

Artırılmış Gerçeklik Uygulaması ile Kültürel Mirasın 3 Boyutlu Belgelenmesi: Özbekistan Chashma-Ayub Türbesi Örneği** (3D Documentation of Cultural Heritage with Augmented Reality Application: The Case of Uzbekistan Chashma-Ayub Mausoleum)

* Abdurahman Yasin YİĞİT^a, Ali ULVİ^b, Fatih VAROL^c

^a Mersin University, Faculty of Engineering, Department of Geomatics Engineering, Mersin/Turkey

^b Mersin University, Institute of Science, Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Mersin/Turkey

^c Selçuk University, Faculty of Tourism, Department of Recreation Management, Konya/Turkey

Makale Geçmişi

Gönderim Tarihi: 07.10.2020

Kabul Tarihi: 11.12.2020

Anahtar Kelimeler

Artırılmış gerçeklik
Kültürel miras
Yersel fotogrametri
3B model
Dijital turizm

Öz

Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisi, kültürel miras alanlarında bulunan eski yapıların sanal olarak yeniden inşa edilmesinde ve eserlerin dijital belgelenmesinde kullanılan uygulamalardan bir tanesidir. Kültürel Mirasın doğru ve hassas bir şekilde belgelenmesi, veri toplama işlemlerinde kullanılan araçların ve kaynakların güncelliğine ve etkin bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Çalışmada kullanılan fotoğraf tabanlı veri toplama tekniği, belgelendirilecek nesnelerin iki boyutlu (2B) fotoğraflarından üç boyutlu (3B) dijital modeller oluşturmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Böylece kültürel mirasın restorasyonu için yararlı olan metrik bilgi sağlanabilmektedir. AG kapsamında 3B modellerin oluşturulması ile bir yandan veri havuzları elde edilip referans değerleri korunurken diğer yandan güncel teknolojilerin belgeleme çalışmalarında kullanılması sağlanmış olur. Özellikle “Yersel Fotogrametri” tekniği, kültürel miras alanlarında veri havuzlarının oluşturulmasında son derece uygun bir belgeleme tekniğidir. Ayrıca bu teknik; maliyet, esneklik, hız ve araştırmacıların tehlikeli alanlarda güvenliğini sağlama gibi ayrıcalıklar tanımaktadır. Bu çalışmada, Özbekistan/Buhara şehrinde bulunan Chashma-Ayub Türbesi’nin AG kapsamında 3B modeli oluşturularak belgeleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, 3B model çalışmalarında kullanılan yersel fotogrametri tekniğinin, kültürel mirasla ilgili artırılmış gerçeklik, koruma veya restorasyon çalışmalarındaki kullanılabilirliğine değinilmiş olup, avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır.

Keywords

Augmented reality
Cultural heritage
Close-Range photogrammetry
3D model
Digital tourism

Abstract

Protection of Cultural Heritage depends on the up-to-date and effective use of tools and resources used in data collection. Augmented Reality (AR) technology is one of the applications used in the virtual reconstruction of old structures found in cultural heritage sites and digital documentation of artifacts. The technique of collecting data with photography is frequently used in the creation of three-dimensional (3D) digital models of objects to be documented. Thus it provides metric information useful for the restoration of cultural heritage. With the creation of 3D models within the scope of AR, data repositories are provided and reference values are preserved, on the other hand, it is ensured that current technologies are used in documentation studies. In recent years, the spread and development of geometric digital data management and 3D documentation techniques have provided great support to the effectiveness of documentation studies. Especially the “Close-Range Photogrammetry” technique is a very suitable documentation technique in the creation of data pools in cultural heritage areas. In addition, this technique offers privileges such as cost, flexibility, speed and safety of researchers in hazardous areas. In this study, a 3D model of the Chashma-Ayub Mausoleum in the city of Bukhara, Uzbekistan was created within the scope of Augmented Reality and documentation was carried out. At the end of the study, the use of the close-range photogrammetry technique used in 3D model studies in augmented reality, conservation or restoration studies related to cultural heritage was mentioned, and the advantages and disadvantages were discussed.

Makalenin Türü

Araştırma Makalesi

* Sorumlu Yazar

E-posta: ayasinyigit@mersin.edu.tr (A.Y. Yiğit)

DOI: 10.21325/jotags.2020.756

**Bu çalışma, 02-05 Eylül 2020 tarihleri arasında düzenlenen “Kıtalar Arası Turizm Yönetimi Konferansı (MTCON)” da sözlü bildiri olarak sunulmuş ve kongre bildiriler kitabında özet metin olarak yayımlanmıştır.

GİRİŞ

Kültürel miras varlıkları, geçmiş dönem insan faaliyetlerinin bir kanıtıdır. Bu sebeple kültürel miras varlıkları; doğası, büyüklüğü ve karmaşıklığı bakımından büyük çeşitlilik göstermektedir. Günümüzde küçük eserler ve müze eşyaları, kültürel manzaralar, tarihi binalar, antik şehirler ve arkeolojik alanlar gibi birçok kültürel miras unsuru bulunmaktadır (Patias, 2006). Dünya genelindeki kültürel miras varlıkları; savaşlar, doğal afetler ve insan ihmali gibi çeşitli nedenlerden dolayı zarar görmektedir. Tahrip olmuş kültürel miras alanları ve eserlerinin korunması konusu, ülkeler arasında önem kazanmaya başlamış hem ulusal hem de uluslararası platformda bu konu hakkındaki baskılar artmaya başlamıştır. Uluslararası kuruluşlar, çıkarmış oldukları yeni tüzüklerde ve yapılan uluslararası anlaşmalarda, kültürel mirasın korunması konusunu ön planda tutmak durumunda kalmış ve bununla ilgili standartları belirleyen ilkeleri kılavuzlarına dâhil etmişlerdir. ICOMOS, UNESCO, ICCROM, UN, IMO vb. uluslararası kuruluşların tüzükleri, kararları ve bildirimleri kültürel mirasa ilişkin koruma, yönetim, yapısal durumun değerlendirilmesi, arşivleme ve belgeleme gibi çalışmaların öneminin altını çizmektedir (UNESCO, 2005; Varol, 2017). Bu sebeple kültürel miras alanlarında yapılacak olan sürdürülebilirlik çalışmaları oldukça önem kazanmaktadır. Bu alanda yapılan en önemli uygulamalardan bir tanesi de kültürel miras belgeleme çalışmalarıdır (Planlama, 2005).

Kültürel mirasın belgelenmesi gerekli kaynakların mevcudiyetine ve veri toplama işlemlerinin doğru bir şekilde yürütülmesine bağlıdır. Bunu gerçekleştirmek ise veri toplamada kullanılan tekniklerin, araçların ve kaynakların etkin kullanımını gerektirmektedir. Arkeoloji ve mimari bilim dallarında olduğu gibi kültürel miras alanlarında yürütülen sürdürülebilirlik çalışmalarında da 3B araştırma esastır (Ulvi, Yakar, Yiğit & Kaya, 2020; Yakar, Kabadayı, Yiğit, Çıkkıkcı, Kaya & Catin, 2016). Çünkü her bir kültürel miras alanının veya eserinin geometrisi birbirinden farklıdır.

Son yıllarda Artırılmış Gerçeklik (AG) çalışmaları kapsamında dijital kameralardan elde edilen resimler yardımıyla, mimari eserlerin 3B modelini oluşturan ve analizini sağlayan birçok yazılım geliştirilmiştir (Korumaz, Dülgerler & Yakar, 2011; Yastıklı, 2007). Bu yazılımlar kültürel mirasın 3B modelini oluşturmada, analiz etmede ve dijital dokümantasyonunun sağlanmasında başarılı çalışmaların ortaya çıkmasına ciddi katkılar sağlamaktadır (Asrı & Çorumluoğlu, 2007; Turan, 2004). Söz konusu alan üzerinde yapılan 3B ölçümler, kültürel miras alanının bütün dallarında (mobil müze, artırılmış gerçeklik vb.) farklı analiz türlerine imkân vermesi ile de bilinmektedir. Örneğin; deprem nedeniyle kültürel mirasa ait duvar veya binaların hasar görmesi durumunda, 3B ölçüm ile elde edilen AG, bize olası restorasyon ve gerçek yapının yeniden inşası için tüm geometrik ve hacimsel verilere sahip olmamızı sağlamaktadır (El-Hakim, 2001; Remondino & El-Hakim, 2006, ss. 269-270). Ayrıca bu teknikler, kültürel mirasa ait yapıların tüm katmanlarının haritalandırılmasına da olanak sağlamaktadır. Bu hususlardan hareketle bu çalışmanın genel amacı, AG uygulamaları kapsamında kültürel mirasın 3B modelinin elde edilmesinde fotogrametri tekniğinin kullanımını araştırmaktır. Çalışmanın uygulama aşamasındaki amacı ise, Özbekistan/Buhara’da bulunan Chashma-Ayub Türbesi’nin 3B modelini oluşturarak, dijital arşivlemesini sağlamaktır.

Kavramsal Çerçeve

Artırılmış Gerçeklik ve Kültürel Miras Alanlarında Kullanımı

Artırılmış gerçeklik, çok sayıda bağlamanın birleşimi için etkili olan bir teknolojidir. Bu teknoloji, dijital kamera görüntüleri yardımıyla, cismin uzaydaki doğrusal konumu ile harmanlanmış birleşik görüntüler sağlamaktadır. Bu

sebeple, Artırılmış Gerçeklik (AR, Augmented Reality), sanal ortamların (VE, Virtual Environments,) bir varyasyonu veya daha yaygın olarak adlandırıldığı şekliyle “Sanal Gerçeklik (VR, Virtual Reality)” olarak tanımlanmaktadır (Azuma, 1997). Bu konu ile ilgilenen uzmanlar, “Artırılmış Gerçeklik” ile “Sanal Gerçeklik (SG)” kavramlarının birbirine benzer, fakat temelde çok farklı olduklarını savunmaktadırlar. SG’te kullanıcılar, kendilerini tamamen yapay bir ortama adapte ederler. Örneğin çok uzak zaman ve mekanlarda (uzay ve gelecek gibi) kullanıcılara sanal yürüyüş imkanları tanımaktadır. Kullanıcılar bu sanal ortamlarda gezinirken, etraftaki gerçek dünyayı göremezler. AG’de ise bunun aksine, kullanıcıya gerçek dünyayla üst üste bindirilmiş veya bununla birleştirilmiş sanal nesneler ile gerçek dünyayı birlikte görmesine olanak tanınmaktadır (Azuma 1997, Kyriakou & Hermon, 2018, s. 2). Buradan hareketle AG kavramını; “gerçek ile sanalı birleştiren, eşzamanlı etkileşim sağlayan 3B kaydedilmiş görüntüler bütünü” olarak tanımlamak mümkündür. Başka bir tanımlamaya göre ise AG, bizi çevreleyen gerçekliğe daha fazla bilgi ve boyut ekleyerek, bir nesneye ait örtüşen gerçek ve sanal görüntüler yardımıyla aslına en yakın deneyim sağlayan teknolojidir (Bozzelli, Raia, Ricciardi, De Nino, Barile, Perrella, Tramontano, Pagano & Palombini, 2019, s. 2).

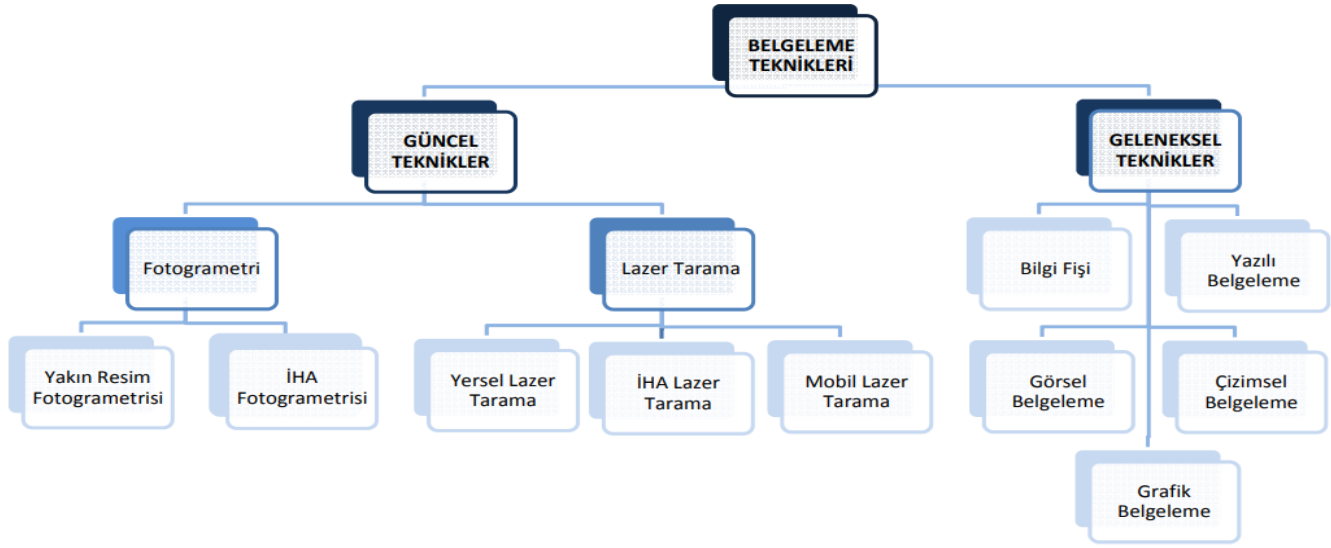
AG görselleştirmelerindeki son teknolojik gelişmeler, kültürel miras alanları, arkeolojik alanlar ve eserler, tarihi parklar ve müzeleri deneyimlemek için son derece önemli avantajlar sağlamaktadır (Bozzelli vd., 2019, s. 1-2; Novotný, Lacko & Samuelcik, 2013, s. 231; Owen, Buhalis, & Pletinckx, 2006, s. 385). Bu tür ortamlarda, kültürel bir eseri ya da sanat eserini eğlenceli bir ortamda hikayeleştirerek, ziyaretçileri interaktif bir dünyaya fiziksel olarak çekmek mümkündür. AG teknolojisinin sağlamış olduğu en önemli avantajlardan bir tanesi de ilgili kültürel miras alanlarının başlangıçta nasıl görüldüğünü hayal etmekte zorlanan uzman ya da uzman olmayan kişi veya ziyaretçilerin zihinlerinde gerçeğe en yakın görseller oluşturmalarıdır (Damala, Marchal & Houlier, 2007, s. 261). Böylelikle son yıllarda, AG kısmen korunmuş ya da tamamen yok olmaya maruz kalmış kültürel miras alanlarının, yeniden yapılandırılmasında kullanılan teknolojilerden bir tanesi olmuştur.

Günümüzde kültürel miras alanları, AG teknolojisi ile daha eğlenceli bir hal almıştır. Geçmişten günümüze zamanın antik yapılar üzerindeki yıkıcı etkileri, 3B modellemeler sayesinde ortadan kaldırılarak ziyaretçilere farklı deneyimler yaşatmaktadır (Bostancı, Kanwal & Clark, 2015). Kültürel miras alanlarında bu konu ile ilgili yapılan araştırmalar, klasik deneyimden ziyade, esas olarak kültürel miras ziyaretçileri için tasarlanmış doğal etkileşimli AG uygulamalarının sunumu ve tanımına odaklanmaktadır. Bu çalışmalarda elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler yardımı ile kültürel miras eserlerine ilişkin sanal müze galerileri oluşturabilen AG uygulamalarına yer verilmektedir (Liarokapis, 2006, s. 25-26). Bu uygulamaya, Kıbrıs/Lefkoşa’da yer alan Leventis Müzesi’nde uygulanan “Artırılmış Gerçeklik Puzzle Oyunu” örnek olarak verilebilir. Kullanıcılar bu müzede ekranlarda yer alan haritalar üzerinde konumlandırılan 3 boyutlu sanal anıtların parçalarını manipüle ederek, sanal gezinti yapma imkanına sahip olmaktadır (Michael, Pelekanos, Chrysanthou, Zaharias, Hadjigavriel & Chrysanthou, 2010).

Belgeleme Teknikleri

Kültürel mirasın belgelenmesi, insanlığın gelişimi ile beraber yeni araç ve teknolojilerin icadı ile önemli ölçüde değişmiştir. Bilgisayarlar ve dijital araçlar gibi yeni teknolojiler, belgeleme tekniklerinde yeni pencereler açmış ve kültürel mirasın korunmasında farklı bakış açıları ortaya koymuştur. Yeni yöntemler bize otomatik yönlendirme ve ölçüm prosedürleri, 3B vektör verilerinin oluşturulması, dijital orto-görüntü ve dijital yüzey modeli gibi yeni fırsatlar sunmaktadır (Yastıklı, 2007). Bu bağlamda, kültürel miras alanındaki bu araçlardan en iyi şekilde yararlanmak için

farklı teknolojilerin gözden geçirilmesi önemlidir. Kültürel mirasın belgelenmesinde kullanılan teknikler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Kaynak: Ulvi, Varol & Yiğit, 2019

Şekil 1. Kültürel Miras Belgeleme Teknikleri

Şekil 1’de görüldüğü üzere kültürel mirasın belgelenmesi işlemlerinde kullanılan teknikler güncel teknikler ve geleneksel teknikler olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Lazer tarama teknolojisi alanındaki çalışmalar, 40 yılı aşkın bir geçmişe sahiptir (Gümüş & Erkaya, 2007). Özellikle 80’li yıllardan önce yürütülen çalışmalar, yazılı belgeleme, bilgi fişi, çizimsel belgeleme, görsel belgeleme, grafik belgeleme gibi uzmanların araştırmalarına ve bireysel el becerilerine dayalı tekniklerden oluşmaktadır. Ancak bu dönemden sonra teknolojik gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan yeni dijital ekipmanlar ve bunlara entegre olarak çalışan bilgisayar programları, kültürel mirasa ilişkin yürütülen belgeleme çalışmalarında daha hassas, hızlı ve detaylı verilerin elde edilmesine olanak sağlamıştır (Safkan, Hamarat, Duran, Aydar & Çelik, 2014). Bu teknikler içerisinde en yaygın olarak kullanılanları, yersel ve havadan dijital veri sağlayan fotogrametri ve lazer tarama tekniklerinden oluşmaktadır (Lerones, Fernandez, Gil, Gomez-Garcia-Bermejo, & Casanova, 2010).

Artırılmış Gerçeklik Kapsamında Yersel Fotogrametri

AG, metin, görüntü, ses veya 3B modeller gibi sanal içerikleri gerçek dünya görüntüleri üzerine yerleştirerek, insanların her gün gördüklerinden daha fazlasını sunmaktadır (Ünal, Bostancı & Sertalp, 2020, s. 1). AG teknolojisini, haritalar, binalar ve diğer 3B nesnelerin uzaydaki konumlarını ve zamansal ilişkilerini sunmak için de kullanmak mümkündür. Böylelikle AG, konuyla ilgili olanlar tarafından zaman ve uzay ilişkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır (Novotný vd., 2019, s. 232). Özellikle harita mühendisliği alanında kullanılan yersel fotogrametri tekniği, AG kullanıcılarına tarihi binalardaki ve coğrafi alanlardaki değişimleri 3B sanal olarak gözlemlene imkânı sunmaktadır.

Fotogrametri, herhangi bir objenin farklı açılardan çekilmiş en az iki resminden faydalanarak o objenin uzaydaki yerini, konumunu ve koordinatlarını hassas bir şekilde elde etmeye yarayan bir bilim dalıdır (Ulvi, 2015, s. 12). Fotogrametri, resim çekilen yerin konumuna göre yersel fotogrametri ve hava fotogrametrisi olarak ikiye ayrılmaktadır. Yersel fotogrametri tekniği, yıllardır arkeolojik ölçmeler ve tarihi eserlerin dokümantasyonu için kullanılagelen bir yöntemdir (Yakar, Yıldız & Yılmaz, 2005). Yersel fotogrametri tekniği, kültürel mirasın dijital belgelenmesi çalışmalarında yapının yüzeyinde yüksek doğrulukta ve çok yoğun 3 boyutlu noktalar sağlayan bir

teknik olarak, son yıllarda popüler hale gelen bir teknolojidir (Yastıklı, 2007). Tıbbi görüntülemeye, endüstriyel tasarıma, çarpma testlerinden, risk haritası üretimine, olay yeri tespitlerinden kültürel mirasın korunmasına kadar birçok farklı alanda, yersel fotogrametri ve yersel lazer teknolojisi kullanılmaktadır (Öksüz, 2012, s. 1).

Yersel fotogrametrinin avantajları arasında, çalışma ve ölçüm süresinin kısa olması ve kullanılan donanımın maliyetinin düşük olması ön plana çıkmaktadır. Örneğin; resim çekiminde kullanılan dijital kameraların satın alma maliyeti çok düşük ve ulaşılabilirliği çok yaygındır. Fotogrametri, klasik yöntemlerle çok zaman alan ve istenilen konumsal doğruluğa ulaşmada zorluk yaşanan çalışmaların gerçekleştirilmesinde, kullanılabilecek en iyi teknoloji olarak kabul görmektedir (Avşar, 2006).

Literatür Taraması

Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları

Bozzelli vd., (2019), kültürel miras alanlarına yönelik yapmış oldukları araştırmalarında, kullanıcılar için 3B sanal etkileşimli kültürel miras deneyimi sağlamak için AG teknolojisini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda ziyaretçiler, 3B oluşturulan sanal ortama kendilerini yoğun bir şekilde kaptırmalarına dikkat çekerek, farklı 3B grafikler ve içerik zenginleştirmeleri ile bu teknolojinin kültür ürünleri için yeni bir pazar olanağı sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Kyriakou ve Hermon (2018) bir müze ziyaretçileri üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında, kültürel miras nesneleriyle doğal etkileşim sağlayan bir AG sistemini test etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, daha düşük maliyetli bir AG teknolojisi ile kullanıcılara kültürel miras alanlarında yeni bir tür deneyim sağlama imkânı tanınmıştır. Ziyaretçiler, bir akıllı telefon ve gerekli yazılım uygulaması sayesinde, müze koleksiyonunda yer alan belirli 3B modeller ile etkileşim sağlayabilmişlerdir.

Bostancı vd., (2015) çalışmalarında, kültürel miras uygulamalarına vurgu yaparak, artırılmış gerçeklik sağlayabilmek için Kinect sensöründen alınan verilerin kullanımını araştırmışlardır. Araştırmanın sonuçları, Kinect sensöründen elde edilen verilerin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile birlikte kullanımının, kültürel miras uygulamalarında görüntünün geliştirilmesine olanak sağladığını ortaya koymuştur.

Novotnýa vd., (2013) çalışmalarında, kültürel mirasın 3B eğitim ve sunumunda artırılmış gerçeklik sistemini uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, dijitalleştirilmiş nesnelerin sunum kalitesinin geleneksel yaklaşımdan (klavye ve fare girdisi ile tek ekran sunumu) çok daha net olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca AG teknolojisinin, kültürel mirasa ilişkin 3B hale getirilmiş nesnelerin gelecekteki sunumu açısından son derece kullanılabilir olduğunu tespit etmişlerdir.

Yersel Fotogrametri Çalışmaları

Uslu, Toprak ve Uysal (2016), Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan Amazonlar Lahidi ve mezar stelinin 3B modellenmesini, yersel fotogrametri tekniği ile gerçekleştirmişlerdir. Uygulamaya konu olan antik eserlerin yersel fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi için, eserler üzerinde hassas ölçüm cihazı ile ölçümler yapılmış ve antik eserlerin fotoğrafları çekilmiştir. Elde edilen bu veriler, PhotoModeler yazılımında değerlendirilerek arkeolojik eserlere ait 3B modeller üretilmiştir. Çalışma sonucunda, kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması amacıyla yapılan belgeleme çalışmalarında, yersel fotogrametrik tekniklerin kullanımının, bu alanda yapılan işlere

doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği bakımından büyük avantajlar sağladığı ve fotogrametrinin farklı disiplinlere ait çalışmalarda çözümler sunabileceği ortaya konulmuştur.

Ulvi vd., (2020) yaptıkları bir çalışmada, Aksaray ilinde bulunan Kızıl Kilisenin belgeleme çalışmalarını yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında, kilisenin hem detaylı rölevesini hem de yüksek kalitede 3B modelini yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi ile elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda, Kızıl Kilise'nin dış cephesinin ölçekli çizimleri, 3B modeli ve nokta bulutları elde edilmiştir. Teknolojik gelişmeler ile beraber kendini sürekli yenilemekte olan fotogrametri tekniğinin, donanım ve yazılımlar yardımıyla kullanıcıya kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında zaman ve maliyet olarak çok büyük kolaylıklar ve imkânlar sağladığından bahsetmişlerdir.

Ramos ve Prieto (2015) çalışmalarında, düşük maliyetli fotogrametri tekniğini kullanarak San Francisco Kilisesi'nin sanallaştırma çalışmasını yapmışlardır. Çalışma kapsamında, Gotik kiliselerin iç mekanlarda sanallaştırılmasının yarattığı sorunu çözmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında iki farklı fotogrametrik tekniği kullanarak bu tekniklerin detaylı araştırmalarını ortaya koymuşlardır. Bu amaçla, düşük maliyetli fotogrametrik tekniklerin daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Agosto, Ardisson, Paolo, Bornaz ve Dago (2020) çalışmalarında, günümüzde mevcut olan 3B sayısallaştırma yöntemlerini gözden geçirerek doğru ölçüm konusundaki güvenilirliklerini tartışmıştır. Belgeleme, restorasyon ve değerlendirme gibi çalışmalarda doğru ve hassas ölçmenin önemine vurgu yaparak, yersel fotogrametri tekniğinin sağlamış olduğu düşük maliyet ve doğruluğun kültürel mirasın yönetilmesinde kilit bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. 3B modellerin, gerçek 3B bilgi sistemleri için ideal bir temel oluşturduğunu ve sürükleyici AG ortamlarının yolunu açmada ekstra fırsatlar sunduğunu belirtmişlerdir.

Yöntem

Bu çalışmada, AG kapsamında kültürel mirasın 3B modelini oluşturabilmek için harita mühendisliği alanında kullanılan yersel fotogrametri tekniği kullanılmıştır. Yersel fotogrametri tekniği ile yapılacak 3B çalışmalar, arazi ve ofis çalışmaları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Arazi çalışmalarında, belgelenmesi yapılacak esere ait fotoğraf çekimleri yapılmaktadır. Ofis çalışmasında ise, dijital el kamerası ile çekilmiş 2B fotoğraflardan 3B model elde etme uygulaması yapılmaktadır.

Çalışma Alanı

Çalışmanın yapıldığı yer olan Chashma-Ayub Türbesi, Özbekistan'ın Buhara şehrinde bulunmaktadır. Şekil 2' de, çalışma alanının konumu verilmiştir. Türbe, küçük antik bir mezarlığın ortasında yer almaktadır. Yapı günümüze kadar bazı kayıplara rağmen ulaşabilmiştir. Ayakta duran çok kubbeli yapı, doğu-batı ekseninde düzenlenmiş dikdörtgen şeklindedir. Türbenin temel kısmı, ana kapı üzerinde yoğunlaşan iyi düşünülmüş ve detaylı bir şekilde işlenmiş bir dekorasyona sahiptir (Golombek & Wilber, 1988).



Kaynak: Google Earth, 2020, <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/>

Şekil 2. Chashma-Ayub Türbesi'nin Dünyadaki Konumu

Yaşadığı yıkımlara rağmen yapının ana kapısının inşaat düzeni iki tonoz şeklinde yapılmış ve yarı tonozla örtüşen, niş oluşturan geleneksel bir desenedir. Niş portalın kuzey kısmı, üçgen duvarlı bir antre ile sınırlanmıştır. Batı ucundaki ana kapı 5.9 m ölçülerinde, kısmen tahrip olmuş, derin bir tuğla duvar ile bitişiktir. Bu duvar geniş bir tabana sahip olup, geometrik olarak yamuk şeklindedir. Merkezi oda, türbenin zirve yaptığı kubbe ile aynı hizada olup örtüşmektedir. Dekorasyonun genel kompozisyonundaki en etkili yer, Arapça yazıtlarla dolu kitabenin yer aldığı, botanik süslemeli arka plandır. Kitabede yer alan bilgilere göre, türbenin M.S. 1208-1209 yıllarında yapıldığı anlaşılmaktadır (Unesco, 2020).

Arazi Çalışmasında Kullanılan Kamera ve Fotoğraf Çekim Tekniği

Fotogrametrik çekimler için Pentax Optio Rz18 kamerası kullanılmıştır. Kameranın genel görünümü ve teknik özellikleri Şekil 3'de gösterilmiştir.



Model:	Optio RZ18
Megapixels:	16
Sensor:	1/2.33" (~ 6.08 x 4.56 mm)
Pixel Kenar Uzunluğu	1.32 µm
Pixel Alanı	1.74 µm ²

Kaynak: Digicamdb, 2020

Şekil 3. Pentax Optio Rz18 Genel Görünümü ve Özellikleri

Kültürel miras alanlarında yer alan herhangi bir objenin 3B modeli yapılmak isteniyorsa, fotogrametrik çekim tekniklerine dikkat edilmelidir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kamera hangi odak uzaklığı ile kalibrasyonu yapılmış ise, o kalibrasyon değeri ile resim çekilmelidir. Yani, fotoğraf makinesinin objektifi ile büyütme veya küçültme yapılmamalıdır.

- Kamera ile sabit bir noktadan çekim yapılmamalıdır. Çekimler konumu değiştirilerek ve objenin tamamını kapsayacak şekilde yapılmalıdır.
- Resimler bindirmeli olarak çekilmelidir. Birinci resim ile ikinci resim, birbirine yaklaşık %70 bindirme oranına sahip olmalıdır (Şekil 4) (Korumaz vd, 2011; Ulvi vd., 2019).



Şekil 4. Fotogrametrik Resim Çekim Tekniği

Arazi çalışmasında, esere ait fotoğraflar çekildikten sonra çalışmanın ikinci kısmı olan ofis kısmına geçilir.

Ofis Çalışması ve 3B Model Üretimi

Yersel fotogrametri yönteminin uygulandığı birçok yazılım bulunmaktadır. Bunlar içerisinde Photomodeler yazılımı, 3B model üretmenin yanı sıra 3B vektörel çizim yapmaya elverişli olmasından dolayı çalışmada tercih edilmiştir.

Photomodeler yazılımında, Pentax Optio Rz18 makinesi ile yer bazlı çekilen 37 adet fotoğraf kullanılmıştır. Yazılıma ilk olarak, yapıya ait fotoğraf verileri tanıtılmıştır. Yazılıma tanıtılan örnek fotoğraflardan iki tanesi Şekil 5'te gösterilmiştir.



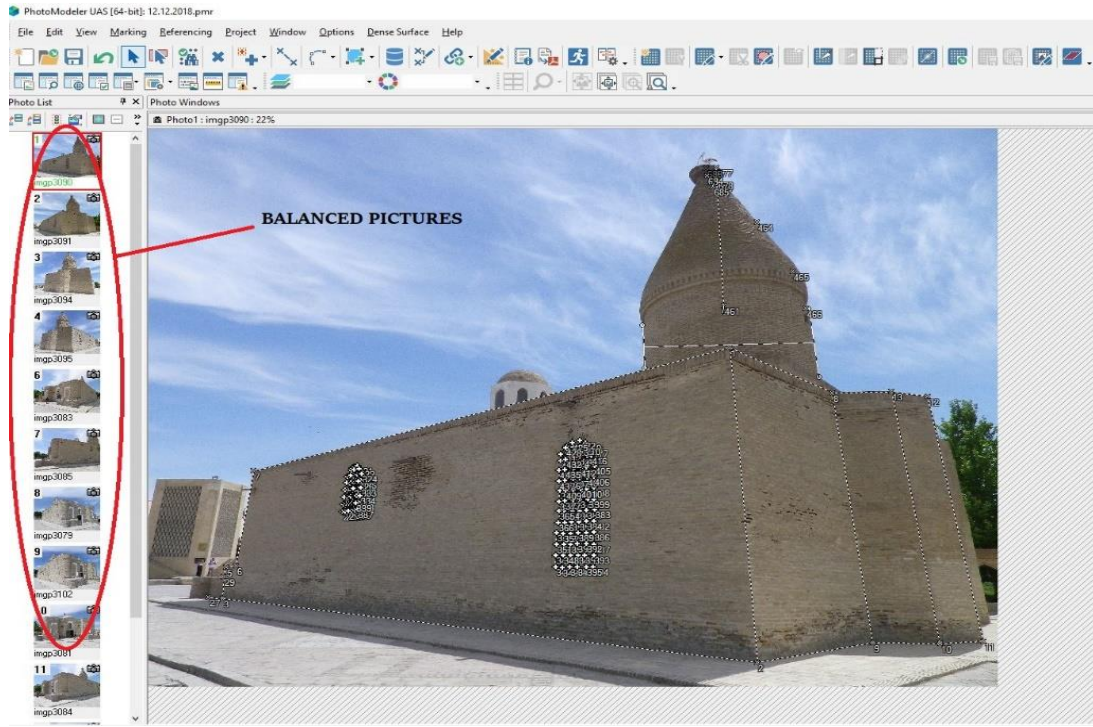
(a)



(b)

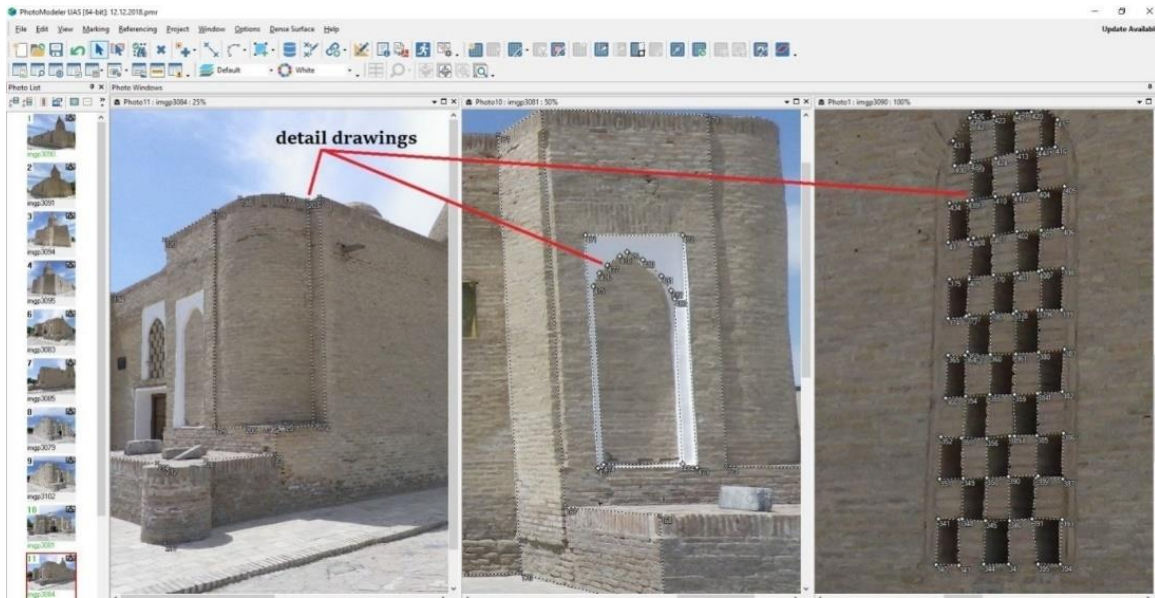
Şekil 5. Yapıya Ait Örnek Ön Cephe (a) ve Arka Cephe (b) Fotoğrafları

Yazılıma tanıtılan fotoğraflar üzerine, manuel olarak birleştirme noktaları işaretlenerek dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



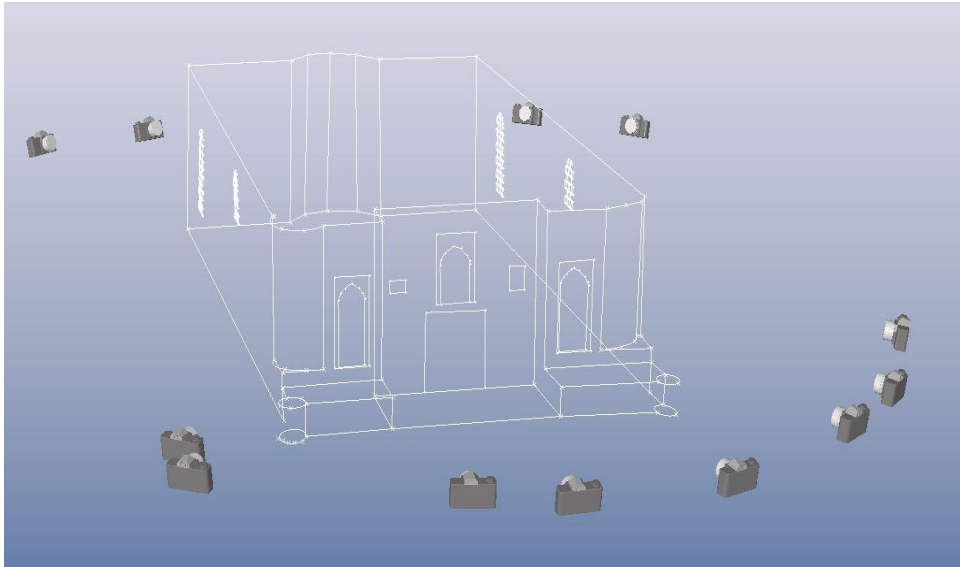
Şekil 6. Dengelenmesi Tamamlanmış ve Çizime Hazır Fotoğraflar

Fotoğraflar dengelendikten sonra her bir detayın tek tek çizilmesi suretiyle, yapıya ait temel iskeletin 3B çizimi elde edilmiştir (Şekil 7).



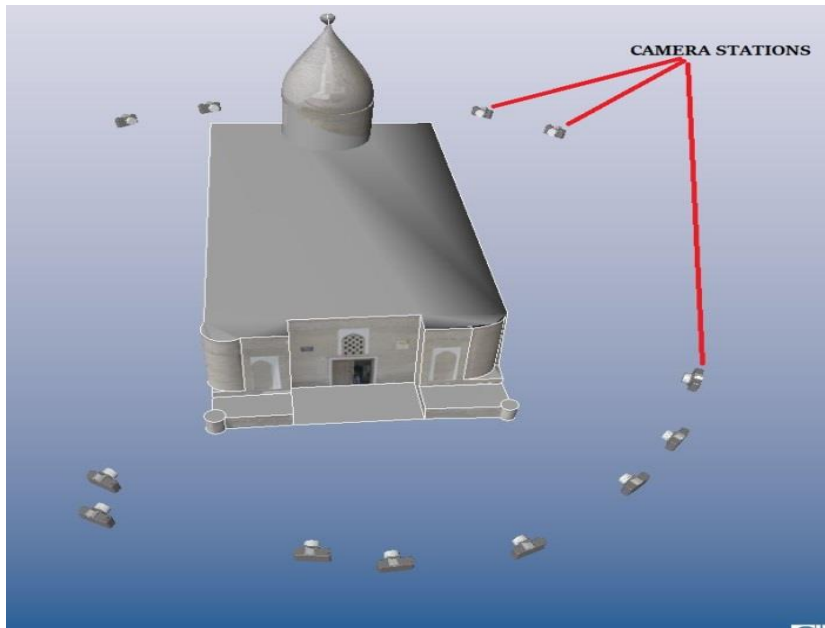
Şekil 7. Detayların Çizimi

Bu çizimler kullanılarak, yapıya ait katı model elde edilmiş ve Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Katı Model (Yapının İskeleti)

Son olarak, katı modele araziden çekilen fotoğraflar vasıtasıyla yüzey giydirilmiş ve yapının 3 boyutlu modeli elde edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. 3B Katı Model ve Kamera Çekim Merkezleri

Modele ait, 429 adet manuel nokta, 377 çizgi (line), 44 eğri (curve), 166 yüzey (surface) ve 1024x1024 piksel kalitesinde doku bulunmaktadır. Chashma-Ayub Türbesi'ne ait yersel fotogrametri tekniği ile elde edilen 3B model, Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Chashma-Ayub Türbesi 3B Model

Ayrıca Şekil 11’de verilen karekod uygulaması ile araştırmacıların Chashma-Ayub Türbesi’nin 3B modelini izlemesi mümkün hale getirilmiştir.



Şekil 11. Chashma-Ayub Türbesi’ne Ait 3B Modelin Karekodu

Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda fotogrametri teknikleri, AG ve dijital arşivleme çalışmalarında oldukça önemli ve temel bir adım haline gelmiştir. Özellikle yersel fotogrametri tekniğinin, kültürel mirasa ilişkin AG ve dokümantasyon çalışmalarında kullanımının artmasıyla birlikte hızlı ve doğru verilere ulaşımın kolaylaşması, 3 boyutlu modelleme ve belgeleme çalışmalarına bir ivme kazandırmıştır. Çünkü kültürel mirasa ilişkin 3B modeller, AG uygulamalarında ayrıntılı ve gerçekçi görüntü vermede oldukça etkilidirler.

Chashma-Ayub Türbesi üzerinde yapılan bu çalışmanın sonuçları, fotogrametrik yöntemler ile 3B model üzerinden ölçü alınabildiğini ve elde edilen bu ölçülerin kültürel mirasa ilişkin AG, koruma veya restorasyon çalışmalarında oldukça yararlı olduğunu göstermiştir. Yersel fotogrametri tekniği ile kültürel mirasa ilişkin AG çalışmalarında, geleneksel metotlara göre daha yüksek geometrik doğrulukta verilerin elde edilebildiği, tüm

ayrıntılarının modellenebildiği ve ortaya çıkan 3B modelin fotoğraf gerçekçiliğine yakın ölçüde olabildiği ortaya konulmuştur. Ayrıca bu çalışmada, kültürel mirasa ilişkin 3B modele uygulanan doku kaplamasının dijital resimlerden elde edilmesi ve bu resimlerin yüksek kalitede olması durumunda, yapıya ait AG uygulamalarının daha etkili olabileceği sonucu ortaya konulmuştur.

Çalışma kapsamında karşılaşılan en önemli sorun, yapının tüm cephelerinin fotoğraflanamamasıdır. Dijital el kamerası ile yapının görünür cephe fotoğrafları eksiksiz ve tam olarak toplanabilmesine rağmen, özellikle yer merkezli çekim tekniği ile üst cephelere ait fotoğraf verilerinin elde edilmesinde zorluklar yaşanmıştır. Bu nedenle, kültürel mirasa ait 3B model elde edilirken, zeminden çekilmiş fotoğraflar ile çalışmanın birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Bu durum, üst cephelerin görülebildiği yerlerden fotoğraflar çekilerek aşılabilmektedir. Bu sorun, son yıllarda, hem hobi hem de birçok disiplin tarafından farklı amaçlar doğrultusunda kullanılan insansız hava araçları (İHA) kullanılarak giderilebilir.

Öte yandan, yersel fotogrametri tekniği ile yapılan 3B belgeleme çalışmalarının turizm sektörü açısından da birçok katkısı bulunmaktadır. Eğer elde edilen 3B model VRML (Virtual Reality Modeling Language) formatında arşivlenirse, turistlere kültürel miras alanlarında sanal gezintiler yapma imkânı da sunulabilecektir. Artırılmış gerçeklik uygulamaları kapsamında oluşturulan 3B modeller sayesinde, turistler özellikle deformasyona uğramış kültürel miras alanlarında yapının gerçek halini sanal ortamda deneyimleyerek, kendilerini tarihi olayların akışına kaptırabileceklerdir. Böylelikle artırılmış gerçeklik ile birlikte sağlanan ekstra hizmetler, özellikle ihmal edilmiş ve turizm açısından geri planda kalmış kültürel yapılara ziyaretlerin artmasına ve dolayısıyla bölgedeki turizm paydaşlarının kazanımlarının artmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca müzelerde sergilenen nadir eserlerin tarihteki yerlerinin ve kullanımlarının artırılmış gerçeklik yardımı ile 3B ortamda canlandırılması, turistlerin kültürel eserleri sadece çıplak gözle görmelerinin yanında, akılda daha kalıcı bilgilerle ve yüksek tatmin ile mekândan ayrılmasını sağlayacaktır. Böylece turizm sektöründe sanal müzeciliğin gelişimine de katkı sağlanabilecektir.

Çalışmanın sonuçları doğrultusunda; GPS tabanlı çalışan cihazlar yardımı ile turistlerin ilgisini çeken noktaların gerçek görüntüleri üzerine sanal veriler yerleştirilebileceği söylenebilir. Böylelikle, turistler bu yerler hakkında detaylı bilgilere ulaşabilirken aynı zamanda yakın çevredeki restoran, metro, sanat galerisi, otel vb. bilgilere de rahatlıkla ulaşabileceklerdir. Bunun yanı sıra, fotogrametri teknikleri ile turizm değeri taşıyan kültürel miras eserlerinin milimetrik hassasiyette ölçümleri yapılarak, bu yapılar üzerinde yürütülmesi gereken restorasyon çalışmaları daha detaylı ve verimli yürütülebilir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda yersel fotogrametri ile elde edilen 3B modelleme çalışmaları, artırılmış gerçeklik uygulamaları ile uyumlu hale getirilebilir. Multidisiplin bakış açısıyla yapılacak olan AG çalışmalarının turizm eğitimi, turizm pazarlaması, turist rehberliği, sanal müzecilik vb. alanlara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Turizm sektöründe özellikle nöro-pazarlama uygulamalarında AG uygulamalarından yararlanılabilir. Turistik pazarlama materyallerine marker tabanlı QR kodları entegre edilerek, turistlerin satın alma davranışları desteklenebilir.

KAYNAKÇA

Agosto, E., Ardisson, Paolo., Bornaz, L., & Dago, Fabio. (2020). 3D documentation of cultural heritage: Design and exploitation of 3d metric surveys. *Applying Innovative Technologies in Heritage Science*, 364, 1-15.

- Asri, İ., & Çorumluoğlu, Ö. (2007). Büyük objelerde tarihi dokümantasyon ve tanıtım amaçlı gpsit destekli digital fotogrametrik 3B modelleme. *TUFUAB IV. Teknik Sempozyumu*, 5-7 Haziran, İstanbul.
- Avşar, E. Ö. (2006). *Tarihi köprülerin digital fotogrametri tekniği yardımıyla modellenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Azuma, R.T., (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 6 (4), 355-385. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- Bostanci, E., Kanwal, N., & Clark, A.F. (2015). Augmented reality applications for cultural heritage using Kinect. *Human-centric Computing and Information Science*, 5(1), 1-18.
- Bozzelli, G., Raia, A., Ricciardi, S., De Nino, M., Barile, N., Perrella, M., Tramontano, M., Pagano, A., & Palombini, A. (2019). An integrated VR/AR framework for user-centric interactive experience of cultural heritage: The ArkaeVision project. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 15, 1-14.
- Chashma-Ayub Mausoleum (2020). Chashma-Ayub Mausoleum. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5304/> Erişim Tarihi: 03 Şubat 2020
- Damala, A., Marchal, I. & Houlhier, P. (2007). Merging augmented reality-based features in mobile multimedia museum guides. In: *Proceedings of CIPA Conference on Anticipating the Future of the Cultural Past*, 1-6 October, 259–264, Athens/Greece.
- Digicamdb (2020). *Digital camera database*. https://www.digicamdb.com/specs/pentax_optio-rz18/ Erişim Tarihi: 18.03.2020
- El-Hakim, S. F. (2001). A flexible approach to 3d reconstruction from single images ACM, *Proceedings of SIGGRAPH '01*, Technical Sketches, 12-17 August, California/USA.
- Google Earth (2020). Alındığı Uzantı: <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/> Erişim Tarihi: 15.08.2020
- Golombek, L., & Wilber, D. N. (1988). *The timurid architecture of Iran and Turan*, Princeton: Princeton University Press.
- Gümüş, K., & Erkaya, H. (2007). Mühendislik uygulamalarında kullanılan yersel lazer tarayıcı sistemler. *II. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2-6 Nisan, Ankara.
- Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel mirasın belgelenmesinde dijital yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Lerones, P. M., Fernandez, J. L., Gil, A. M., Gomez-Garcia-Bermejo, J., & Casanova, E. Z. (2010). A practical approach to making accurate 3D layouts of interesting cultural heritage sites through digital models, *Journal of Cultural Heritage*, 11(1), 1-9.
- Liarokapis, F. (2006). An augmented reality interface for visualizing and interacting with virtual content. *Virtual Reality*, 11(1), 23–43. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-006-0055-1>.
- Michael, D., Pelekanos, N., Chrysanthou, I., Zaharias, P., Hadjigavriel, L. L., & Chrysanthou, Y. (2010). Comparative study of interactive systems in a museum. in *Digital Heritage SE*, 19, 250–261, *Proceedings, Digital Heritage-Third International Conference, EuroMed 2010*, November 8-13, Lemessos/Cyprus.

- Novotný, M., Lackoa, J., & Samuelčík, M. (2013). Applications of multi-touch augmented reality system in education and presentation of virtual heritage. *2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, Procedia Computer Science*, 25, 231-235.
- Owen, R., Buhalis, D., & Pletinckx, D. (2006). Visitors evaluations of technology used at cultural heritage sites. *Information and Communication Technologies in Tourism*, 383-393. http://dx.doi.org/10.1007/3-211-32710-X_52.
- Öksüz, M. (2012). *Yersel lazer tarama teknolojisi ve kültürel mirasın korunması uygulamasında tarihi Gölyazı Kilisesi örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Patias, P. (2006). Cultural heritage documentation, *ISPRS Commission VI. Special Interest Group "Technology Transfer Caravan"*, 24-29 April, Greece.
- Planlama, (2005). *TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını*. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31208881/5bfc9e07964f8dd_ek.pdf Erişim Tarihi: 05 Ocak 2020
- Ramos, P.A., & Prieto, R.G. (2015). 3D virtualization by close range photogrammetry indoor gothic church apses. The case study of Church of San Francisco In Betanzos (La Coruña, Spain). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W4, 201-206.
- Remondino, F., & El-Hakim, S. F. (2006). Image-based 3d modelling: A review, *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269–291.
- Safkan, S., Hamarat, H., Duran, Z., Aydar, U., & Çelik, M. F. (2014). Yersel lazer tarama yönteminin mimari belgelemede kullanılması, *Bildiriler Kitabı, V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14-17 July, İstanbul.
- Turan M. (2004). Mimari fotogrametri alanındaki çağdaş gelişimlerin değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(1), 43-50.
- Ulvi A., Varol F., & Yiğit, A.Y. (2019). Tarihi camilerin 3b modellenmesi: Özbekistan Muiy Mubarek Camii (Hz. Osman Mushafi), *Proceedings, 3. Uluslararası Kültürel Miras ve Turizm Kongresi*, 17-19 September, Bişkek/Kırgızistan.
- Ulvi, A. (2015). *Metrik olmayan dijital kameraların hava fotogrametrisinde yakın resim çalışmalarında (yere yakın yüksekliklerde) kullanılabilirliği üzerine bir çalışma* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- 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.
- UNESCO (2005). *Venice Charter 1964*. http://www.international.icomos.org/charters/venice_e.htm. Accessed Erişim Tarihi: 05 Ocak 2020
- Uslu, A., Polat, N., Toprak, A. S., & Uysal, M. (2016). Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3b modellenmesi örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 165-176.

- Ünal, M., Bostancı, E., & Sertalp, E. (2020). Distant augmented reality: Bringing a new dimension to user experience using drones. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 17(e00140), 1-12.
- Varol, F. (2017). *Kültürel miras yönetiminde sürdürülebilirlik: Konya turizm paydaşlarına yönelik bir araştırma* (Doktora Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Yakar, M., Yıldız, F., & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi ve kültürel mirasların belgelenmesinde jeodezi fotogrametri mühendislerinin rolü, 10. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan, Ankara.
- Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkıkcı, K., Kaya, Y., & Catın, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti fotogrametrik röle çalışması ve 3 boyutlu modellenmesi, *Geomatik Dergisi*, 1(1), 14-18.
- Yastıklı, N. (2007). Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning, *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 423-427.

3D Documentation of Cultural Heritage with Augmented Reality Application: The Case of Uzbekistan Chashma-Ayub Mausoleum

Abdurahman Yasin YİĞİT

Mersin University, Faculty of Engineering, Mersin /Turkey

Ali Ulvi

Mersin University, Institute of Science, Mersin /Turkey

Fatih VAROL

Selçuk University, Faculty of Tourism, Konya /Turkey

Extensive Summary

Augmented reality is an effective technology for combining multiple contexts. This technology provides composite images blended with the linear position of the object in space with the help of digital camera images. For this reason, Augmented Reality (AR) is defined as a variation of virtual environments (VE) or more commonly referred to as "Virtual Reality" (Azuma, 1997). Experts dealing with this issue argue that the concepts of "Augmented Reality" and "Virtual Reality (VR)" are similar, but fundamentally different. In VR, users adapt themselves to a completely artificial environment. On the contrary, in AR, the user is allowed to see the real world together with virtual objects that are superimposed or combined with the real world (Azuma 1997, Kyriakou & Hermon, 2018, p. 2). Based on this, the concept of AR possible to define it as “the whole of 3D recorded images combining real and virtual, providing simultaneous interaction”. Recent technological advances in AR visualizations provide extremely important advantages for experiencing cultural heritage sites, archaeological sites and artifacts, historical parks and museums (Bozzelli, Raia, Ricciardi, De Nino, Barile, Perrella, Tramontano, Pagano & Palombini, 2019, p. 1-2; Novotný, Lacko & Samuelčík, 2013, p. 231; Owen, Buhalis & Pletinckx, 2006, p. 385).

One of the most important advantages of AR technology is that it creates the most realistic visuals in the minds of experts or non-experts who have difficulty in imagining what the relevant cultural heritage areas will look like at the beginning (Damala, Marchal & Houlier, 2007, p. 261). Thus, in recent years, AR has become one of the technologies used in the reconstruction of cultural heritage sites that have been partially preserved or completely destroyed. Today, cultural heritage sites have become more enjoyable with AR technology. Research on this topic in the fields of cultural heritage focuses on the presentation and description of natural interactive AR applications designed mainly for cultural heritage visitors, rather than classical experience. With the help of high-resolution images obtained in these studies, AR applications that can create virtual museum galleries related to cultural heritage artifacts are included (Liarokapis, 2006, p. 25-26).

New technologies such as computers and digital tools have opened new windows in documentation techniques and different perspectives on the preservation of cultural heritage. The techniques used in the certification of cultural heritage are categorized under two headings as current techniques and traditional techniques. Among the current techniques, the most widely used are photogrammetry and laser scanning techniques that provide digital data from the ground and air (Lerones, Fernandez, Gil, Gomez-Garcia-Bermejo, & Casanova, 2010).

AR offers more than what people see every day by placing virtual content such as text, images, sound or 3D models on real world images. It is possible to use AR technology to present the locations and temporal relationships of maps, buildings and other 3D objects in space. The close-range photogrammetry technique, which is especially used in the field of geomatics engineering, offers AR users the opportunity to observe the changes in historical buildings and geographical areas in 3D. Photogrammetry is a science that helps to precisely obtain the location and coordinates of any object in space by using at least two pictures taken from different angles. Photogrammetry is divided into two as close-range photogrammetry and aerial photogrammetry according to the location of the picture taken. In recent years, close-range photogrammetry techniques have become a very important and fundamental step in AR and digital archiving studies. Especially with the increase in the use of close-range photogrammetry techniques in AR and documentation studies related to cultural heritage, the ease of accessing fast and accurate data has accelerated the 3D modeling and documentation studies. Because 3D models related to cultural heritage are very effective in providing detailed and realistic images in AR applications.

The results of this study conducted on the Chashma-Ayub Tomb showed that measurements can be taken with photogrammetric methods on a 3D model and these measurements are very useful in studies related to cultural heritage. With the close-range photogrammetry technique, data with higher geometric accuracy can be obtained in AR studies on cultural heritage compared to traditional methods. In addition, it has been revealed that all details can be modeled and the resulting 3D model can be close to photorealism. In addition, this study revealed the necessity of obtaining the texture coating applied to the 3D model from digital photographs in order for AR applications to be more visually effective.

On the other hand, 3D documentation studies made with the close-range photogrammetry technique have many contributions to the tourism sector. If the created 3D model is archived in VRML (Virtual Reality Modeling Language) format, it will be possible for tourists to make virtual excursions in cultural heritage areas. Thanks to the 3D models created within the scope of augmented reality applications, tourists will be able to experience the real state of the building in a virtual environment, especially in deformed cultural heritage areas, and immerse themselves in the flow of historical events. In this way, the extra services provided with the augmented reality will allow an increase in visits to cultural structures that are especially neglected and in the background of tourism, and thus increase the gains of tourism stakeholders in the region. In addition, reviving the historical places of rare artifacts exhibited in museums and their use in 3D environment with the help of augmented reality will allow tourists to see cultural artifacts with the naked eye, as well as leave the place with more memorable information and high satisfaction. Thus, it will be possible to contribute to the development of virtual museology in the tourism sector.

In line with the results of the study; With the help of GPS-based devices, it can be said that virtual data can be placed on the real images of the points that attract tourists. In this way, tourists can access detailed information about these places, while at the same time, nearby restaurants, subways, art galleries, hotels, etc. They will also be able to access information easily. In addition, by measuring the cultural heritage artifacts with millimeter precision with photogrammetry techniques, restoration work on these structures can be made more detailed and efficient.

In future studies, 3D modeling studies obtained with close-range photogrammetry can be made compatible with augmented reality applications. AR studies to be conducted with a multidisciplinary perspective will include tourism education, tourism marketing, tourist guiding, virtual museology, etc. it is thought to contribute to the fields. In the

tourism sector, AR applications can be used especially in neuro-marketing applications. By integrating Marker-based QR codes into tourist marketing materials, the buying behavior of tourists can be supported.