

AKÜ FEMÜBİD 20 (2020) 065502 (1024-1031)

AKU J. Sci. Eng. 20 (2020) 065502 (1024-1031)

DOI: 10.35414/akufemubid.819267

Araştırma Makalesi / Research Article

# Kültürel Mirasın Etkileşimli Keşfi İçin Mobil Artırılmış Gerçeklik ve Web Tabanlı Görselleştirme Teknolojilerinin Kullanılması: Sfenks Heykeli Örneği

Ahmet USLU<sup>1\*</sup>, Murat UYSAL<sup>2</sup><sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya.<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.Sorumlu yazar e-posta: ahmet.uslu1@dpu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8745-423X>e-posta: muysal@aku.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5202-4387>

Geliş Tarihi: 01.11.2020

Kabul Tarihi: 17.12.2020

## Öz

Kültürel mirasın korunması, dijital dokümantasyonu ve sürdürülebilir bir anlayışla gelecek nesillere aktarılması uluslararası toplumların önceliklerinden biri haline gelmiştir. Fotogrametri tekniği kültürel mirasın dijital dokümantasyonunda başarıyla kullanılmıştır. Fotogrametri, dijitalleştirme, 3 boyutlu (3B) modelleme, görselleştirme ve simülasyon alanındaki son gelişmeler, dijital kültürel mirasın daha geniş yelpazede erişilebilirliği için yeni fırsatlar sunmaktadır. Fotogrametri, artırılmış gerçeklik (AG) ve web tabanlı görselleştirmenin kombinasyonu, kültürel mirasın etkileşimli sunumu için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, fotogrametrik modellere dayalı mobil AG ve web tabanlı görselleştirme uygulamaları için bir iş akışı geliştirilerek kültürel miras bağlamında sanal, interaktif ve sürükleyici bir deneyim oluşturulması amaçlanmıştır. Önerilen iş akışı, Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Sfenks Heykeline uygulanmıştır. Fotogrametrik yöntem ile elde edilen 3B model optimize edilerek, AG ve web tabanlı görselleştirme uygulamaları için hazırlanmıştır. Çalışmanın sonuçları, AG, web tabanlı görselleştirme ve fotogrametri sinerjisinin kültürel mirasın etkileşimli olarak sunumu için büyük bir imkân sağladığını doğrulamıştır. Çalışmada tanımlanan araştırma çizgileri daha kapsayıcı kültürel miras ortamları oluşturmak daha keyifli ve zenginleştirici turizm deneyimi sağlamak amacıyla yeni fırsatlar sunmaktadır.

### Anahtar kelimeler

Kültürel miras;  
Fotogrametri; 3B modelleme; Artırılmış gerçeklik; Web tabanlı görselleştirme

## Using Mobile Augmented Reality and Web-Based Visualization Technologies for Interactive Exploration of Cultural Heritage: The Case of Sphinx Sculpture

### Abstract

The conservation of cultural heritage, digital documentation and transferring it to future generations with a sustainable understanding has become one of the priorities of international societies. Photogrammetry technique has been successfully used in digital documentation of cultural heritage. Recent developments in photogrammetry, digitalization, 3 dimensional (3D) modeling, visualization and simulation offer new opportunities for wider accessibility of digital cultural heritage. The combination of photogrammetry, augmented reality (AR) and web-based visualization has great potential for interactive presentation of cultural heritage. In this study, it was aimed to create a virtual, interactive and immersive experience in the context of cultural heritage by developing a workflow for mobile AR and web-based visualization applications based on photogrammetric models. The proposed workflow has been applied to the Sphinx Sculpture exhibited in the Kütahya Archeology Museum. The 3D model created by photogrammetric method has been optimized and prepared for AR and web-based visualization applications. The results of the study confirmed that the synergy of AR, web-based visualization and photogrammetry provides a great opportunity for interactive presentation of cultural heritage. The research lines defined in the study offer new opportunities to create more inclusive cultural heritage environments to provide a more enjoyable and enriching tourism experience.

### Keywords

Cultural heritage;  
Photogrammetry; 3D modeling; Augmented reality; Web based visualization

## 1. Giriş

Kültürel miras tarih boyunca toplumların gelişimini yansıtır, insanlara atalarından paha biçilmez maddi ve manevi değerler sağlar (Kurin 2004). Kültürel miras her zaman insanlığın hayati bir parçası olmuştur (Kurin 2004). Büyük önemine rağmen kültür miras eserleri, genellikle terör olayları, çarpık kentleşme, afetler, kötü turizm yönetimi vb. gibi hem doğal hem de antropojenik tehditler altındadır (Hosagrahar *et al.* 2016). Bu nedenlerle, eserlerin, anıtların ve ören yerlerinin gerçekliğe dayalı dokümantasyonu, restorasyonu ve yeniden inşası dâhil olmak üzere kültürel mirasın korunması için önemli çabalar sarf edilmiştir (Remondino and El-Hakim 2006). Gerçekliğe dayalı dokümantasyon, fiziksel nesnelerin ölçüldüğü, haritalandığı, modellendiği ve arşivlendiği yaygın bir uygulamadır (Dhonju *et al.* 2018). Gerçekliğe dayalı miras dokümantasyonunda geometrik doğruluk açısından yüksek veri kalitesi sunan, düşük maliyet ve kullanım kolaylığı gibi avantajlar sağlayan popüler yaklaşımlardan biri fotogrametri tekniğidir (Remondino and El-Hakim 2006).

Fotogrametri, üst üste binen iki boyutlu (2B) görüntülerden doğru ve ayrıntılı bir 3B veri toplamayı sağlayan, iyi bilinen görüntü tabanlı bir modelleme yöntemidir (Remondino and El-Hakim 2006). Fotogrametri tekniği kültürel mirası sayısallaştırma alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Arkeolojik alanlardan (Alptekin vd. 2019, Toprak vd. 2019, Polat ve Tamsü Polat 2020), mimari eserlere (Ulvi ve Yiğit 2019, Yakar ve Bilgi 2019) ve arkeolojik eserlere (Uysal vd. 2015, Uslu 2016, Uslu ve Uysal 2017) kadar çok çeşitli farklı yapıların 3B yeniden inşasını mümkün kılmaktadır.

Son yıllarda, artırılmış gerçeklik (AG), web tabanlı görselleştirme ve fotogrametrinin sinerjisi, kültürel miras bilgilerini sunmak için giderek yaygınlaşan bir yöntem haline gelmiştir (Obradović *et al.* 2020). Artırılmış gerçeklik ve web tabanlı görselleştirme uygulamaları yalnızca basit görselleştirmeler sağlamakla kalmaz, aynı zamanda gerçek dünyadaki nesnelerin, sahnelerin sürükleyici ve etkileşimli bir deneyimini sağlamaktadır (Obradović *et al.* 2020).

Kültürel mirasın dijitalleştirilmesine ve sanal keşiflerine kapsamlı bir şekilde odaklanılarak fotogrametri, AG (Marques *et al.* 2017, Panou *et al.* 2018, Carrión-Ruiz *et al.* 2019) ve web tabanlı görselleştirmenin (Uslu 2016, Dhonju *et al.* 2018, Boutsis *et al.* 2019) karşılıklı uygulaması üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalardan bazıları, dijital olarak yeniden inşa edilen erişilemeyen tarihi yerler ve yok olmuş eski eserler ile ilgilenerek sanal erişim ve kültürel değerlerin daha iyi anlaşılmasını amaçlamaktadır (Paladini *et al.* 2019). Diğer çalışmalar, kültürel miras dokümantasyonu ve yayımı için anahtar bir araç olarak, sanal müzeler oluşturmak için dijital fotogrametri yoluyla elde edilen mimari nesnelerin ve tarihi eserlerin 3B modellerini kullanmışlardır (Obradović *et al.* 2020).

Bu çalışmada, kültürel mirasın etkileşimli gösterimi için fotogrametri tekniği ile yenilikçi mobil AG ve web tabanlı görselleştirme teknolojileri arasında bir kombinasyon oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı, kültürel mirasın yaygınlaştırılması için interaktif ve sürükleyici deneyimlerle sanal ortamların oluşturulmasını sağlamaktır. Bu kapsamda Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Sfenks Heykelinin, fotogrametri tekniği ile elde edilen 3B modeli optimize edilerek, heykelin ayrıntılı keşfi ve dijital erişim için mobil AG ve web tabanlı görselleştirme teknolojileri ile birleşimi sağlanmıştır.

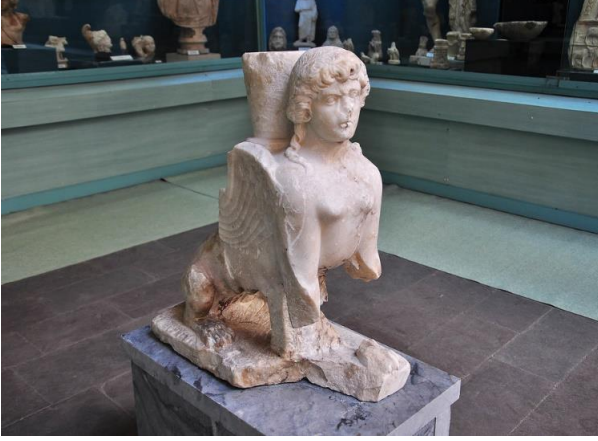
Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün (Bölüm 1) ardından, Bölüm 2'de çalışma alanının özellikleri, genel metodolojik iş akışı ve veri setleri sunulmaktadır. Bölüm 3'te fotogrametrik değerlendirme, 3B modelleme, mobil AG ve Web tabanlı görselleştirme uygulamaları yer almaktadır. Son olarak Bölüm 4'te ise çalışmada elde edilen sonuçlar ve gelecekteki öneriler belirtilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Çalışma Alanı ve Çalışma Materyalleri

Çalışmada Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen pençeleri, tırnakları aslandan, kuyruğu yilandan ve kartal kanatlarından oluşan bir kadına benzeyen Sfenks Heykeli model olarak seçilmiştir (Şekil 1). Sfenks Yunan mitolojisinde yıkım ve kötü şans temsil eden, benzersiz bir yaratık olarak tasvir

edilmiştir. Efsaneye göre Yunan şehri Thebes kapılarını korur, şehre girmek isteyenlere bir bilmece sorar ve doğru cevap veremeyenleri boğarak öldürdü. Yunan Sfenksinin bilmeceğine doğru yanıt veren tek kişi keskin zekâsı ve bilgeliği ile tanınan Oidipus olmuştur. Bu yenilgi karşısında sfenks kendini yüksek bir kayalıktan atmış ve ölmüştür (Martens 2002).

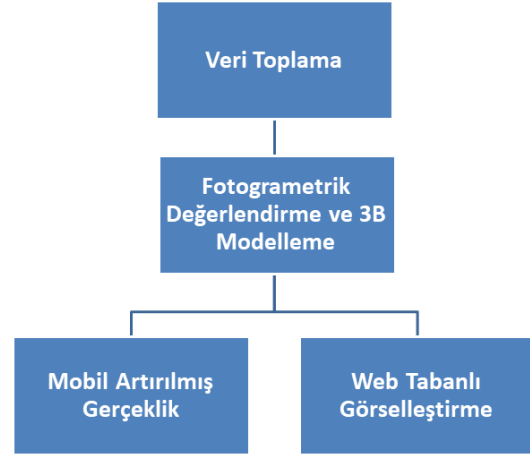


Şekil 1. Sfenks Heykeli.

Çalışmada materyal olarak arkeolojik eserin fotoğraflarının çekiminde 16.2 MP çözünürlüğe sahip Samsung ST150 dijital fotoğraf makinesi, arkeolojik eser üzerinde belirlenen kontrol noktalarına ilişkin koordinat değerlerinin ölçümü için Spectra Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı, fotogrametrik değerlendirme işlemleri ve 3B model oluşturma işlemleri için Agisoft PhotoScan yazılımı, web tabanlı görselleştirme işlemleri için JavaScript 3B kütüphanesi ve mobil AG uygulaması için Augment (bulut tabanlı yazılım) kullanılmıştır.

## 2.2 Yöntem

Çalışmanın yöntemi için konuyla ilgili olarak geniş bir literatür taraması sonucu elde edilen kaynaklardan ve belgelerden yararlanılmıştır. Çalışmanın yöntemi Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalışmanın Yöntemi.

## 3. Uygulama

### 3.1 Veri Toplama

Veri toplama aşamasında ilk olarak koordinatlandırma ve konum doğruluğunun analizi için Sfenks Heykeli üzerinde 24 adet kontrol noktası işaretlenmiştir. Kontrol noktaları belirlenirken noktaların tüm fotoğraflarda görünür ve seçilebilir olmasına özen gösterilmiştir. Bu noktalarından 15 tanesi 3B modelin koordinatlandırılması işleminde, 9 tanesi de konum doğruluğunun irdelenmesi işleminde kullanılmak üzere belirlenmiştir. Müze içerisinde Sfenks Heykelini tüm yönleriyle kapsayan poligon noktaları tesis edilerek, lokal koordinat sisteminde kapalı poligon güzergâhı oluşturulmuştur. Kontrol noktalarının ölçümü Spectra Focus 6 reflektörsüz totalstation cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Detay ölçmelerinden sonra 16.2 MP çözünürlüğe sahip Samsung ST150 dijital fotoğraf makinesi ile konvergent çekim esaslarına göre Sfenks Heykelinin 32 adet fotoğrafı çekilmiştir. Fotoğraf çekimi yapılırken yüksek çözünürlük ve doğrulukta 3B model üretimi için uygun sayıda ve açıda, kontrol noktalarının görünür ve seçilebilir olmasına dikkat edilmiştir.

### 3.2. Fotogrametrik Değerlendirme ve 3B Modelleme

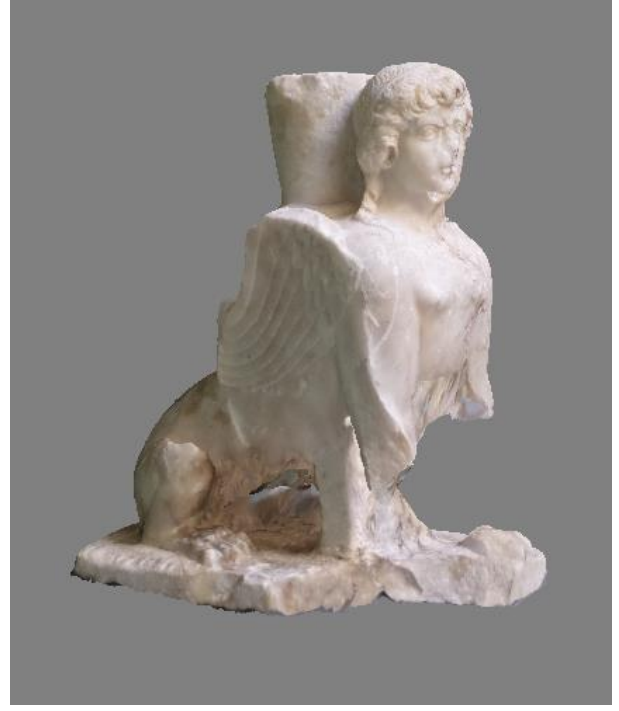
Fotogrametrik değerlendirme işlemleri ve 3B model oluşturma işlemleri için Agisoft PhotoScan yazılımı kullanılmıştır. Agisoft PhotoScan yazılımı örtüşen fotoğraflarda referans noktalarını otomatik tespit ederek 2B görüntülerden 3B modeller üretmek için Hareket ile Nesne Oluşturma teknolojisini

kullanmaktadır. Hareket ile Nesne Oluşturma tekniği, klasik fotogrametri tekniği ile aynı ilkelere dayanır, ancak kamerayı kalibre etme ve yönlendirme ihtiyacını ortadan kaldırarak, kamera pozisyon ve oryantasyon bilgisini aynı anda ve otomatik olarak hesaplamaktadır (Snaveley *et al.* 2008).

Fotogrametrik Değerlendirme ve 3B Modelleme işlemleri için girdi olarak 32 adet fotoğraf kullanılmıştır. Daha sonra 32 fotoğrafın tümü, 17,255 adet bağlantı noktası kullanılarak Agisoft PhotoScan ile başarılı bir şekilde otomatik olarak hizalanmıştır. Veri toplama aşamasında koordinat değerleri ölçülen 15 adet detay noktası nokta atmak suretiyle işaretlenmiştir. Bir sonraki adımda, detay noktaları ile birlikte arkeolojik eserin sırasıyla 3B yoğun nokta bulutu (376,179 adet) (Şekil 3), 3B yüzeyler (190,003 yüzey) ve 3B dokulu modeli oluşturulmuştur (Şekil 4).



**Şekil 3.** Sfenks Heykelinin 3B yoğun nokta bulutu.



**Şekil 4.** Sfenks Heykelinin 3B modeli.

Son olarak, dijital model mobil AG ve web tabanlı görselleştirme uygulamalarında kullanılmak üzere üzere “.obj” uzantılı model dosyası olarak dışa aktarılmıştır.

### **3.3 Doğruluk Analizi**

3B modelin hatasını görmek ve başarısını ortaya koymak için doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için totalstation cihazı ile elde edilen arazi koordinatları ve görüntü üzerinden alınan test verileri değerlendirilmiştir. Arkeolojik eser üzerinde işaretli, koordinatlandırma işlemiyle kullanılmayan ve homojen dağılımlı 9 adet kontrol noktası seçilmiştir. Araziden elde edilen koordinatlar kesin koordinat olarak kabul edilmiştir. Aynı kontrol noktalarının resim koordinat değerlerinden farkları alınarak, 9 adet noktanın x, y, z yönündeki karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. 3B modelin doğruluğunun irdelenmesi üzerine yapılan araştırmaya ilişkin değerler Çizelge 1’de gösterilmektedir.

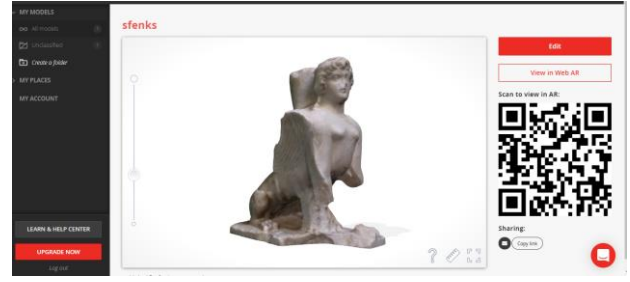
**Çizelge 1.** 3B modelin doğruluk analizi sonuçları.

Vi Farklar (cm)			
NN	Vx	Vy	Vz
2	-0.9	-0.7	-1.0
5	-1.2	1.3	0.9
8	-0.9	1.2	-1.5
11	-1.3	-0.8	0.6
13	-0.7	-1.1	0.8
16	1.4	-1.7	-1.3
18	0.8	-1.3	0.6
20	1.0	-0.5	1.1
23	1.2	-1.9	-1.1
Vmin	0.8	0.5	0.6
Vmax	1.4	1.9	1.5
Vort	1.0	1.2	1.0
m	1.1	1.2	1.0
mxyz		1.9	

Bu veriler neticesinde 3B modelin konum hassasiyeti  $\pm 1.9$  cm olarak bulunmuştur.

### 3.4 Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulaması

Artırılmış Gerçeklik, çevrede algılanan fiziksel unsurların, bilgisayar ortamında oluşturulan grafik, video, ses, animasyon, 3B model, konum vb. gibi veriler ile birleştirilmesi sonucunda oluşturulan, gerçek zamanlı, zenginleştirilmiş ve etkileşimli bir deneyim türüdür (Azuma 1997). Son yıllarda mobil teknolojilerdeki gelişmelerle birlikte AG uygulamalarının mobil cihazlar üzerinden oluşturulabilmesi, 'mobil artırılmış gerçeklik' kavramını ortaya çıkarmıştır (Van Krevelen and Poelman 2010). Mobil cihazlarda yer alan AG teknolojisi uygulamaları eğitim, sağlık, mühendislik, sanayii, pazarlama ve oyun sektörü gibi çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Van Krevelen and Poelman 2010). Çalışmada mobil AG uygulaması için Augment (bulut tabanlı yazılım) kullanılmıştır. Augment, kullanıcıların ürünlerini gerçek ortamda ve gerçek zamanlı olarak tabletler veya akıllı telefonlar aracılığıyla 3B olarak iPhone, iPad ve Android'de görselleştirme imkânı sağlayan AG platformudur. Yazılım Perakende, E-Ticaret, mimari ve diğer amaçlarla kullanılmaktadır (Int Kyn. 1). Fotogrametrik değerlendirme ve 3B modelleme aşamasında oluşturulan Sfenks Heykelinin ".obj" uzantılı model dosyası, kaplama ve materyal dosyası ile birlikte Augment uygulamasına aktarılmıştır (Şekil 5).



**Şekil 5.** Sfenks Heykelinin Augment uygulamasında görselleştirilmesi.

Modele ilişkin dosyalar sisteme aktarıldıktan sonra Augment uygulaması, Sfenks Heykelinin metinsel bilgilerine ve 3B modeline erişim sağlayan bir QR kod oluşturmuştur. Mobil cihaz üzerinde bulunan AG uygulaması sayesinde QR kodun taratılması ile Sfenks Heykelinin 3B modeli mobil AG uygulamasında görüntülenmiştir (Şekil 6,7).



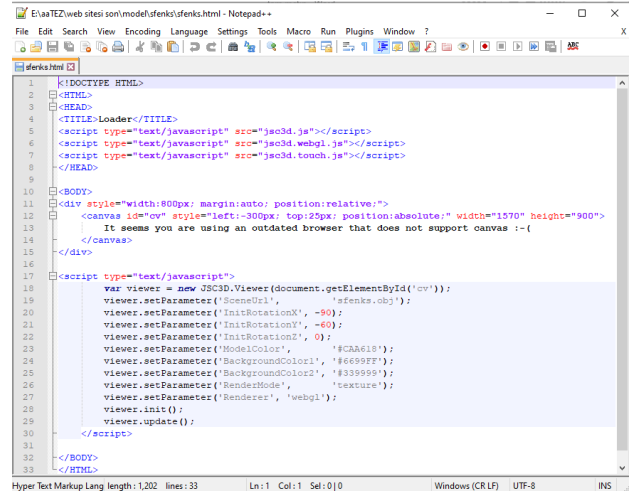
**Şekil 6.** QR kodun taratılması ile Sfenks Heykelinin 3B modelinin mobil AG tabanlı görselleştirilmesi.



Şekil 7. Sfenks Heykelinin mobil AG tabanlı görselleştirilmesi.

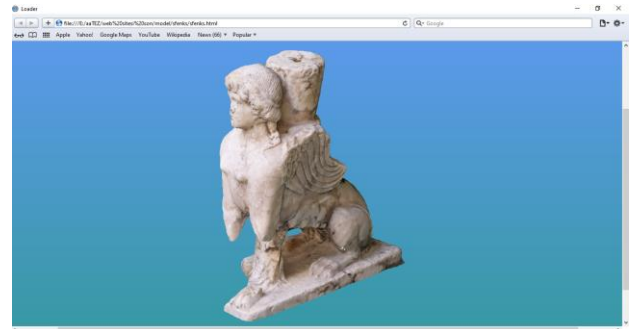
### 3.5 Web Tabanlı Görselleştirme Uygulaması

Web3D teknolojilerindeki son gelişmeler, kültürel mirasın dijital olarak korunmasına ve yaygınlaştırılmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Bu aşamada Hiper Metin İşaretleme Dilinin (HTML5) alt kümesi Web Grafik Kütüphanesini (WebGL) kullanan ve birçok web tarayıcısında eklentisiz 3B görselleştirme imkânı sağlayan Three.js kütüphanesine dayalı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Agisoft PhotoScan yazılımından dışarı aktarılan, Sfenks Heykelinin 3B modeline ait ".obj" ve ".mtl" dosyalarının web sayfası üzerinden gösterimi için gerekli kodlar Javascript 3B kütüphanesinden (Int Kyn. 2) alınmıştır. HTML kod yazma programı olarak Notepad++ kullanılmıştır. Şekil 9'deki Three.js, WebGL kodları ile 3B modelin dosyadan çağırılarak arka plan renk tonu tanımlamaları yapılmış bir ekran üzerinde konumlandırılması, 3B modelin gerçek doku dosyaları ile kaplanarak etkileşimli biçimde gösterimi ve mouse vasıtasıyla modelin yakınlaştırılması, uzaklaştırılması, sağ - sol, yukarı - aşağı yön kontrolü ile döndürülmesi sağlanmıştır.



Şekil 8. Web tarayıcısında 3B model görüntüleyici Three.js, WebGL kodları.

Oluşturulan HTML dosyasının çalıştırılmasıyla Sfenks Heykelinin 3B modeli web sayfasında görselleştirilmiştir (Şekil 9). 3B görüntüleyiciye Web tarayıcıları (Internet Explorer, Firefox, Safari ve Chrome) ile uyumlu WebGL açık kaynak kütüphanesi aracılığıyla erişilebilmektedir.



Şekil 9. Sfenks Heykelinin 3B modelinin web sayfasında görselleştirilmesi.

3B görüntüleyici, özel bir sunucuya ihtiyaç duymadan herhangi bir web sitesine yerleştirilebilmekte, HTML öğeleri ve gerçek zamanlı JavaScript güncellemeleriyle birlikte verimli bir şekilde çalışmaktadır.

### 4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Dijital devrimin etkisi, insanların kültürel mirasla etkileşime girmesini sağlamak için çok sayıda fırsat sunmaktadır. Özellikle fotogrametri, 3B modelleme, web tabanlı görselleştirme ve AG teknolojileri, kültürel mirasla ilgili kullanıcı deneyimini geliştirme potansiyeli bakımında önemli avantajlara sahiptir.

Bu çalışmada, Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen Sfenks Heykelinin etkileşimli keşfi için fotogrametri tekniği ile yenilikçi AG ve web tabanlı görselleştirme teknolojilerini birleştiren bir metodoloji sunulmuştur.

Boyutu 55.48 cm (G) x 66.12 cm (Y) x 25.38 cm (D) olan Sfenks Heykelinin 3B modeli yersel fotogrametri tekniği ile düşük maliyet, yüksek çözünürlük ve  $\pm 1.94$  cm konum doğruluğunda oluşturulmuştur. Kontrol noktalarına ait y, x ve z eksenlerindeki koordinat farklarının, ortalama konum doğruluğu değerinin altında kaldığı görülmüştür. Konum doğruluğu değerleri göz önünde bulundurulduğunda 3B modelin, koruma uzmanları tarafından yapılacak restorasyon çalışmalarında ve zamanla arkeolojik eser üzerinde oluşabilecek deformasyonların tespit edilmesinde referans veri olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

Çalışmanın metodoloji ve sonuçları göz önünde bulundurularak geleceğe dönük bazı öneriler aşağıda sunulmuştur:

- Gelişmiş 3B etkileşimli dijital teknolojiler, kültürel miras alanlarını ziyaret etmek isteyenlerin sayısını artırmak, ekonomik kalkınmaya ve yerel kimliğe katkı sağlamak için bir teşvik aracı olarak kullanılabilir.
- AG ve web tabanlı görselleştirme platformlarında oluşturulan gerçek sanal ortamlar ile ziyaretçilerin kültürel mirasa herhangi bir zarar vermeden tüm seyir deneyimi boyunca daha fazla ayrıntıyı gözlemlmelerine imkân sağlanabilir.
- Günümüzde COVID - 19'un neden olduğu küresel pandemi sürecinde kültürel miras alanları bir süreliğine ziyarete kapılarını kapatmıştır. Bu bağlamda AG ve web tabanlı görselleştirme teknolojilerine dayalı sanal turizm uygulamaları, kültürel mirasa erişimin sınırlarını değiştirerek, akıllı kültürel miras hizmetlerinin dinamik gelişimini sağlayacak çözümler sunabilir.
- AG ve web tabanlı görselleştirme teknolojileri aracılığıyla kültürel miras alanları sanal ortamlara dönüştürülerek,

ziyaretlerin savunmasız grupları, özellikle de hareket kabiliyeti kısıtlı olan bireyleri kapsayacak şekilde genişletilmesi mümkün hale getirilebilir. Bu bireyler, gerçekliğe dayalı sanal uygulamalar aracılığıyla kültürel miras alanlarını sanal olarak ziyaret edebilirler ve keşfedebilirler.

Çalışmada tanımlanan yaklaşım, kültürel miras alanında sürdürülebilir yerel kalkınmayı desteklemek, kültürel mirasın korunmasını ve sanal erişilebilirliğini sağlamak, kültür yayılımını arttırmak için insan - teknoloji etkileşimine önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda sonuç olarak; fotogrametri, AG ve web tabanlı görselleştirme sinerjisinin, kültürel mirasın etkileşimli sunumu için çok modlu erişilebilir uygulamaların geliştirilmesine önemli fırsatlar sağladığı görülmüştür.

#### **Teşekkür**

Bu tez çalışması 14.FENBİL.20 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Sfenks Heykeli üzerinde ölçme yapmamıza izin veren ve işlemler esnasında yardımlarını esirgemeyen Kütahya Arkeoloji Müzesi Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

#### **5. Kaynaklar**

- Alptekin, A., Fidan, Ş., Karabacak, A., Çelik, M. Ö. ve Yakar, M., 2019. Üçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, **1(1)**, 16-20.
- Azuma, R. T., 1997. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, **6(4)**, 355-385.
- Boutsis, A. M., Ioannidis, C. and Soile, S., 2019. An Integrated Approach to 3D Web Visualization of Cultural Heritage Heterogeneous Datasets. *Remote Sensing*, **11(21)**, 2508.
- Carrión-Ruiz, B., Blanco-Pons, S., Weigert, A., Fai, S. and Lerma, J. L., 2019. Merging photogrammetry and augmented reality: The Canadian Library of Parliament. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42(2/W11)**, 367-371.
- Dhonju, H. K., Xiao, W., Mills, J. P. and Sarhosis, V., 2018. Share Our Cultural Heritage (SOCH): worldwide 3D

- heritage reconstruction and visualization via web and mobile GIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **7(9)**, 360
- Hosagrahar, J., Soule, J., Girard, L. F. and Potts, A., 2016. Cultural heritage, the UN sustainable development goals, and the new urban agenda. *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, **16(1)**, 37-54.
- Kurin, R. (2004). Safeguarding Intangible Cultural Heritage in the 2003 UNESCO Convention: a critical appraisal. *Museum international*, **56(1-2)**, 66-77.
- Mertens, J. R., 2002. An Early Greek Bronze Sphinx Support. *Metropolitan Museum Journal*, **37**, 23-33.
- Marques, L., Tenedório, J. A., Burns, M., Romão, T., Birra, F., Marques, J. and Pires, A., 2017. Cultural Heritage 3D Modelling and visualisation within an Augmented Reality Environment, based on Geographic Information Technologies and mobile platforms. *Architecture, City and Environment*, **11(33)**, 117-136.
- Obradović, M., Vasiljević, I., Đurić, I., Kićanović, J., Stojaković, V. and Obradović, R., 2020. Virtual Reality Models Based on Photogrammetric Surveys—A Case Study of the Iconostasis of the Serbian Orthodox Cathedral Church of Saint Nicholas in Sremski Karlovci (Serbia). *Applied Sciences*, **10(8)**, 2743.
- Paladini, A., Dhanda, A., Reina Ortiz, M., Weigert, A., Nofal, E., Min, A. and Santana Quintero, M., 2019. Impact of virtual reality experience on accessibility of cultural heritage. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42**, 929-936.
- Panou, C., Ragia, L., Dimelli, D. and Mania, K., 2018. An architecture for mobile outdoors augmented reality for cultural heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **7(12)**, 463.
- Polat, Y, ve Tamsü Polat, R., 2020. Arkeolojik Alanların 3B Modelleme ve 360 Derece Panoramik Görüntü ile Anlatımı: Yazılıkaya/Midas Vadisi ve Midas Kale Örneği. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, **19 (3)** , 647-663.
- Remondino, F. and El-Hakim, S., 2006. Image-based 3D modelling: a review. *The photogrammetric record*, **21(115)**, 269-291.
- Toprak, A. S., Polat, N. and Uysal, M., 2019. 3D modeling of lion tombstones with UAV photogrammetry: a case study in ancient Phrygia (Turkey). *Archaeological and Anthropological Sciences*, **11(5)**, 1973-1976.
- Ulvı, A. ve Yiğit, A. Y., 2019. Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3b Modelinin Yapılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, **1(1)**, 1-6.
- Uslu, A., 2016. Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Ortamında Sunulması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 83.
- Uslu, A. ve Uysal, M., 2017. Arkeolojik Eserlerin Fotogrametri Yöntemi İle 3 Boyutlu Modellenmesi: Demeter Heykeli Örneği. *Geomatik*, **2(2)**, 60-65.
- Uysal, M., Uslu, A., Toprak, A. S. ve Polat, N., 2015. Arkeolojik Eserlerin Fotogrametrik Yöntemle 3 Boyutlu Modellenmesinde Menagas Mezarı Steli Örneği. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, **46**, 252-254.
- Van Krevelen, D. W. F. and Poelman, R., 2010. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International journal of virtual reality*, **9(2)**, 1-20.
- Yakar, İ ve Bilgi, S., 2019. Mobil Telefonlar Kullanılarak Elde Edilen 3 Boyutlu Modellerin Kültürel Mirasın Korunması Kapsamında Kullanılabilirliği: İii. Ahmet Çeşmesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, **1(1)** , 25-29.

#### **İnternet kaynakları**

1- <https://www.augment.com>, (07.09.2020)

2- <https://threejs.org>, (07.09.2020)