



International Geoinformatics Student Symposium

<https://igss.mersin.edu.tr>



Küçük Objelerin 3B Modellenmesinde Kullanılan Yöntemler

Zekeriya KAÇARLAR *¹

¹ Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel fotogrametri
Lazer Tarama
Küçük Objeler
Yapı Sensörü
3B Modeller

ÖZ

Değerli veya hassas kültürel miras eserlerinin fotogrametri yoluyla 3B sayısallaştırılması, tarihi koruma amaçları için oldukça önemlidir. Bunu yaparak, turizm, doğal afetler ve savaş hasarı gibi olaylara karşı eserlerin korunmasına yardımcı olurken, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar için 3B verilere erişim sağlar. Bu modellemelerde en çok kullanılan yöntemler; yersel fotogrametri, Lazer Tarama ve son dönemde kullanımı giderek artan Yapı Sensörüdür. Bu makalede literatürde yapılan çalışmalar değerlendirilerek kullanılan yöntemler ele alınmıştır.

Methods Used in 3D Modeling of Small Objects

Keywords

Terrestrial photogrammetry
Laser Scanning
Small Objects
Structure Sensor
3D Models

ABSTRACT

3D digitization of valuable or sensitive cultural heritage artifacts through photogrammetry is essential for historic preservation purposes. By doing so, it helps protect artifacts against events such as tourism, natural disasters and war damage, while providing access to 3D data for researchers around the world. The most used methods in these models are; Terrestrial Photogrammetry, Laser Scanning, and Structure Sensor, which has been increasingly used recently. In this article, the studies in the literature are evaluated and the methods used are discussed.

1. GİRİŞ

Değerli veya hassas kültürel miras eserlerinin fotogrametri yoluyla 3B sayısallaştırılması, tarihi koruma amaçları için oldukça önemlidir. Bunu yaparak, turizm, doğal afetler ve savaş hasarı gibi olaylara karşı eserlerin korunmasına yardımcı olurken, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar için 3B verilere erişim sağlar. (1)

Dijital teknolojilerin gelişmesiyle beraber 3B modelleme, arkeolojik çalışmalar açısından farklı yöntemler kullanılmasına olanak sağlamıştır. 3B modeller, bir eser hakkında, yani boyutları, korunma durumu ve yüzeyin özellikleri hakkında bilgi sunabilir. Arkeolojik, mimari, tıp alanı gibi birçok alanda güncel otomatik görüntü tabanlı modelleme yazılımları kullanılmaktadır(2)

Son zamanlarda, çeşitli yöntemler veya yaklaşımlar kullanılarak küçük eserlerin 3B belgelenmesi ve modellenmesi ile ilgili birçok girişim rapor edilmiştir. Ritz et al. (2011) Bir eseri küçük obje olarak değerlendirilip dijitalleştirilmesinin temel özelliği onun boyutudur. Arkeolojide anıtsal heykelleri saymazsak, modellenen nesnelere genellikle bir insan boyunu geçmezler. Müze objeleri, tarihi kutsal mobilyaları içeren özel bir miras kategorisidir. Arkeoloji dışında küçük objelerin modellenmesi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Küçük nesnenin sayısallaştırması iç mekânda gerçekleştirildiğinden ışık parametresi çok önemlidir.(3)

3B modeller farklı tekniklerle elde edilebilir. Kültürel mirasta en çok kullanılanlar lazer (LS) ve yapılandırılmış ışık taraması (SLS) gibi tarama teknikleri ve yersel fotogrametridir (CRDP) . Tarama teknikleri, koruma durumunun analizi veya restorasyon projelerinin planlanması için yüksek çözünürlüğe ihtiyaç duyulan resim ve parçaların belgelenmesi için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, dijital fotogrametri, arkeolojik alanlar gibi büyük ölçekli sahnelerin belgelenmesi ve sanallaştırılmasında yaygın olarak uygulanmaktadır.(4)

Bunların dışında menzil kameralarında son zamanlarda küçük objelerin modellenmesinde literatürde kendine yer etmiştir. Yüksek kare hızında (30 - 60 Hz) birkaç noktanın mesafelerini doğal olarak ölçebilen, düşük maliyetli ve kullanımı kolay aktif görüntüleme sensörleridir. Her çekimde, her pikselin, normalde sensörün "kendisiyle (genellikle görüntü düzlemi) ilişkilendirilen belirli bir referanstan kendi mesafesini içerdiği bir görüntü olan sahnenin derinlik haritasını üretirler. Bu derinlik haritasından başlayarak, menzil kameraları, taranan ortamın yerel bir referans sistemine yüksek sayıda 3B koordinatın bir koleksiyonu olan yoğun bir nokta bulutu yakalar.(6).

2. METODOLOJİ

Bu kısımda küçük nesnelere modellenmesinde kullanılan yöntemlerde kullanılan teknikleri, materyalleri ve yapılan çalışmaların kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

2.1. Yersel Fotogrametri

Yersel Fotogrametrisi genellikle görüntü elde etme kısmında dönel tabla kullanılarak, fotoğraf çeken elemanın nesnenin etrafında dönmesi engellenmiştir ve fotoğraf makinası sabitlenmiştir. Dönel tablalar bazı çalışmalarda otomatik, bazı çalışmalarda manuel olarak tasarlanmıştır. Bunun dışında sistemi daha otomatik hale getirmek için çalışmalarda çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Çalışmalar genellikle kapalı ortamlarda gerçekleştirildiğinden ışık ayarı çok iyi planlanmalıdır. Gölge oluşumu görüntü elde edilirken objenin üzerine gelmemelidir.

2.2. Yapı Sensörü

Yapı Sensörü, Yapılandırılmış Işık menzilli bir kameradır. Kızılötesi lazer projektör ve frekans uyumlu kızılötesi kameradan oluşur. İlki, modellenen nesnenin/nesnelerin yüzeyinde binlerce görünmez kızılötesi noktadan oluşan bir desen yayar, ikincisi ise ortamın orijinal deseni nasıl deforme ettiğini kaydeder ve böylece 3B geometriyi (şekil ve boyutlar) elde eder. Nesnelerin metrik birimlerinde). Her halükarda, piyasada bulunan diğer seri kameralardan farklı olarak, Yapı Sensörünün kendi renkli kamerası yoktur ve bu nedenle nesne dokusu, bağlı olduğu tablet/akıllı telefonun renkli kamerası tarafından yakalanır.(6)

2.3. Lazer Tarama

Lazer taramalar 3B modellere doku sağlamıyor, ancak ilgilenilen nesnelerin geometrik karmaşıklığı, en küçük ayrıntıları (veya yük-sek frekansları) bile yüksek derecede doğrulukla yeniden oluşturabilen bir tarayıcıya güvenme gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bunun yanında ışıktan etkilenmezler ve ortamda daha aktif çalışırlar. Lazer tarama sistemleri pahalı sistemlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalar:

Samantha ve diğerleri, 2016 da yapmış oldukları çalışmada Fransa Paleolitik bölgesinden bir dizi litik çekirdeğin 3B modellememesini konu alır (7).

İlgili maliyetler, zaman kısıtlamaları ve birincil yazarın çok sayıda ekipmanı çok sayıda taşıyamaması nedeniyle bu amaç için bir lazer veya yapılandırılmış bir ışık tarayıcı kullanmanın mümkün olmayacağı erkenden belirlemiştir. Önceki çalışmalar, litik eserlerin fotogrametrik modellerinin analiz için kullanılmaya potansiyeline sahip olduğunu ve bu dijital modellerde yapılan ölçümlerin, kadran kumpasları kullanılarak gerçek nesnelere üzerinde yapılan ölçümlere kıyasla düşük bir hata payına sahip olduğunu göstermiştir (Sumner and Riddle 2008). Sonuç olarak fotogrametri tabanlı bir çözüm aranmıştır.

Bucchi, A. ve diğerleri 2020, yapmış oldukları çalışmada Afrika maymunlarının el kemiklerinden 3B modeller oluşturmak için yersel fotogrametri kullanılmıştır. Modellememek için; Camera Cannon EOS 1200D ,Tripod ,Fotoğraf küpü, Mastik,Döner Tabla,Ölçek kullanılmıştır.Yazılım olarak AgiSoft PhotoScan Professional Yazılımında (sürüm 1.2.6) kullanılmıştır. (8)

Yazılımın referans noktalarını tanımlayabilmesi için kemiklerin her alanı en az iki fotoğrafta görünmelidir. Tüm fotoğraflarda yüksek oranda örtüşme (%70-80) gereklidir. Çekilecek fotoğraf sayısına karar verirken, fotoğraf sayısının yazılımın 3B modelleri oluşturmak için gereken süreyi etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır, çünkü ne kadar çok fotoğraf varsa model o kadar yavaş inşa edilir. (8)

M. Lo Brutto ve diğerleri 2017, yapmış oldukları çalışmada iki louteria parçasının 3B modellemesi, görüntü tabanlı yaklaşımla gerçekleştirilmiştir, ayrıca görüntü tabanlı modelleme olarak da belirtilir. Görüntü elde etmek için set dağınık bir ışıkla aydınlatılmış ve parçalar beyaz bir arka planın önüne yerleştirilmiştir. (9)

Kamera sabit tutulmuştur. Eksiksiz bir veri seti elde etmek için, her bir görüntüyü yaklaşık olarak her 20°-30°'de bir olarak, nesnelere kendi üzerlerinde döndürülerek iki nesne etrafında yakınsak bir görüntü ağı planlanmıştır. (9) Lou-teria parçalarının çok küçük boyutu nedeniyle, 105 mm Nikon makro lens ile donatılmış bir dijital refleks Nikon D5100 fotoğraf makinesi kullanıldı. (9)

M. Morita ve diğerleri 2018, yaptıkları çalışmada 3B kayıt, el yapımı bir seramik kabin küçük bir parçası olan küçük bir İnkâ Öncesi Perulu pişmiş toprak heykel üzerinde yapıldı. (2)

3B kayıt için LS, SLS ve CRDP kullanıldı. LS, nesneyi kesen bir lazer düzlemi oluşturmak için silindirik bir merceğe çarpan kırmızı bir lazer modülü (5mW, 650 nm) ile gerçekleştirildi. David Laser scanner yazılımı [v.3.10.4] kullanıldı. Bu yazılım, lazer düzleminin elde hareket ettirilmesine izin veren gerçek zamanlı kendi kendine kalibrasyon avantajına sahiptir. (2) SLS, LS için kullanılanla aynı sistemle gerçekleştirildi.

SLS ile elde edilen 3B model de 200-400 µm arasında bir çözünürlüğe sahiptir ve bu, nesnenin maksimum boyutunun %0.06'sı düzeyinde bir çözünürlüğü temsil etmektedir. Elde Taşınabilir Lazer tarama, iyi kalitede 3B görüntüler verdi, ancak lazerin "süpürmesi" ile ilgili ince dikey çizgiler vardı. Bu, görüntü alma sıklığı tarama hızından daha az olduğunda gerçekleşebilir. Step motor kullanılırken bu etki kaldırıldı. Lazer tarama ile elde edilen çözünürlük de SLS ve CRDP ile aynı sıradadır. David-Laser scanner ve MeshLab kullanılarak her tarama yönteminde tüm taramaları temizlemek, hizalamak ve kaynaştırmak için gereken süre yaklaşık bir saattir. (2)

3B modellerin olası deformasyonunu tahmin etmek için iki tür analiz gerçekleştirdik. Bir yandan, modeldeki iki nokta arasındaki mesafeyi gerçek nesne elde edilenle karşılaştırdık. Bu prosedür farklı yönlerde nokta çiftleri ile gerçekleştirdik. Karşılaştırma, LS ve SLS ile elde edilen tek bir taramanın aynı bölgesinde ve CRDP ile elde edilen modelin aynı bölgesinde yapılmıştır. Sonuçlar, herhangi bir yönde CRDP ve SLS için %99,7 doğruluk gösterir. LS için yatay yönde (göz eksenini) %96,2 ve dikey yönde (lazer tarama yönüne dik) %99,2 doğruluk elde ederiz. (2)

R. Ravanellia ve diğerleri 2017, yapmış oldukları çalışmada Yapı Sensörünün kullanılabilirliğini ve hassasiyetini belirlemek için Cipriot-Fenike küresel testi 3B modellenmiştir. (6)

Yapı Sensörü için Tarayıcı uygulaması, şu anda cihaz için mevcut olan tüm 3B tarama uygulamaları arasından seçildi. Ücretsiz ve kullanımı kolay, Yapı Sensörüne bağlı bir iOS cihazı ile etraflarında dolaşarak nesnelerin ve insanların 3B modellerini gerçek zamanlı olarak yakalamaya olanak tanır. Uygulama, Occipital tarafından sağlanan Yapı SDK'sının ayrılmaz bir parçasıdır: kaynak kodu örnek örnekler şeklinde mevcuttur ve uygulamanın özel gereksinimlerine göre geliştiriciler tarafından özelleştirilebilir. (6)Yapı Sensörü ile iOS cihaz kamerası arasındaki geometrik ilişkinin parametrelerini tahmin etmek gerekir. Kalibrasyon, izlemenin doğru çalışmasını etkileyebileceğinden, nesne taramasının başarılı bir sonucu için de önemlidir.

Modellenen eserde kulplar, taban ve çatlakların karşılıklı olarak yer aldığı, kalan yüzeyler ise genellikle oldukça benzerdir. Tabanla ilgili olarak, daha yüksek mesafe değerlerine muhtemelen kaidenin yazışmalarındaki farklı delikler neden olur, burada nesneyi ne Yapı Sensörü ile ne de akıllı telefon kamerasıyla tam olarak yakalamak mümkün değildir. Çatlaklarla ilgili olarak, Yapı Sensörü onları modelleyemedi: bunlar, neredeyse tüm 3B tarama uygulamaları gibi, özellikle delikleri kapatmak için tasarlanmış bir strateji uygulayan Tarayıcı uygulaması için çok küçüktü.

3. TARTIŞMA

3B yapıt dokümantasyonu konusundaki pek çok makale arkeolojik erişim sorunlarına çeşitli biçimlerde değiniyor. Her şeyden önce, araştırmacıların koleksiyonlara erişimi sorunlarını ele alır. Uzun zamandır yakını olduğu gibi, arkeoloğunun sıklıkla üstesinden gelmek zorunda oldukları büyük bir engel, saha alanları veya üzerinde çalıştıkları koleksiyonların konumları ile ana üslerinin konumları arasındaki uzun mesafedir. Araştırmacıların çalıştıkları materyalden farklı şehirlerde, eyaletlerde ve hatta kıtalarda yaşamaları olağandışı değildir. Koleksiyonlarına yalnızca az sayıda araştırmacı tarafından kolayca erişilebilen az sayıda siteden alınan materyallere dayalı olarak alan çapında tartışmalar geliştiğinde erişim sorunları daha da kötüleşir. (7)

Çok küçük nesnelerin araştırılması için düşük maliyetli tüketici kamerası kullanma olasılığını değerlendirmek için daha fazla test yoluyla derinlemesine incelenmelidir. Kalite açısından bakıldığında, ContextCapture ile karşılaştırıldığında, Photoscan Pro ile işlenen tüm yoğun nokta bulutları için oluşturulan nokta sayısının daha fazla olması, belgeleme ve görselleştirme amacıyla arkeolojik verilerin çıkarılmasına izin veren daha iyi bir ayrıntı düzeyi belirledi. (2)

Bulut Karşılaştırma yaklaşımıyla hesaplanan mesafeler, Yapı Sensörü tarafından gerçekleştirilen 3B geometri rekonstrüksiyonunun kalitesi hakkında genel göstergeler sağlar. Her hâlükârda, bu düşük maliyetli menzilli kameranın doğruluğunu yerel olarak karakterize etmek için, hem Yapı Sensörü modelinde hem de fotogrametrik modellerde iki miktar arkeolojik ilgi ölçüldü. Özellikle, ilgili çapları ölçmek için giriş ve testinin maksimum genişliğine uygun olarak iki bölüm

kesildi. Occipital'in Scanner uygulaması tarafından kullanılan renklendirme yaklaşımı, doku ayrıntılarını yumuşatıyor gibi görünüyor; bazen renk, modelin bazı alanlarında, özellikle tarama işleminin sonunda (360° yolunun sonunda) yakalananlar için, 3B geometriye tam olarak hizalanmaz. Bu davranış, kalibrasyonun mükemmel olmayan bir sonucu ile açıklanabilir, artık ana kareler yakalanırken izleme hataları ve/veya hareket bulanıklığı etkileri meydana geldi.(6)

4. SONUÇ

Üç boyutlu eserlerin belgelenmesi, arkeolojide giderek daha erişilebilir ve yaygın olarak kullanılan bir araç haline geliyor. Bu teknolojiler, nesne analizi, yapıyı yayını ve ham verilerin paylaşımı dâhil olmak üzere çok çeşitli bağlamlarda yeni olasılık yolları açmıştır. Yöntem olarak 3B kayıt, fotogrametri, uygun fiyatlı, güvenilir ve olumsuz saha koşullarında ve toplama erişim süresinin sınırlı olduğu durumlarda kullanım için daha iyi uyarlanmış olma avantajlarına sahiptir. Bu nedenlerden dolayı, özel koleksiyonerlerden öğrencilere ve profesyonel arkeologlara kadar yepyeni bir dizi insan için 3B veri toplama, analiz etme ve yayma pratiğini mümkün kılma potansiyeline sahiptir.

Çalışmalarda kullanılan araç gereçlerin işlevselliği; oluşacak birçok hatanın önüne geçmektedir. Oluşabilecek bindirme hataları, gölge hataları, fotoğraf çekiminden kaynaklı hatalar, ışık ve kalibrasyon hataları, ortamdan kaynaklı hatalar gibi birçok hatanın yok edilmesi veya etkisinin azaltılması için kullanılan araçlar modellemede aktif olarak rol almaktadır.

Yapı Sensörü, renkler tam olarak oluşturulmaz ve çatlaklar gibi daha ince detaylar her zaman doğru modellenmez; düşük maliyeti ve esnekliği nedeniyle, özellikle uzman kullanıcıların dâhil olmadığı durumlarda, küçük arkeolojik buluntuların hızlı belgelenmesi için uygun bir araçtır.

Dijital metodolojiler, çok zaman alan el yapımı işlemlerin sayısını azaltmaya ve parçaların daha iyi anlaşılmasını sağlayarak parça işlemeyi azaltmaya izin verir ve yorumlayıcı analize önemli bir katkı sağlamaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte uygulanan metodolojilerde çeşitlenmekte ve hataların giderilmesi ve mükemmel modelleme için geleceğe umutla bakmamızı sağlamaktadır.

5. KAYNAKÇA

- M.E. Marshall, AUTOMATING PHOTOGRAM-METRY FOR THE 3B DIGITISATION OF SMALL ARTEFACT COLLECTIONS,
- L. Lastilla, 3B HIGH-QUALITY MODELING OF SMALL AND COMPLEX ARCHAEOLOGICAL INSCRIBED OBJECTS: RELEVANT ISSUES AND PROPOSED METHODOLOGY,.

3 Ján Zachar, Milan Horňák & Predrag Novaković, 3B DIGITAL RECORDING OF ARCHAEOLOGICAL, ARCHITECTURAL AND ARTISTIC HERITAGE, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana University Press, Faculty of Arts, Ljubljana, 2017

M. Morita, Applications of low-cost 3B imaging techniques for the documentation of heritage objects, Article in Optica Pura y Aplicada • June 2018

González-Merino, R.; Sánchez-López, E.; Romero, P.E.; Rodero, J.; Hidalgo-Fernández, R.E. Low-Cost Prototype to Automate the 3B Digitization of Pieces: An Application Example and Comparison. Sensors 2021, 21, 2580.

R. Ravanellia , 3B MODELLING OF ARCHAEOLOGICAL SMALL FINDS BY A LOW-COST RANGE CAMERA: METHODOLOGY AND FIRST RESULTS, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,

Samantha Thi Porter, A Simple Photogrammetry Rig for the Reliable Creation of 3B Artifact Models in the Field Advances in Archaeological Practice 4(1), 2016, pp. 71–86

BUCCHI, A.; LUENGO, J.; FUENTES, R.; ARELLANO-VILLALÓN, M. & LORENZO, C. Recommendations for improving photo quality in close range photogrammetry, exemplified in hand bones of chimpanzees and gorillas. Int. J. Morphol., 38(2):348-355, 2020.

M. Lo Brutto, 3B MODELING OF TWO LOUVERIAN FRAGMENTS BY IMAGE-BASED APPROACH, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,

Ritz, M., Langguth, F., Scholz, M., Goesele, M. and Stork, A., 2012. High resolution acquisition of detailed surfaces with lens-shifted structured light. Computers & Graphics, 36(1), 16-27.

Sumner, T. Alexandra, and Andrew T. R. Riddle 2008 Virtual Paleolithic: Assays in Photogrammetric Three-Dimensional Artifact Modelling. PaleoAnthropology, 158–169.

Riddle, Andrew T. R., and Michael Chazan 2014 Stone Tools from the Inside Out: Radial Point Distribution. World Archaeology. 46:123–136

