

## Tarihi Sütunların Yersel Fotogrametri Yöntemiyle 3 Boyutlu Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi

Adem Kabadayı<sup>1</sup>, Yunus Kaya<sup>\*2</sup>

- 1 Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66800, Yozgat, Türkiye; (adem.kabadayi@bozok.edu.tr)
- 2 Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa, Türkiye; (yunuskaya@harran.edu.tr)



\*Sorumlu Yazar:  
yunuskaya@harran.edu.tr

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Kabadayı, A., & Kaya, Y. (2024). Tarihi Sütunların Yersel Fotogrametri Yöntemiyle 3 Boyutlu Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 6(2), 48-53.

Geliş : 19.11.2024  
Revize : 05.12.2024  
Kabul : 10.12.2024  
Yayınlama : 31.12.2024

### Özet

Tarihi yapıların korunması ve sürdürülebilirliği, kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılması için kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, bir tarihi sütun yersel fotogrametri yöntemi kullanılarak dijital olarak modellenmiş ve oluşturulan 3B model, web tabanlı bir platformda görselleştirilmiştir. Yersel fotogrametri tekniği ile çekilen fotoğraflar üzerinden yüksek hassasiyetli bir 3B model üretilmiş ve bu model Sketchfab platformuna yüklenerek kullanıcıların erişimine sunulmuştur. Çalışmada sütunun farklı açılardan fotoğrafları çekilmiş, fotoğraflar arasında yüksek bindirme oranı sağlanmış ve 38 fotoğraf kullanılarak yaklaşık 1,9 milyon yüzeyden oluşan bir model oluşturulmuştur. Modelleme süreci, Agisoft Photoscan yazılımı ve Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure from Motion-SfM) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiş, model üzerinde yükseklik analizi yapılmıştır. Dijitalleştirme süreci, kültürel mirasın korunmasına katkı sağlamanın yanı sıra, eserin çevrimiçi ortamda incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntem, basit ekipmanlarla dahi etkili sonuçlar elde edilmesine imkân tanımaktadır. Çalışma, tarihi yapıların dijital ortamda korunması ve daha geniş kitlelere tanıtılması açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Elde edilen 3B modeller hem koruma hem de eğitim amacıyla kullanılacak değerli bir kaynak oluştururken, sanal müze gibi yenilikçi uygulamalara da imkân tanımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yersel fotogrametri, Tarihi sütun, 3B model, Sketchfab.

## 3D Modeling and WEB Based Visualization of Historical Columns with Terrestrial Photogrammetry Method

\*Corresponding Author:  
yunuskaya@harran.edu.tr

### Research Article

**Citation:** Kabadayı, A., & Kaya, Y. (2024). 3D Modeling and WEB Based Visualization of Historical Columns with Terrestrial Photogrammetry Method. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 6(2), 48-53 (in Turkish).

Received : 19.11.2024  
Revised : 05.12.2024  
Accepted : 10.12.2024  
Published : 31.12.2024

### Abstract

The preservation and sustainability of historical artifacts is critical for the transfer of cultural heritage to future generations. In this study, a historical column was modelled by using terrestrial photogrammetry method and the 3D model was visualised on a web-based platform. A high-precision 3D model was produced from the images taken with the terrestrial photogrammetry technique and this model was uploaded to the Sketchfab platform and made available to users. In the study, photographs of the column were taken from different angles, a high overlap ratio was achieved between the photographs and a model consisting of approximately 1.9 million surfaces was created using 38 photographs. The modelling process was carried out using Agisoft Photoscan software and Structure from Motion (SfM) technique, and height analysis was performed on the model. In addition to contributing to the preservation of cultural heritage, the digitisation process allows the artifact to be examined online. This method allows effective results to be obtained even with simple equipment. The study provides an important contribution in terms of preserving historical artifacts in digital environment and introducing them to a wider audience. While the 3D models obtained constitute a valuable resource that can be used for both conservation and educational purposes, it also enables innovative applications such as virtual museums.

**Keywords:** Terrestrial photogrammetry, Historical column, 3D model, Sketchfab.

## 1. Giriş

Tarihi eserler, bir toplumun kültürel, sanatsal ve bilimsel mirasını yansıtan en değerli varlıklardır [1]. Bu eserler, geçmiş medeniyetlerin izlerini taşıyarak, insanlık tarihinin evrimini anlamamıza yardımcı olur. Kültürel miras, yalnızca tarihi bir değer taşımakla kalmaz, aynı zamanda bir toplumun kimliğini, geleneklerini ve kültürünü koruyarak, gelecek nesillere aktarılmasını sağlar [2]. Bu eserlerin korunması ve yaşatılması, sadece tarihi bir sorumluluk değil, aynı zamanda modern toplumların kültürel çeşitliliğini sürdürebilmeleri için kritik bir gerekliliktir [3]. Ancak, doğal afetler, insan etkisi ve zamanın getirdiği yıpranma gibi faktörler, tarihi eserlerin korunmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, gelişen teknolojilerin kültürel mirasın korunmasındaki rolü giderek artmaktadır.

Fotogrametri, kültürel mirasın korunmasında büyük bir öneme sahiptir [4]. Geçmişte yapılan çalışmalarda, fotogrametrik yöntemler, tarihi yapıların detaylı bir şekilde belgelenmesi ve 3D modellerinin oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmıştır. Güleç [5], kültürel mirasın korunması ve gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için belgelenmesinin zorunlu olduğunu, bu sürecin teknolojik gelişmelerle hız ve hassasiyet kazandığını vurgulamıştır. Yersel fotogrametri, tarihi yapıların 3 boyutlu modellenmesi ve mevcut durumlarının belgelenmesinde önemli avantajlar sunarak, özellikle detaylı ve ölçülmesi zor alanlarda etkili bir yöntem olarak öne çıkmıştır. Pamuk [6], termal ve dijital kameralarla tarihi eserlerin fotogrametrik belgelenmesini, geometrik modelleme ve spektral analizle detayların incelenmesini ele almıştır. Termal görüntüleme, yüzey sıcaklıklarını hassas ölçerek zarar vermeden veri sağlamış, elde edilen görüntüler Agisoft ve Python ile analiz edilmiştir. Çalışma, eserlerin sürdürülebilir korunmasını amaçlamaktadır. Pakben [7], kültür varlıklarının belgelenmesinin, bu eserlerin tarihi belge olarak geleceğe aktarılmasında önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Çalışmada, geleneksel ve ileri belgeleme teknikleri tanımlanmış, mimari belgeleme çalışmalarında dijital fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerinin giderek yaygınlaştığı belirtilmiştir. Özellikle karmaşık geometrilere veya hasarlı yapılara sahip eserlerde, bu tekniklerin hassasiyet ve hız açısından üstün olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasının daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiş ve yöntemlerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Fotogrametri, yalnızca tarihi yapıların belgelenmesinde değil, aynı zamanda bu yapıların korunması ve restorasyonunun planlanmasında da önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Tuno vd. [8], çalışmalarında Bosna

Hersek'teki ulusal anıt olan Keçi Köprüsü'nün İHA fotogrametrisi ile belgelenmesine odaklanmaktadır. Gelişmiş görselleştirme teknikleri ve 3D baskı kullanılarak köprünün detaylı bir 3B modeli oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, köprünün daha iyi anlaşılmasını ve korunmasını sağlayarak kültürel miras olarak değerini artırmaktadır. Bu yöntem, karmaşık geometrilere sahip tarihi yapıları doğru bir şekilde dijital ortama aktararak, restorasyon süreçlerinin daha verimli ve doğru bir şekilde yapılmasına olanak tanır.

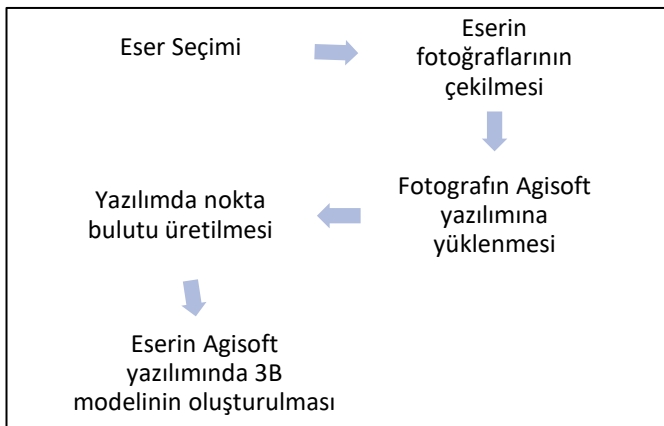
Tarihi yapıların web tabanlı ortamda görselleştirilmesi, günümüzde giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Web tabanlı görselleştirme, kullanıcıların tarihi eserlere kolay erişimini sağlar ve bu eserlerin korunmasına yönelik farkındalık yaratır. 3B modellemelerin ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı, tarihi yapıların daha geniş kitlelere tanıtılmasını sağlamaktadır. Zheng vd. [9] ve El-Said ve Aziz [10], COVID-19 gibi kriz dönemlerinde sanal turların turizm sektörü için önemli bir alternatif olduğunu vurgulamıştır. Zheng vd. [9], sanal turların zihinsel imaj işleme yoluyla öğrenme ve duyguları etkileyerek ziyaret niyetini şekillendirdiğini belirtirken, El-Said ve Aziz [10], sanal turların benimsenmesini açıklayan modeller kullanarak, bu turların gerçek mekanları ziyaret etme isteğini artırdığını göstermiştir. Her iki çalışma da sanal turların turizm pazarlamasında etkili bir araç olduğunu vurgulamaktadır. Lv vd. [11], tarihi yapıların dijital modellerini internet ortamında sunarak, bu eserlerin sanal ortamda gezilmesini sağlayan bir platform geliştirmiştir. Bu tür projeler, kullanıcıların tarihe dair bilgi edinmelerine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda kültürel mirasın dijital ortamda korunmasına katkı sağlar [12, 13]. Web görselleştirmesi, eserlerin zarar görmeden incelenmesini ve potansiyel restorasyon ihtiyaçlarının önceden tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Büyükkuru [14], kültürel mirasın dijitalleştirilmesinin, korunması ve sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır. Dijital teknolojilerin, kültürel mirasın depolanması, korunması ve turizm alanındaki kullanımını kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Sanal ve artırılmış gerçeklik gibi yenilikçi uygulamaların, turistlerin kültürel mirasla etkileşimlerini artırarak deneyimlerini zenginleştirdiği ifade edilmiştir. Çalışma, kültürel mirasa yönelik çevrimiçi uygulamaların işlevlerini ve turizmdeki faydalarını ele almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bir tarihi sütunun fotogrametrik yöntemlerle dijital olarak modellenmesi ve bu modelin web tabanlı bir platformda görselleştirilmesidir. Yersel fotogrametri teknikleri kullanılarak, sütunun yüksek hassasiyetli 3B modeli oluşturulacak ve internet üzerinden erişilebilir hale

getirilecektir. Dijitalleştirme süreci, eserin korunmasına katkı sağlamanın yanı sıra, kullanıcıların tarihi yapıyı detaylı bir şekilde incelemelerine olanak tanıyacaktır. Çalışmada kullanılan web tabanlı görselleştirme teknolojisi, kullanıcıların artırılmış gerçeklik gibi interaktif özellikler aracılığıyla bu tarihi yapıyı sanal ortamda deneyimlemelerini mümkün kılacaktır. Bu dijitalleştirilmiş tarihi yapılar, hem koruma hem de eğitim amacıyla daha geniş bir kitleye ulaşabilecek, kültürel mirasın korunması ve tanıtımı açısından önemli bir kaynak oluşturacaktır.

## 2. Yöntem

Fotogrametri, belirli bir oranda örtüşen fotoğrafların fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilerek fotoğraf üzerinden metrik bilgi elde etmeyi amaçlayan bilim dalıdır. Bu alanda, fotoğraflar ve fotoğrafın oluşturduğu ışınlar yardımıyla, çevre ve cisimler hakkında güvenilir veriler elde edilmek amacıyla çeşitli ölçümler yapılır. Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure from Motion-SfM), fotogrametrinin bir alt dalı olarak, birden fazla fotoğraftan üç boyutlu modeller oluşturmak için kullanılır. SfM, birden fazla fotoğraf kullanarak üç boyutlu yapıların oluşturulmasını sağlayan bir fotogrametrik tekniktir. SfM, farklı açılardan çekilen fotoğraflardaki ortak özellikleri tespit eder, kamera konumlarını ve yönelimlerini hesaplar ve bu verilerle 3B modelleme yapar. Bu yöntem, özellikle yüksek çözünürlükle hızlı ve maliyet etkin 3B modeller oluşturulmasını sağlar. SfM, hem yersel hem de hava fotogrametrisinde kullanılabilir, arkeoloji, mimari, peyzaj ve topoğrafya gibi birçok alanda uygulanabilir. Bu teknoloji, detaylı veri sağlar ve yapıları dijital ortamda korur. Bu çalışmada kullanılan iş akış diyagramı Şekil 12’de sunulmuştur.



Şekil 1. İş akış diyagramı.

Fotogrametri, fotoğrafların çekildiği konuma bağlı olarak yersel ve hava fotogrametrisi olarak ikiye ayrılabilir [15]. Bu çalışmada tarihi sütunun 3B

modellenmesi için yersel fotogrametri yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan tarihi sütuna ait farklı açıdan çekilen fotoğraflar Şekil 3’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan fotoğraf makinesi Şekil 2’de, fotoğraf makinesine ait teknik özellikler ise Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Canon A810 fotoğraf makinesi [16].



Şekil 3. Çalışmada kullanılan sütun.

Tablo 1. Canon A810 fotoğraf makinesi teknik özellikleri [16].

Özellik	Değer
Kamera Çözünürlüğü	Yaklaşık 16.0 milyon piksel
Toplam Megapiksel	16.6
Sensör Boyutu	1 / 2,33 "
Maksimum Görüntü Çözünürlüğü	4608 x 3456
Piksel Aralığı	1,34 $\mu\text{m}$
Piksel Alanı	1,80 $\mu\text{m}^2$

Çalışmada toplam 46 adet fotoğraf çekilmiştir ve bu fotoğrafların 38 tanesi modellemede kullanılmıştır. Fotoğraf çekiminde mümkün olduğunca çok bindirme olmasına dikkat edilmiştir. Elde edilen fotoğraflar Agisoft Photoscan yazılımında dengelenmiştir. Fotogrametrik blok dengelemesi için SfM tekniği kullanılmıştır [17]. Smith vd. [18], SfM tekniğiyle üretilen 3B modellerin gerçek nesnelere daha iyi temsil ettiğini ve özellikle model üzerinden çizim işlerinde veya hassas ölçüm gerektiren işlerde SfM tekniğini kullanmanın uygun olacağını belirtmişlerdir.

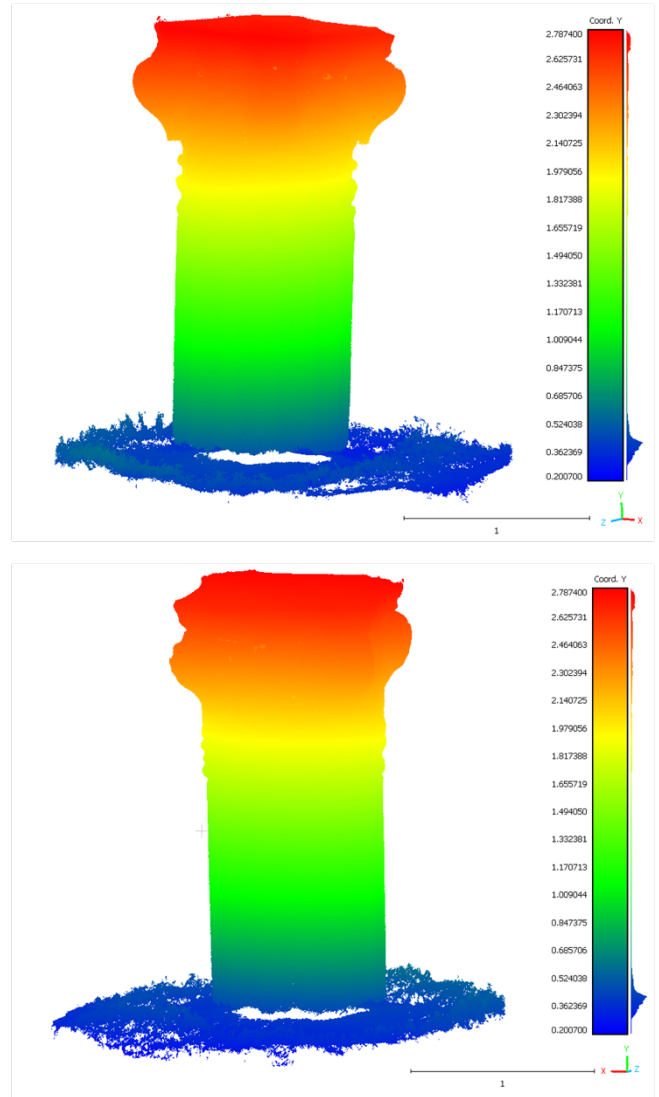
### 3. Uygulama

Yapılan çalışmada ilk olarak modeli yapılacak sütunun farklı açılardan fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen fotoğraflarda bindirme oranının yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Çekilen 46 fotoğraf arasından uygun olanları belirlenmiş ve 38 fotoğraf modellemede kullanılmıştır. Modellemede Agisoft Photoscan yazılımında yapılmıştır. Bu yazılımın mimari restorasyon ve kültürel miras koruma projelerinde yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir. Özellikle sütunların modellemesinde, detaylı ölçüm ve görselleştirme yapabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Bu yazılım, sadece bireysel yapı elemanlarını değil, aynı zamanda geniş alanlarda da doğruluğu yüksek modellerin oluşturulmasında etkilidir. Modelleme çalışmasında dengeleme sonucu 52.142 adet bağlama noktası (tie point) üretilmiştir. Yoğun nokta bulutu yüksek kalitede üretilmiş ve yaklaşık 11 milyon nokta elde edilmiştir. 3B model de yüksek kalitede oluşturulmuş ve yaklaşık 1,9 milyon yüzeyden oluşmaktadır. Modelleme sonucunda elde edilen 3B modelden örnekler Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 3B model örnekleri.

Sütunun yüzeyindeki yükseklik dağılımının belirlenmesi için Y koordinatını baz alacak şekilde yükseklik bilgisi üretilmiştir (Şekil 4)



Şekil 4. 3B modelin yükseklik bilgisi.

3B modelin web ortamında görüntülenebilmesi ve kullanıcılar tarafından detaylı bir şekilde incelenebilmesi için Sketchfab yazılımına yüklenmiştir. Kullanıcılar <https://skfb.ly/p8Gn9> linki ile veya Şekil 5'teki karekodu tarayarak ile 3B modeli inceleyebilmektedir.



Şekil 5. 3B modelin karekodu ve yazılımdan örnek bir görüntü.

#### 4. Sonuçlar

Tarihi eserlerin 3B modellenmesi ve web ortamında sunulması hem korunması hem de dijital bir kopyasının oluşturulması açısından önemlidir. Basit el kamerası ile çekilen fotoğraflarla yersel fotogrametri yöntemini kullanarak oluşturulan yüksek çözünürlüklü 3B modeller sayesinde yapılar üzerinden gerekli ölçüler alınabilmekte, ihtiyaç duyulması halinde röleve çizimleri yapılabilir. Ayrıca elde edilen modelin Sketchfab gibi 3B model görüntüleme ortamına aktarılması yapıların çevrimiçi olarak tüm dünyaya sunulmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede kullanıcılar dünyanın dört bir yanından tarihi eseri detaylı bir şekilde inceleme ve analiz etme fırsatına sahip olmaktadır. Bu çalışmada örnek olarak tarihi sütunun modellenmesi ve 3B modelin web ortamında görselleştirilmesi ele alınmıştır. Yöntem basit bir şekilde tüm tarihi yapılara uygulanarak çevrimiçi bir sahne oluşturulabilir ve dünya çapında sanal bir müze gezintisi fırsatı sunulabilir. Bu çalışmanın en büyük kısıtlaması yöntemin yalnızca küçük yapılar için uygulanabilir olmasıdır. Daha büyük yapıların modellenmesinde modelin üst kısmı ve çatısının fotoğrafı çekilemeyeceği için modelde boşluklar oluşacaktır. Bu nedenle daha büyük yapıların modellenmesinde İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen fotoğrafların kullanılması modelin bütünlüğü açısından önem arz etmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] Nijkamp, P. (2012). Economic valuation of cultural heritage. In *The economics of uniqueness: Investing in historic city cores and cultural heritage assets for sustainable development* (pp. 75–103).
- [2] Blake, J. (2000). On defining the cultural heritage. *International & Comparative Law Quarterly*, 49(1), 61–85. <https://doi.org/10.1017/S002058930006396X>
- [3] Sullivan, A. M. (2015). Cultural heritage & new media: A future for the past. *John Marshall Review of Intellectual Property Law*, 15, 604.
- [4] Yilmaz, H. M., Yakar, M., Gulec, S. A., & Dulgerler, O. N. (2007). Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 428–433. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.07.004>
- [5] Güleç, S. A. (2007). Yersel fotogrametri yöntemi ile röleve alım tekniğinin taç kapılarda uygulanışı-Konya örnekleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] Pamuk, B. (2022). RGB, multispektral ve termal görüntülerden arkeolojik mirasın fotogrametrik analizi: Troya müzesi lahitleri örneği. Yüksek

- Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- [7] Pakben, U. (2013). Tarihi yapıların röleve ve analizlerinde kullanılan ileri belgeleme teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Tuno, N., Mulahusić, A., Topolja, J., & Savić, M. (2024, June). Preservation of cultural heritage architecture by 3D printing and realistic 3D models. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 646–653). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-24959-9\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24959-9_72)
- [9] Zheng, C., Chen, Z., Zhang, Y., & Guo, Y. (2022). Does vivid imagination deter visitation? The role of mental imagery processing in virtual tourism on tourists' behavior. *Journal of Travel Research*, 61(7), 1528–1541. <https://doi.org/10.1177/00472875211064962>
- [10] Zhang, G., & Kou, X. (2022). Research and implementation of digital 3D panoramic visual communication technology based on virtual reality. *International Journal of Communication Systems*, 35(5), e4802. <https://doi.org/10.1002/dac.4802>
- [11] Lv, Z., Shang, W. L., & Guizani, M. (2022). Impact of digital twins and metaverse on cities: History, current situation, and application perspectives. *Applied Sciences*, 12(24), 12820. <https://doi.org/10.3390/app122412820>
- [12] King, L., Stark, J. F., & Cooke, P. (2016). Experiencing the digital world: The cultural value of digital engagement with heritage. *Heritage & Society*, 9(1), 76–101. <https://doi.org/10.1080/2159032X.2016.1246156>
- [13] Tsipi, L., Vouyioukas, D., Loumos, G., Kargas, A., & Varoutas, D. (2023). Digital Repository as a Service (D-RaaS): Enhancing access and preservation of cultural heritage artifacts. *Heritage*, 6(10), 6881–6900. <https://doi.org/10.3390/heritage6100369>
- [14] Büyükkuru, M. (2024). Kültürel mirasın aktarımında dijital teknolojilerin kullanımı. *Neuşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(İhtisaslaşma), 134–150.
- [15] Ulvi, A. (2020). Importance of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the documentation of cultural heritage. *Turkish Journal of Engineering*, 4(3), 104–112. <https://doi.org/10.31127/tuje.661732>
- [16] Canon Inc. (n.d.). Canon Digital IXUS 60. Retrieved November 19, 2024, from <https://global.canon/en/c-museum/product/dcc621.html>

- [17] Schonberger, J. L., & Frahm, J. M. (2016). Structure-from-motion revisited. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4104–4113). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.445>
- [18] Smith, M. W., Carrivick, J. L., & Quincey, D. J. (2016). Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 40(2), 247–275. <https://doi.org/10.1177/0309133315615805>



© Author(s) 2024.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>