
m _{xvz}	23.9		

Çizelge 2. 3B modelin hassasiyet araştırması sonuçları

Bu veriler ışığında kültürel mirasın dokümantasyonu uygulamasının konum hassasiyeti araştırmasında; y, x ve z koordinatlarında ortalama konum hatası $\pm 23,9$ mm olarak bulunmuştur.

3. SONUÇ

Bu çalışmada fotogrametri tekniği ile foto raflar üzerinden, yersel lazer tarayıcılar kadar hassas nokta bulutları elde etmeye imkân sağlayan PhotoModeler yazılımı kullanılarak Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Demeter Heykelinin düşük maliyette, yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip 3B modeli üretilmiştir.

Çalışma boyunca yersel fotogrametri tekniğinin adımları uygulanarak foto raf çekimi, jeodezik alım ve yöneltme işlemleri yapılmıştır. Arkeolojik esere ait nokta bulutu üretimi, görüntü ekleme yöntemi ile yapılmıştır. Kullanılan nokta bulutlarının dağılımının uygunluğu üretilen nokta bulutunun sıklığı ve doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır. Nokta bulutu belirlenen foto raf çiftleri üzerinden 0,5 mm sıklıkta ve 0,19 piksel karesel ortalama hata ekleme doğruluğuyla üretilmiştir. Nokta bulutunun seyreltilmesi, nokta bulutu üretilmeyen alanlarda boşlukların giderilmesi işlemleri yapılmıştır ve üçgen model elde edilmiştir. Oluşturulan üçgen model dengelenmiş foto raflar yardımıyla gerçek dokusuyla kaplanarak yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip 3B model üretimi tamamlanmıştır. 3B modellerin konum hassasiyeti araştırılmasında; y, x ve z koordinatlarında ortalama konum hatası $\pm 2,39$ cm olarak bulunmuştur.

Sonuç ürünü 3B modelin, arkeolojik dokümantasyon ve restorasyon projelerinde altlık olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Arkeolojik eserin istenilen ölçekte ayrıntılı cephe çizimleri, çeşitli perspektifleri ve tematik bilgilerin döküldüğü ayrıntılı çizimleri elde edilebilmektedir. Bu röle restitüsyon ve restorasyon projeleri hazırlanarak Demeter Heykelinin tarihi eser kaçakçıları tarafından tahrip edilmiş baş ve kol kısımlarının aslına uygun olarak ihya edilmesi sağlanabilir.

Bilim teknolojilerinin gelişmesi ve toplumun geneline yayılması ile birlikte kültürel mirasın sergilendiği müzeler de elektronik ortama taşınarak sanal müze veya e-müze olarak adlandırılan yeni bir müze kavramı ortaya çıkmıştır. Bu noktada fotogrametrik yöntemler kullanılarak elde edilen 3B modellerin web ortamında entegrasyonun sağlanabilmesi için doku kaplama özelliğine sahip veri formatlarına export edilerek, kültürel mirasın sanal müzecilik anlayışıyla internet üzerinden milyonlarca müze kullanıcısı ile buluşturulması sağlanabilir. Çalışma sonucunda zengin bir kültür mirasına sahip Kütahya'nın turizmden yeterince pay aldığını söyleyemeyiz. Bu çalışmada ile Kütahya Müzesi'nin tanıtımına ve turizmine katkı sağlanmıştır.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin 14.FEN.BİL.20 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Yakar, M. 2015. Sahip Ata Külliyesi Röle Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara

Yakar M., Yılmaz H.M., 2008. Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Röle Çalışması ve 3 Boyutlu Modellenmesi, S.Ü. Müh.- Mim. Fak. Dergisi c.23, s.2

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013a, Afyon Gedik Ahmet Paşa (maret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB 2013, Trabzon.

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013b, Photo Realistic 3D Modeling with UAV: Gedik Ahmet Pasha Mosque in Afyonkarahisar, CIPA 2013 Symposium, 3-6 September 2013, 659-662

Yastıklı, N. 2014. Yersel Fotogrametrinin Tersine Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı. UZAL-CBS Sempozyumu, İstanbul

Uslu, A. 2016. Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Ortamında Sunulması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

URL-1, Ziyaret Tarihi:26.12.2016
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Demeter>