

AKÜ FEMÜBİD 21 (2021) 035503 (632-639)

AKU J. Sci. Eng. 21 (2021) 035503 (632-639)

DOI: 10.35414/akufemubid.889211

Araştırma Makalesi / Research Article

Kitle Kaynaklı Fotoğraflar Kullanılarak Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Tabanlı Görselleştirilmesi: Afrodisias - Tetrasyon Örneği

Ahmet USLU^{1*}, Murat UYSAL²¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya.² 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: 01.03.2021

Kabul Tarihi: 17.06.2021

Öz

Günümüzde akıllı telefonların, mobil internetin ve sosyal medyanın yaygın kullanımı ile birlikte turistler, müzeleri ve kültürel miras alanlarını ziyaret ederken çektikleri fotoğrafları çeşitli sosyal medya platformlarında paylaşmaktadır. Kitle kaynaklı bu fotoğraflar, kültürel miras alanındaki çeşitli araştırmalarda önemli bir bileşen haline gelmiştir. Sosyal medya platformları, kültürel mirasın dijital dokümantasyonu için veri kaynağı olarak kullanılabilir zengin bir fotoğraf koleksiyonu sağlamaktadır. Kültürel mirasın kitle kaynak kullanımı tabanlı dijitalleştirilmesi fotogrametri tekniği ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, Flickr'da paylaşılan fotoğraflara dayalı olarak kültürel mirasın fotogrametrik tekniklerle üç boyutlu (3B) dijital dokümantasyonunu sağlamak ve 3B modeli web tabanlı görselleştirmek için bilimsel bir iş akışı ve yöntem oluşturulmuştur. Önerilen iş akışı, Afrodisias Antik Kenti'ndeki Tetrasyon yapısına uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçları, sosyal medya platformlarında paylaşılan kitle kaynaklı fotoğrafların, kültürel mirasın 3B dokümantasyonu ve 3B modelin web tabanlı görselleştirilmesi için veri kaynağı olarak uygunluğunu göstermektedir. Ayrıca kitle kaynaklı fotogrametik modeller, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik ve 3B baskı teknolojileri aracılığıyla etkileşimli deneyimlerin sağlanması için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Anahtar kelimeler

Kültürel miras; Kitle kaynak kullanımı; Flickr; 3B modelleme; Web tabanlı görselleştirme

Three-Dimensional Modeling and Web-Based Visualization of Cultural Heritage Using Crowdsourced Photos: The Case of Aphrodisias - Tetrasyon

Abstract

Today, with the widespread use of smartphones, mobile internet and social media, tourists share photos taken while visiting museums and cultural heritage sites on various social media platforms. These crowdsourced photographs have become an important component in various research in the field of cultural heritage. Social media platforms provide a rich collection of photographs that can be used as a data source for digital documentation of cultural heritage. Crowdsourcing-based digitisation of cultural heritage can be achieved by photogrammetry technique. In this study, a scientific workflow and method was created to provide three-dimensional (3D) digital documentation of cultural heritage using photogrammetric techniques based on photos shared on Flickr and to visualize the 3D model web based. The proposed workflow was applied to the Tetrasyon structure in the ancient City of Aphrodisias. The results of the study show the suitability of crowdsourced photos shared on social media platforms as a data source for 3D documentation of cultural heritage and web based visualization of the 3D model. Moreover, crowdsourced photogrammetric models offer new opportunities to provide interactive experiences through augmented reality, virtual reality, mixed reality and 3D printing technologies.

Keywords

Cultural heritage; Crowdsourcing; Flickr; 3D modeling; Web based visualization

1. Giriş

Kültürel miras tarihsel, sosyal ve antropolojik değerlere sahip sürdürülebilir kalkınmanın bir sağlayıcısı olarak kabul edilmektedir (Kurin 2004). 2013 yılında Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO), kültürün sürdürülebilir kalkınma politikalarının merkezinde olması gerektiğini ilan etmiştir (Xiao *et al.* 2018). Daha sonra, Kasım 2015'te, UNESCO Dünya Mirası Sözleşmesi 20. Taraf Devletler Genel Kurulu, sürdürülebilir kalkınma perspektifinin Dünya Mirası Sözleşmesi süreçlerine entegrasyonu konusunda bir politika kabul etmiştir (Xiao *et al.* 2018). Büyük önemine rağmen kültürel miras, genellikle insan çatışmaları, şehirleşme, afet, kötü turizm yönetimi gibi hem doğal hem de insan kaynaklı tehditlerin altındadır (Hosagrahar *et al.* 2016). Bu sebeplerden dolayı kültürel mirasın belgelenmesi daha acil hale gelmiştir (Remondino and El-Hakim 2006).

Dünyanın dört bir yanındaki sayısız kültürel miras alanının belgelenmesi, önemli miktarda mali ve işgücü kaynağı gerektiren devasa bir projedir (Dhonju *et al.* 2017). Kültürel mirasın sayısallaştırılması ve belgelendirilmesi süreçlerine toplum veya vatandaş katılımı, kültürel mirasın korunmasına önemli ölçüde katkı sağlayabilir (Oomen and Aroyo 2011). Bu bağlamda, kitle kaynak kullanımı, dünyanın her yerinden kültürel miras verilerinin toplanmasını sağlamak için ideal bir tekniktir (Dhonju *et al.* 2017).

Akıllı telefonların ve mobil uygulamaların gelişmesiyle birlikte kitle kaynak kullanımı, geniş bir faaliyet yelpazesinde veri toplamak ve paylaşmak için ortak bir paradigma haline gelmiştir (Feng *et al.* 2014). Özellikle, çevrimiçi fotoğraf paylaşım uygulamalarında (Flickr, Panoramio, Instagram ve Strava) ve sosyal ağlarda (Twitter, Facebook ve VK.com) depolanan, herkese açık konuma dayalı kitle kaynaklı sosyal medya verilerinin (çoğunlukla coğrafi etiketli fotoğraflar) kullanımı çoğalmıştır (Hausmann *et al.* 2018). Sosyal medya platformları özel Uygulama Programlama Arayüzleri (API) sayesinde, kültürel mirasın fotogrametrik tekniklerle 3B modellenmesi için veri kaynağı olarak kullanılabilir yüksek çözünürlüklü fotoğraflar sağlamaktadır (Dhonju *et al.* 2018).

Çalışmada Flickr'da paylaşılan kitle kaynaklı fotoğrafların, kültürel mirasın 3B modellenmesi ve web tabanlı görselleştirilmesi için veri kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda, Python tabanlı API'ler kullanarak Flickr'dan kültürel mirasın fotoğraflarının elde edilmesi, Hareket ile Nesne Oluşturma (SFM) ve görüntü eşleştirme tekniklerini kullanarak 3B yoğun nokta bulutlarının oluşturulması ve 3B modelin web tabanlı görselleştirilmesi için bir metodoloji sunulmuştur. Önerilen iş akışı, Aydın ili, Karacasu ilçesinde yer alan Afrodiasias Antik Kenti'ndeki Tetrasyon yapıasına uygulanmıştır. Tetrasyon yapısının zemin ölçümleri ve ayrıntılı geometrik dokümantasyonu yapılamadığından, bu çalışmanın sonuçları sadece 3B görselleştirme ve bilgi amaçlı kullanılabilir.

Çalışma beş bölüm halinde düzenlenmiştir. Giriş bölümünün (Bölüm 1) ardından, Bölüm 2'de kültürel mirasın 3B dijital dokümantasyonu için kitle kaynak kullanımı konseptini içeren çalışmalara ilişkin ayrıntılı literatür özeti yer almaktadır. Bölüm 3'te; çalışma alanının genel özellikleri, çalışmada kullanılan materyaller ve çalışmanın yöntemi sunulmaktadır. 4. Bölüm; fotogrametrik değerlendirme, 3B seyrek ve yoğun nokta bulutu oluşturma, 3B modelleme ve Web tabanlı görselleştirme uygulamalarını içermektedir. Son olarak Bölüm 5'te ise; çalışmanın sonuçları, öneriler ve gelecekteki çalışmalar belirtilmiştir.

2. Literatür Özeti

Kültürel mirasın dokümantasyonu için kitle kaynak kullanımı konseptini kullanan bazı çalışmalar yapılmıştır. Somogyi vd. (2016) çalışmalarında, Budapeşte kentindeki 3 antik yapının Flickr platformunda paylaşılan fotoğraflarını API'ler kullanarak elde etmişler ve SFM tekniği ile 3B modellerini oluşturmuşlardır. Oluşturulan 3B modeller, yersel lazer tarama verileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda kültürel mirasın dokümantasyonu ve görselleştirilmesi için kitle kaynaklı fotoğrafların potansiyel veri kaynağı olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir. Dhonju vd. (2018), kültürel miras alanlarını belgelemek ve paylaşmak için "Kültürel Mirasımızı Paylaşın" isminde web ve mobil tabanlı bir kitle kaynak platformu geliştirmiştir. Çalışmanın temel amacı,

kolay erişilemeyen ve uzak yerlerdeki kültürel miras alanlarını belgelemek için halkın katılımını teşvik etmektir. Platform, coğrafi konumlu kültürel mirasın görüntülerini bir web arayüzü aracılığıyla halktan toplamayı, aynı zamanda toplanan görüntülerden web tabanlı 3B model oluşturmayı ve 3B modeli görselleştirmeyi desteklemektedir. Alsadik (2020), kültürel miras alanlarının dokümantasyonu için amatörler tarafından çekilen kitle kaynaklı drone görüntülerini ve videolarını kullanma fikrini önermiştir. Araştırmada kitle kaynaklı drone videoları kullanılarak Irak'ta yer alan risk altındaki Rabban Hormizd Manastırı, Taq Kasra yapısı ve Büyük Samarra Camii'nin 3B modelleri oluşturulmuştur. Araştırmanın sonucunda kültür varlıklarına ait web üzerinden paylaşılan kitle kaynaklı drone videolarının, bu eserlerin 3B dokümantasyonu için potansiyel bir veri kaynağı olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Kitle kaynaklı fotogrametrik araştırmalar, afetler, yangınlar ve savaşlar neticesinde yok olan kültürel mirasın dijital görselleştirilmesi için eşsiz bir fırsat sunmaktadır (Stathopoulou *et al.* 2015). Vincent vd. (2015) Musul Müzesi'ndeki kültür varlıklarının tahrip edilmesi nedeniyle, bu eserlerin yeniden 3B olarak yapılandırılmasını sağlamak amacıyla Rekrei projesini gerçekleştirmişlerdir. Proje kapsamında kültürel miras nesnelere ait görüntüleri, gönüllü katılımcılar tarafından web sitesi aracılığıyla toplanmıştır. Bu görüntüler SFM algoritmaları ile işlenerek, tahrip edilmiş eserlerin 3B temsilleri oluşturulmuştur. Stathopoulou vd. (2015) Yunanistan'da 2015 yılında yıkılan, yaklaşık 150 yıllık taş köprü'nün 3B temsili oluşturmak için köprü'nün fotoğraflarını veya videolarını toplayabilecekleri kitle kaynaklı bir platform tasarlamışlardır. Kullanıcılar tarafından platforma 470 adet resim ve 15 adet video yüklenmiştir. Toplanan veriler SFM algoritmaları ile işlenerek, taş köprü'nün görsel 3B temsili başarılı bir şekilde oluşturulmuştur.

3. Materyal ve Metot

3.1 Çalışma Alanı ve Çalışmanın Materyalleri

Çalışmada Aydın ili, Karacasu ilçesi, Geyre Mahallesi sınırları içinde yer alan ve Unesco Dünya Mirası Listesine alınan Afrodisias Antik Kenti'nin simge

yapılarından Tetrapylon, model olarak seçilmiştir (Şekil 1). M.S. 2. Yüzyılda Antoninler tarafından inşa edilen Tetrapylon, Aphrodite Kutsal Alanının anıtsal giriş kapısıdır (Int Kyn. 1). Yapıda mimari olarak çok zengin tarzlar bir arada kullanılmıştır (Int Kyn. 1). Antik yapının her iki tarafında gösterişli alınlıkları ve bu alınlıkları destekleyen düz, yivli ve spiral yivli olmak üzere on altı adet sütunu bulunmaktadır (Int Kyn. 2). Tetrapylon zamanla yıkılmıştır. Restorasyon çalışmaları ile yapının birebir rekonstrüksiyonu, kazı çalışmalarında bulunan orijinal bloklar kullanılarak 1991 yılında tamamlanmıştır (Int Kyn. 2).

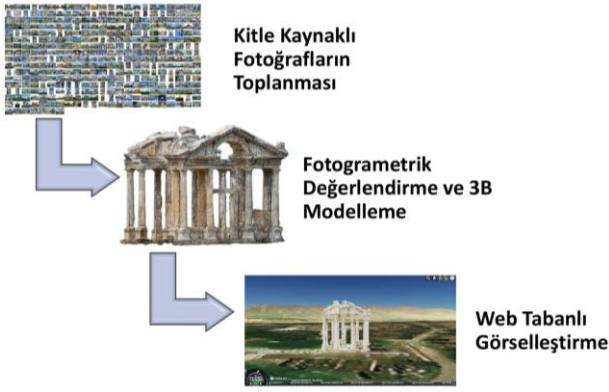


Şekil 1. Tetrapylon yapısı (Int Kyn. 1).

Çalışmada materyal olarak, Flickr platformunda ziyaretçiler tarafından paylaşılan Tetrapylon'un fotoğrafları, fotogrametrik değerlendirme işlemleri ve 3B model oluşturma işlemleri için VisualSFM ve Meshlab yazılımları, web tabanlı görselleştirme işlemleri için JavaScript 3B kütüphanesi ve Cesium Ion platformu kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

Uygulamada izlenen yöntem Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın yöntemi.

4. Uygulama

4.1 Kitle Kaynaklı Fotoğrafların Toplanması

Flickr, kullanıcıların fotoğraf ve videolarını paylaşabilecekleri ve bu paylaşımlara coğrafi etiket uygulayabilecekleri ücretsiz bir sosyal ağ platformudur (Int Kyn. 3). Flickr, özel API'leri aracılığıyla verilerine ücretsiz ve açık erişim imkânı sunmaktadır (Int Kyn. 3). Afrodisias Antik Kenti'nin, platformda "Afrodisias" olarak etiketli 3052 adet fotoğrafı, Flickr API'leri aracılığıyla bir python komut dosyası kullanılarak orijinal boyutlarında indirilmiştir. Bu işlem yaklaşık 2 saat sürmüştür. 3052 adet fotoğraftan oluşan veri seti Afrodisias Antik Kent içerisinde yer alan Tetrapylon, Tiyatro, Tapınak, Piskoposluk Sarayı ve Agora yapılarının fotoğraflarını içermektedir. Fotoğraf koleksiyonun içinden sadece Tetrapylon'u içeren 375 adet fotoğraf seçilerek çalışma klasörüne kaydedilmiştir. Kullanıcılar tarafından çeşitli kameralarla çekilen farklı açı ve çözünürlükteki fotoğraflar Şekil 3'te gösterilmiştir.

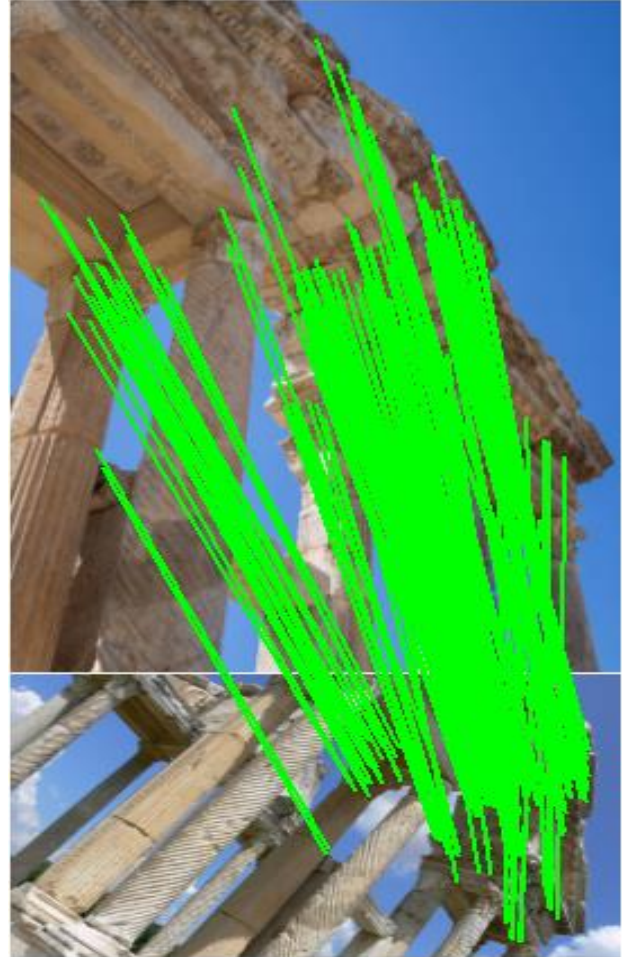


Şekil 3. Tetrapylon'un kitle kaynaklı fotoğrafları.

4.2. Fotogrametrik Değerlendirme ve 3B Modelleme

Bu aşamada nokta bulutu oluşturma işlemleri için VisualSFM, mesh ve doku oluşturma işlemleri için Meshlab yazılımı kullanılmıştır. VisualSFM, Changchang Wu tarafından geliştirilmiş, 3B modelleme için SFM tekniğini kullanan açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Yazılım, CMVS/PMVS araçlarının çalışmasına imkân sağlayan bir arayüz içermektedir (Int Kyn. 4). VisualSFM yazılımında görüntülerden nesnelerin yeniden yapılandırılması işlemi, sırasıyla özellik algılama ve eşleştirme, hizalama, demet dengelemesi, seyrek ve yoğun nokta bulutlarının oluşturulması adımlarını içermektedir (Demirel ve Şeker 2015).

Öncelikle 375 adet kitle kaynaklı fotoğraf yazılıma aktarılmıştır. Fotoğraflar, SIFT (Ölçek Değişmez Unsur Dönüşümü) algoritması (Lowe 1999) ile kendi aralarında eşleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. SIFT aracılığıyla oluşturulan özellik vektörlerinin bir örneği.

Sonraki aşamada, seyrek nokta bulutu (Şekil 5) ve seyrek nokta bulutuna bağlı olarak yoğun nokta bulutu (Şekil 6) oluşturulmuştur.



Şekil 5. Seyrek nokta bulutu, kamera konumları ve yönleri.



Şekil 6. Yoğun nokta bulutu.

Oluşturulan model, mesh ve doku oluşturma işlemleri için Meshlab yazılımında işlenmek üzere "nvm" ve "ply" formatlarında kaydedilmiştir. Meshlab, nokta bulutlarından mesh ve doku oluşturma işlemleri gerçekleştirilebilen özgür ve açık kaynak kodlu bir yazılımdır (Cignoni *et al.* 2008).

VisualSFM yazılımı ile oluşturulan model Meshlab yazılımına aktarılmış ve bozuk nokta bulutları temizlenerek Tetrapylon'un 3B dokulu modeli elde edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Tetrapylon'un 3B modeli.

Bu işlemin ardından, dijital model Web'te etkileşimli 3B görselleştirme uygulamalarında kullanılmak

üzere ".obj" uzantılı model dosyası olarak kaydedilmiştir.

4.3 Web'de Etkileşimli 3B görselleştirme

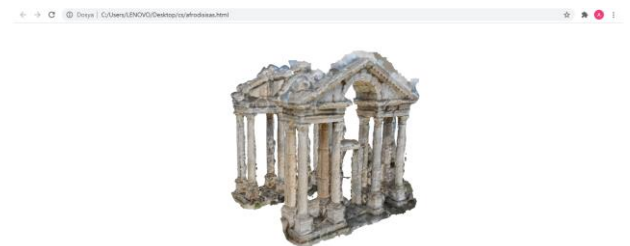
3B etkileşimli görselleştirme ve web teknolojilerindeki son gelişmeler, kültürel mirasın korunmasına, uzun vadede saklanmasına ve yaygınlaştırılmasına önemli katkılar sağlamıştır (Nishanbaev 2020).

Bu aşamada Tetrapylon'un internet tarayıcısı ve sanal Dünya üzerinde web tabanlı 3B görselleştirme konseptini içeren iki uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, modern masaüstü ve mobil web tarayıcılarında çalışmak için herhangi bir eklentiye ihtiyaç duymayan, Hiper Metin İşaretleme Dili (HTML5) ve Web Grafik Kütüphanesi (WebGL) tabanlı bir 3B görselleştirme sağlayan JavaScript 3B (Three.js) kütüphanesine (Int Kyn. 5) dayalı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Tetrapylon'un web sayfasında 3B gösterimi için gerekli JavaScript kodları Notepad++ programında yazılarak, HTML dosyası olarak kaydedilmiştir (Şekil 8).

```
C:\Users\LENOVO\Desktop\afrodissias.html - Notepad++
Dosya Düzenle Ara Görünüm Kodlama Diller Ayarlar Araçlar Makrolar Çalıştır Eklentiler Penceler ?
afrodissias.html
<!DOCTYPE HTML>
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Loader</TITLE>
<script type="text/javascript" src="3js3d.js"></script>
<script type="text/javascript" src="3js3d.webgl.js"></script>
<script type="text/javascript" src="3js3d.tonsh.js"></script>
</HEAD>
<BODY>
<div style="width:800px; margin:auto; position:relative;">
<canvas id="cv" style="left:-300px; top:20px; position:absolute;" width="1370" height="900">
It seems you are using an outdated browser that does not support canvas :-{
</div>
<script type="text/javascript">
var viewer = new JSC3D.Viewer(document.getElementById("cv"));
viewer.setParameter('SceneUrl', 'afrodissias.obj');
viewer.setParameter('InitRotationX', -90);
viewer.setParameter('InitRotationY', 0);
viewer.setParameter('InitRotationZ', 0);
viewer.setParameter('ModelColor', '#CAA618');
viewer.setParameter('BackgroundColor1', '#6699FF');
viewer.setParameter('BackgroundColor2', '#339966');
viewer.setParameter('RenderMode', 'texture');
viewer.setParameter('Renderer', 'webgl');
viewer.init();
viewer.update();
</script>
</BODY>
</HTML>
```

Şekil 8. Web sayfasında 3B model görüntüleyici Three.js, WebGL kodlar.

HTML dosyasının çalıştırılmasıyla Tetrapylon'un 3B modeli web sayfasında görselleştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Tetrapylon'un 3B modelinin web tarayıcısında görselleştirilmesi.

Web tabanlı görselleştirme aracı, 3B modeli X, Y ve Z koordinat eksenleri boyunca yakınlaştırma, kaydırma ve döndürme gibi birkaç temel işlemi desteklemektedir. 3B model masaüstü ve mobil web tarayıcılarında (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Safari ve Opera) eklentilere ihtiyaç duymadan sorunsuz çalışmaktadır.

Sanal Dünya tabanlı 3B görselleştirme, kullanıcıların 3B sanal ortamda coğrafi verilerle etkileşime girmesine imkân sağlayan, ideal bir görselleştirme ortamı olarak tanımlanmıştır (Yu and Gong 2012).

İkinci olarak Tetrapylon'un ve çevresindeki manzaraların 3B gösterimi ve keşfi için sanal dünya platformu Cesium Ion kullanılmıştır. Cesium Ion, etkileşimli 3B küreler ve haritalar oluşturmak için geliştirilmiş açık kaynaklı bir yazılımdır (Int Kyn. 6). Cesium Ion, birçok 3B model dosyası format türlerini desteklemektedir (Int Kyn. 6).

Tetrapylon'un 3B modelinin web tabanlı sunumu için optimize edilmek üzere model dosyaları kullanıcı hesabı ile Cesium Ion platformuna yüklenmiştir. 3B model coğrafi referanslı olmadığı için, platformun konum düzenleyici araçları kullanılarak, 3B model yerküre üzerindeki konumuna yerleştirilmiştir. Şekil 10'da Tetrapylon'un 3B modelinin Cesium Ion ortamında web tabanlı sunumu gösterilmektedir.



Şekil 10. Tetrapylon'un 3B modelinin Cesium Ion ortamında web tabanlı görselleştirilmesi.

Cesium Ion yakınlaştırma, kaydırma ve döndürme işlevleri ile sanal dünya üzerinde gezinme gibi çoklu etkileşimleri mümkün kılmaktadır. Ayrıca Cesium Ion, kullanıcıların 3B görselleştirmeyi başka herhangi bir web sayfasına entegre etmesine de imkân sağlamaktadır.

Uygulamalar, WebGL standartına dayalı 3B kültürel miras modellerinin web üzerinde görselleştirilmesi potansiyelini keşfetmemizi sağlamıştır.

5. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Kitle kaynaklı veriler, kültürel miras alanındaki çeşitli araştırmalarda önemli bir bileşen haline gelmiştir. Bu çalışmada, kitle kaynaklı fotoğraflara dayalı olarak kültürel mirasın fotogrametrik tekniklerle 3B dijital dokümantasyonunun oluşturulması ve 3B modelin web tabanlı görselleştirilmesi için bir iş akışı geliştirilerek uygulanmıştır. Bu kapsamda Afrodisias Antik Kenti'nde yer alan Tetrapylon yapısının Flickr platformunda paylaşılan fotoğrafları Python tabanlı API'ler kullanarak elde edilmiştir. Fotoğraflar SFM ve görüntü eşleştirme teknikleri ile işlenerek, Tetrapylon'un 3B yoğun nokta bulutu ve 3B modeli oluşturulmuştur. Son olarak Tetrapylon'un 3B modeli, etkileşimli keşfi için web ortamında görselleştirilmiştir.

Çalışmada, yapının üst ve iç yüzeylerine ait yeterince fotoğraf bulunmadığından, bu yüzeylerin bazı kısımlarının nokta bulutlarında boşluklar olduğu görülmüştür. Bu sorunun çözümü için farklı sosyal medya platformlarında paylaşılan yerden veya havadan çekilmiş görüntüler ve videolar kullanılarak çalışmamızdaki nokta bulutunun iyileştirilmesi sağlanabilir. Sosyal medya platformlarından Facebook ve Instagram, 2019 yılı itibarıyla gizlilik politikaları gereği veri paylaşımını durdurmuştur. Hiçbir yazılım, paket ya da ara yüzle bu platformlardan veri sağlanamamaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın sınırlılıklarından birisi yaygın olarak kullanılan diğer sosyal medya uygulamalarından fotoğraf verilerinin elde edilememiş olmasıdır.

Tetrapylon zemin ölçümleri ve ayrıntılı geometrik dokümantasyonu yapılmadığından 3B modelin doğruluğu test edilememiştir. Bu nedenle 3B model sadece görselleştirme ve bilgi amaçlı kullanılabilir. Araştırmanın sonuçları, sosyal medya platformlarında paylaşılan kitle kaynaklı fotoğrafların, kültürel mirasın 3B dokümantasyonu için veri kaynağı olarak uygunluğunu göstermiştir.

Çalışmada tanımlanan yaklaşım ve çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurularak geleceğe dönük birtakım öneriler getirilmiştir:

- Çalışma alanından veri toplama her zaman mümkün olmadığından, eksik veri sorununun üstesinden gelmek için kitle kaynaklı görüntüler, kültürel mirasın görsel bir temsilini oluşturmak için kullanılabilir.
- Kültür varlıklarının farklı zamanlarda çekilmiş kitle kaynaklı fotoğrafları kullanılarak yapı üzerindeki herhangi bir şekil veya renk değişikliğine bağlı hasarları görselleştirmek mümkün hale gelebilir.
- Kültürel mirası belgelemeyi ve dünya çapında paylaşmayı amaçlayan mobil tabanlı coğrafi kitle kaynak platformları geliştirilerek, halkın katılımcı deneyimleri artırılabilir.
- Sosyal medya platformlarında paylaşılan havadan veya yerden çekilen kitle kaynaklı fotoğraflar ve video görüntüleri, savaşlar, doğal afetler, terörizm vb. gibi nedenlerden dolayı erişilemeyen kültür varlıklarının 3B modellerini oluşturmak için kullanılabilir.
- Kitle kaynaklı fotogrametik 3B modellerin artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojilerine entegrasyonu sağlanarak, kültürel miras alanları sanal ortamlara dönüştürülebilir.
- Kültürel mirasın kitle kaynaklı fotogrametik 3B modellerinin, 3B baskı teknolojileri aracılığıyla farklı ölçeklerde replikaları ve dokunsal temsilleri oluşturulabilir.

Gelecek çalışmalarda kültürel mirasın etkileşimli sunumu ve ayrıntılı keşfi için kitle kaynak kullanımı tabanlı fotogrametik verilerin, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik ve 3B baskı teknolojilerine entegrasyonun sağlandığı çok modlu erişilebilir uygulamalar gerçekleştirilecektir.

Teşekkür

Verilerini ücretsiz olarak sağladıkları için Flickr, VisualSFM, Meshlab, ThreeJS ve Cesium platformlarına teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

Alsadik, B., 2020. Crowdsourced Drone Imagery—A Powerful Source for the 3D Documentation of Cultural Heritage at Risk. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-12.

Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F. and Ranzuglia, G., 2008. Meshlab: an open-source mesh processing tool. *ERCIM News*, **73**, 45-46.

Demirel, H. ve Şeker, D. Z., 2015. Fotogrametrik Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar: Yeni Bir Dönem, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015, Konya.

Dhonju, H. K., Xiao, W., Shakya, B., Mills, J. P. and Sarhosis, V., 2017. Documentation of heritage structures through geo-crowdsourcing and web-mapping. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **42**, 17-21.

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.

Feng, Z., Zhu, Y., Zhang, Q., Zhu, H., Yu, J., Cao, J. and Ni, L. M., 2014. Towards truthful mechanisms for mobile crowdsourcing with dynamic smartphones. *IEEE 34th International Conference on Distributed Computing Systems*, 11-20.

Hausmann, A., Toivonen, T., Slotow, R., Tenkanen, H., Moilanen, A., Heikinheimo, V. and Di Minin, E., (2018). Social media data can be used to understand tourists' preferences for nature-based experiences in protected areas. *Conservation Letters*, **11(1)**, e12343.

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.

Lowe, D. G., 1999. Object recognition from local scale-invariant features. In *Proceedings of the seventh IEEE international conference on computer vision*, **2**, 1150-1157.

Nishanbaev, I., 2020. A web repository for geo-located 3D digital cultural heritage models. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, **16**, e00139.

Oomen, J. and Aroyo, L., 2011. Crowdsourcing in the cultural heritage domain: opportunities and challenges. In *Proceedings of the 5th International Conference on Communities and Technologies*, 138-149.

Remondino, F. and El-Hakim, S., 2006. Image-based 3D modelling: a review. *The photogrammetric record*, **21(115)**, 269-291.

Somogyi, A., Barsi, A., Molnar, B. and Lovas, T., 2016. Crowd sourcing based 3d modeling. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, **41(B5)**, 587–590.

Stathopoulou, E. K., Georgopoulos, A., Panagiotopoulos, G. and Kaliampakos, D., 2015. Crowdsourcing Lost Cultural Heritage. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, **2**, 295-300.

Vincent, M. L., Gutierrez, M. F., Coughenour, C., Manuel, V., Bendicho, L. M., Remondino, F. and Fritsch, D., 2015. Crowd-sourcing the 3D digital reconstructions of lost cultural heritage. In *2015 Digital Heritage*, **1**, 171-172.

Yu, L. and Gong, P., 2012. Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives. *International Journal of Remote Sensing*, **33(12)**, 3966-3986.

Xiao, W., Mills, J., Guidi, G., Rodríguez-González, P., Barsanti, S. G., and González-Aguilera, D., 2018. Geoinformatics for the conservation and promotion of cultural heritage in support of the UN Sustainable Development Goals. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **142**, 389-406.

İnternet kaynakları

1-<https://aydin.ktb.gov.tr>, (10.02.2021)

2-<https://kvmgm.ktb.gov.tr>, (10.02.2021)

3- <https://www.flickr.com/explore>, (10.02.2021)

4- <http://ccwu.me/vSFM>, (20.02.2021)

5- <https://threejs.org>, (21.02.2021)

6- <https://cesium.com>, (21.02.2021)