

Diyarbakır Mardin Kapı'nın Yersel Fotogrametri Yöntemiyle 3B Belgenmesi

Halil İbrahim Şenol¹, Evindar Orman¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Fotogrametri,
SfM,
Kamera Kalibrasyonu,
Kültürel Miras,
3B Modelleme.

ÖZ

Diyarbakır, Bereketli Hilal bölgesinin Yukarı Mezopotamya kısmında kalan ve 9 bin yıllık bir geçmişe sahip Türkiye'nin önemli arkeolojik ve turistik şehirlerinden biridir. Bu nedenle kültürel mirasın oldukça yoğun olduğu bu bölgedeki eserlerin kayıt altına alınması ve belgenmesi oldukça önemlidir. Gelişen teknoloji ile birlikte tarihi eserlerin belgenmesi ve gelecek nesillere aktarılması kolaylaşmıştır. Bu doğrultuda gelişen teknolojinin sunduğu önemli araçlardan biri olan fotogrametri tekniği ile tarihi eserler kolay ve doğru bir şekilde kayıt altına alınabilmektedir. Bu yöntem ile tarihi eserler detaylı bir modeli oluşturularak dijital ortamda kayıt altına alınabilmektedir. Bu çalışmada Diyarbakır merkezinde bulunan ve eski Diyarbakır merkezini çevreleyen Diyarbakır Surlarının bir kapısı olan Mardin Kapının nokta bulutu ve 3B modeli yersel fotogrametri yöntemi ile üretilmiş ve belgenmiştir. Çalışma sonucunda önemli arkeolojik ve kültürel eserlerin belgenmesinin ve gelecek nesillere aktarılmasının önemi vurgulanmıştır.

3D Documentation of Diyarbakır Mardin Gate by Terrestrial Photogrammetry Method

Keywords

Photogrammetry,
SfM,
Camera Calibration,
Cultural Heritage,
3D Modeling.

ABSTRACT

Diyarbakır is one of the important archaeological and touristic cities of Turkey, which is located in the Upper Mesopotamian part of the Fertile Crescent region and has a history of 9 thousand years. For this reason, it is very important to record and document the artifacts in this region where the cultural heritage is quite intense. With the developing technology, it has become easier to document historical artifacts and transfer them to future generations. In this direction, historical artifacts can be recorded easily and accurately with the photogrammetry technique, which is one of the important tools offered by the developing technology. With this method, a detailed model of the historical artifact can be created and recorded in the digital environment. In this study, the point cloud and 3D model of the Mardin Gate, which is a gate of the Diyarbakır Walls, located in the center of Diyarbakır, was produced and documented by terrestrial photogrammetry method. As a result of the study, the importance of documenting important archaeological and cultural artifacts and transferring them to future generations was emphasized.

1. GİRİŞ

Diyarbakır Mezopotamya bölgesinde yer alan ve farklı kültürlerle başkentlik yapmış önemli bir şehirdir. Şehrin ticaret yolları üzerinde olması geçmişten günümüze ilgi noktalarından olmasını sağlamıştır. Ayrıca şehrin kültürel alt yapısı ve tarihi de günümüzde ilgi çekmektedir. Şehrin turizm altyapısının gelişmesiyle şehre daha fazla turist gelmeye başlamış ve bundan dolayı şehirde bulunan tarihi yapıları korumak ve belgelemek önem kazanmaya başlamıştır.

Bu çalışma, değerli ve hassas bir yapıya sahip olan arkeolojik alanların belgelenmesinin önemini vurgulamayı amaçlamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tarihi mekanların belgelenmesi süreci risksiz ve kolay hale gelmiştir [1]. Kültürel miras alanları hem kültür turizmi açısından hem de bu alanlarda devam eden bilimsel çalışmalar açısından büyük önem taşımaktadır [2]. Kültürel miraslar somut, somut olmayan ve doğal miras olarak üç başlık altında incelenebilir [3]. Arkeolojik alanlarda bulunan nesnelerin üretildiği malzemeler o günün koşullarını bize aktarırken, resim, heykel gibi sanatsal yapılar da geçmiş yüzyıllardan günümüze bir mesaj niteliğindedir.

Tarihi eserler, doğal veya beşeri etkenler nedeniyle zamanla zarar görme veya yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır [4,5]. Kültürel mirasın belgelenmesi hem nesne özelliklerinin daha detaylı incelenip kayıt altına alınmasına hem de önümüzdeki yıllarda meydana gelebilecek kaza, doğal afet gibi aksaklıklara karşı önlem alınmasına olanak sağlamaktadır. Kültürel miras sayılabilecek küçük nesnelere veya büyük yapıları belgelemek için birçok yöntem kullanılmıştır. Ancak literatürdeki çalışmalar incelendiğinde fotoğraf çekmenin diğer yöntemlere göre daha kolay olduğu görülmektedir [6].

Kültürel mirasın belgelenmesinde geleneksel yöntemlere iyi bir alternatif olan fotogrametri tekniğinde, nesnenin fotoğrafları çekilebilmekte ve belirli matematiksel modeller yardımıyla 3 boyutlu bir model oluşturulabilmektedir. Ulvi ve arkadaşları [7], yakın mesafe fotogrametri yöntemini kullanarak tarihi çeşmelerin modellenmesi üzerine bir çalışma yürütmüştür. Yakar ve Doğan [8], SfM yönteminin farklı çalışma alanlarında kullanımını incelemiş ve arkeolojik alanlarda tutarlı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Günümüzde dijital el kameralarının nispeten ucuz ve taşınabilir yapısı nedeniyle, arkeolojik alanlarda yersel fotogrametri sıklıkla kullanılmaktadır [7]. Yersel fotogrametride kullanılan dijital el kameraları hem görev öncesinde hem de görev sırasında kalibre edilebilir ve 3B modelleme için gerekli bilgileri depolayabilir. Bu sayede kalibre edilmiş kameralar ile 3B modeller elde edilebilmektedir. Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (SfM)

yöntemiyle üst üste bindirilmiş fotoğraflar kullanılarak, nesnenin 3B bir modeli oluşturulabilir.

Günümüzde fotogrametri ve bilgisayarlı görüntüleme disiplinlerinin gelişmesiyle birlikte görüntü tabanlı modelleme teknikleri lazer taramaya ciddi bir rakip haline gelmiştir [9]. Görüntü tabanlı modellemenin bazı önemli avantajları, düşük maliyetli olması ve renk bilgisi içermesi, kalibre edilmiş veya kalibre edilmemiş kameraların kabul edilebilir olması [10] ve bir lazer tarayıcıdan daha yoğun bir nokta bulutu üretebilmesidir.

Bu noktada klasik fotogrametriden farklı olarak SfM yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. SfM, Fotogrametri ile aynı temel koşullar altında çalışır. Örtüşen görüntüler, ilgilenilen nesnenin 3B yapısını elde etmek için kullanılır. Agisoft Photoscan gibi birçok ticari yazılım da 3D modelleme için yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak fotoğraf eşleştirme, seyrek ve yoğun nokta bulutları üretme, üç boyutlu model, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto gibi birçok ürünün üretilmesine olanak sağlar. Görüntü işleme adımları ciddi zaman alabilir. Bu nedenle tam performanslı bir 3D model üretmek için özellikle yüksek performanslı bilgisayarların kullanılması önerilmektedir [12]. Bu çalışmada, tarihi Diyarbakır Surları ve Hevsel Bahçeleri sit alanında bulunan Mardin Kapı'nın üç boyutlu modelleri SfM yöntemiyle sayısal olarak oluşturulmuştur.

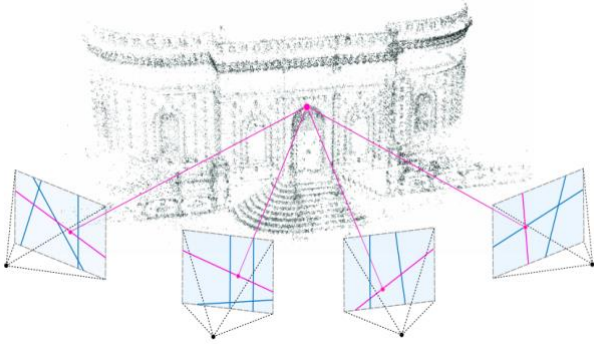
1.1. Çalışma Alanı

Bereketli Hilal'in bir parçası olan Yukarı Dicle Nehri Havzası'nın bir yamacında yer alan Diyarbakır ve çevresi, Helenistik dönemden bu yana Roma, Sasani, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde de önemli bir merkez olmuştur. Diyarbakır'ın en önemli parçası olan ve 2015 yılında UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne giren Diyarbakır Surları ve Hevsel Bahçeleri şehrin merkezinde bulunmakta ve turistlerin ilgi noktalarından olmaktadır.

Alan, Amida Höyüğü'nün de içinde bulunduğu İçkale olarak bilinen kale içini ve çok sayıda kulesi, kapısı, payandası ve 63 yazıtı ile Diyarbakır'ın 5,8 km uzunluğundaki surlarını kapsamaktadır. Site ayrıca, şehir ile Dicle arasında şehre yiyecek ve su sağlayan yeşil bir bağlantı olan Hevsel Bahçeleri, Anzele su kaynağı ve On Gözlü Köprü'yü de içermektedir (Şekil 1).

Diyarbakır Surlarının dört ana kapısı bulunmaktadır. Surlar, Dağ Kapı (Harput Kapısı) ile kuzeye, Urfa Kapı (Rum veya Halep Kapısı) ile batıya, Mardin Kapı (Tell Kapısı) ile güneye, Yeni Kapı (Su, Satt veya Dicle Kapısı) ile doğuya açılmaktadır. 20.yy'ın başlarına kadar sur kapılarının geceleri kapatılarak, kente giriş çıkışın kontrol edildiği bilinmektedir. Surların kuzeydoğusunda bulunan ve yine dört kapısı bulunan İçkale; Saray Kapı ve Küpeli Kapı ile sur içine, Öğrun Kapı ve Fetih Kapı ile sur dışına açılmaktadır.

görüntü eşleştirme algoritması elde etmek için geliştirilmiş olsa da Stereoskopik Fotogrametri ile aynı temel koşullar altında çalışır [17-19].



Şekil 2. SfM Yöntemi [20]

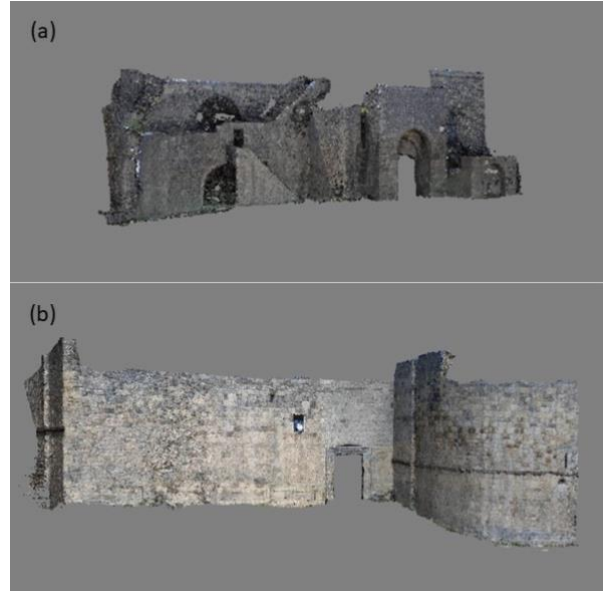
Örtüşen görüntüler, ilgilenilen nesnenin 3 boyutlu formunu elde etmek için kullanılır. Ancak geleneksel Fotogrametri ile SfM arasında temel bir fark vardır. Geleneksel Fotogrametride, bir görüntüdeki noktaların 3B konumunu belirlemek için kameraların 3B konumu veya yer kontrol noktalarının (GCP) 3B konumunun bilinmesi gerekir [21]. Buna karşılık, SfM, bilinen herhangi bir önceden tanımlanmış GCP seti olmadan geometrik parametreleri (yönlendirme, dahili ve harici parametreler) otomatik olarak belirler. Bunun yerine, bu parametreler, otomatik olarak eşlenen aynı özelliklerle yüksek oranda örtüşen bir görüntü seti kullanılarak eşzamanlı olarak çözülür. Ardından, yinelemeli, doğrusal olmayan en küçük kareler işlemi, kamera konumlarını ve nesne koordinatlarını tahmin ederek görüntüden görüntüye eşleşen özellikleri izler. Geleneksel fotogrametri ile karşılaştırıldığında, belirlenen kamera konumları görüntü alanındadır, yani nesne alanı göz önüne alındığında ölçek ve yönlendirme yoktur. Bu, harita üretimi gibi alanlarda az sayıda yer kontrol noktası kullanılarak 3B benzerlik dönüşümü ile çözülür [18]. Nesne modellemede genellikle bir ölçek belirtmek yeterlidir. Nesnenin kullanışlı bir 3B geometrisini elde etmek için görüntülerin nesneyi tam olarak kaplaması gerekir [22]. Bu koşulun sağlanabilmesi için kameranın cismi her açıdan görmesi gerekmektedir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada Diyarbakır Mardin Kapı ön ve arka kısmının modellenmesi için yersel fotogrametri yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda Xiaomi Redmi Note 9 Pro cep telefonu ile yapının çevresinde çekilen 532 fotoğraf kullanılmıştır. Farklı açıdan çekilen bu fotoğraflar kullanılarak 3B model üretimi yapılmıştır. Modelleme yapılırken yapı üzerindeki deformasyonlar ve detaylara dikkat edilmiştir. Çalışmada modeli üretilen Diyarbakır Mardin Kapı ön ve arka kısmı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Diyarbakır Mardin Kapı ön (a) ve arka (b) görünümü



Şekil 4. Diyarbakır Mardin Kapı ön (a) ve arka (b) kısımlarının temizlenmiş nokta bulutu

Antik kapıyı birebir modelleyebilmek için nesnelerin mümkün olduğunca tüm açılardan fotoğrafları çekilmiştir. Yüksek çözünürlüklü bir model üretmek için nokta bulutunun yoğun olması gereklidir. 3B model üçgenlerinin sayısı da nokta bulutlarının sayısı ile orantılı olarak artar ve azalır. Bunun için beş milyondan fazla 3B nokta üretilmiş ve yüksek yoğunlukta modellenmiştir (Şekil 4). Üretilen nokta bulutlarından 3 boyutlu modeller elde edilmiş ve bu modeller gerçek renk dokusu ile kaplanarak gerçekçi modeller elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Diyarbakir Mardin Kapı ön (a) ve arka (b) kısımlarının 3B modeli

Elde edilen görüntü ve model gibi çıktılar, tarihi mekanların belgelenmesinde, arkeolojik kazılarda bulunan önemli eserlerin modellenmesinde ve restitüsyon projelerinde kullanılabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Diyarbakir surlarında bulunan Mardin Kapının nokta bulutu ve 3B modeli fotogrametrik yöntemlerle üretilmiştir. Modelleme işlemi yapının yersel fotoğrafları çekilerek yapılmıştır. Yapının yüksekliği ve yersel fotogrametrinin verdiği dezavantaj nedeniyle yapının tavan kısmının modeli üretilmemiştir. Bu doğrultuda önce nokta bulutu, ardından alanın 3 boyutlu modeli üretilmiştir. Çalışma sonucunda yersel fotogrametri ile 5 milyondan fazla nokta üretilmiştir. Arkeolojik eserlerin belgelenmesi gelecek nesillere ulaşması ve üzerinde yapılabilecek restorasyon çalışmaları nedeniyle önem arz etmektedir. Belgelenen arkeolojik eserler gelecek nesillere de ışık tutacaktır. Türkiye'nin UNESCO Dünya Mirası listesinde olan ve önemli kültürel miraslarından biri olan Diyarbakir Surları, modellenerek belgelenmiş ve eser sayısal ortamda saklanmıştır. Bu çalışmalar için fotogrametri tekniği yeterli olmakla birlikte, ileride yapılacak çalışmalarda bu tür yüksek yapılarda lazer tarama ve insansız hava aracı yöntemleri kullanılarak farklı çözümler üretilebilir.

Yazarların Katkısı

Halil İbrahim Şenol: Literatür taraması, makalenin yazımı.

Evindar Orman: Arazi çalışmasının yapılması, 3B modellerin üretimi

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A. & Ulukavak, M. (2020). Multi instrumental documentation and 3D modelling of an archaeological site: a case study in Kizilkoyun Necropolis Area. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1241-1250.
- [2] Şenol, H. İ., Polat, N., Kaya, Y., Memduhoğlu, A. & Ulukavak, M. (2021). Digital documentation of ancient stone carving in Şuayip City. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 10-14.
- [3] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73. doi: 10.13189/ujes.2019.070303.
- [4] Cömert, R., Avdan, U. & Şenkal, E. (2012). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19, Zonguldak.
- [5] Tercan, E. (2017). İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent ve Tarihi Kervan Yolunun Fotogrametrik Belgelenmesi: Sarıhacılar Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 633-642. doi: 10.21923/jesd.315232.
- [6] Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkkıkcı, K., Kaya, Y. & Catin, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3 Boyutlu Modellenmesi. *Geomatik*, 1(1), 14-18.
- [7] Ulvi, A., Yiğit, A. Y. & Yakar, M. (2019). Modeling of Historical Fountains by Using Close-Range Photogrammetric Techniques. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 1-6.
- [8] Yakar, M. & Dogan, Y. (2018). 3D Reconstruction of Residential Areas with SfM Photogrammetry. *In Conference of the Arabian Journal of Geosciences*, 73-75.
- [9] Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. & Sarazzi, D. (2011). UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling Current Status and Future Perspectives. *ISPRS ICWG I/V UAV-g Conference*, Zurich, Switzerland.
- [10] Colomina, I., Blázquez, M., Molina, P., Parés, M. E. & Wis, M. (2008). Towards a New Paradigm for HighResolution Low-Cost Photogrammetry and Remote Sensing. *IAPRS&SIS*, 1201-1206.
- [11] Polat, N., Önal, M., Ernst, F. B., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Mutlu, S., Mutlu, S. İ., Budan, M. A., Turgut, M. & Kara, H. (2020). Harran Ören Yeri Arkeolojik Kazı Alanınının Çıkarılan Bazı Küçük Arkeolojik Buluntuların Fotogrametrik Olarak 3B Modellenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2 (2), 55-59.
- [12] Siebert, S. & Teizer, J. (2014). Mobile 3D Mapping for Surveying Earthwork Projects Using an Unmanned

- Aerial Vehicle (UAV) System. *Automation in Construction*, 41, 1- 14.
- [13] Şanlıoğlu, İ., Zeybek, M. & Karauğuz, G. (2013). Photogrammetric Survey and 3D Modeling of Ivriç Rock Relief in Late Hittite Era. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13(2), 147-157.
- [14] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. & Kaya, Y. (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5 (1), 22-30.
- [15] Dellepiane, M., Dell'Unto, N., Callieri, M., Lindgren, S. & Scopigno, R. (2013). Archeological excavation monitoring using dense stereo matching techniques. *Journal of Cultural Heritage*, 14(3), 201-210.
- [16] Magnani, M., Douglass, M. & Porter, S. T. (2016). Closing the seams: resolving frequently encountered issues in photogrammetric modelling. *Antiquity*, 90(354), 1654-1669.
- [17] Tanskanen, P., Kolev, K., Meier, L., Camposeco, F., Saurer, O. & Pollefeys, M. (2013). Live Metric 3D Reconstruction on Mobile Phones. in: 2013 *IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, IEEE, 65-72.
- [18] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J. & Reynolds, J. M. (2012). Structure from Motion'photogrammetry: A Low Cost, Effective Tool for Geoscience Applications. *Geomorphology*, 179, 300-314
- [19] Micheletti, N., Chandler, J. H. & Lane, S. N. (2015). Investigating the geomorphological potential of freely available and accessible structure-from-motion photogrammetry using a smartphone. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40(4), 473-486.
- [20] Geppert, M., Larsson, V., Speciale, P., Schönberger, J. L. & Pollefeys, M. (2020). Privacy preserving structure from-motion. In *European Conference on Computer Vision*, 333-350.
- [21] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2010). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station based methods. *Lasers in Eng*, 19, 331-345.
- [22] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelemesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>