



Kitle kaynaklı insansız hava aracı verileri kullanılarak ahşap eserlerin 3B modellenmesi: Truva Atı örneği

Ahmet Uslu^{1*}, Murat Uysal²

Öz

Günümüzde mobil cihazların, sosyal medya platformlarının ve web tabanlı uygulamaların yaygın kullanımı, kitle kaynak kullanımı adı verilen yeni bir inovasyon paradigmasını mümkün kılmıştır. Ortaya çıkan bu model, geniş bir araştırma yelpazesinde verilerin toplanması ve paylaşılması bakımından yenilikçi bir araç haline gelmiştir. Sosyal medya platformlarında herkese açık olarak paylaşılan fotoğraflar ve videolar, nesnelerin üç boyutlu (3B) gerçekliğe dayalı dijital modellerini oluşturmak için zaman ve maliyet açısından etkin bir fırsat sunmaktadır. Bu çalışmada, Youtube platformundan ücretsiz olarak elde edilen İnsansız Hava Aracı (İHA) verileri ve Hareket ile Nesne Oluşturma (SfM) tekniği kullanılarak Truva Atı'nın 3B modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, kitle kaynaklı İHA verileri kullanılarak ahşap eserlerin 3B modellenmesi alanında çalışmalar gerçekleştiren araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, ahşap eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için referans oluşturabilecek yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmanın sonuçları, ahşap eserlerin 3B modellenmesinde kitle kaynaklı İHA verilerinin, veri kaynağı olarak uygunluğunu göstermiştir. Gelecekte, kitle kaynak kullanımının yaygınlaşması ve görüntü kalitesinin daha yüksek çözünürlüklü hale gelmesi, bu tür araştırmalara artan bir ivme kazandıracak ve yeni araştırmaların önünü açacaktır.

Anahtar kelimeler: Ahşap eser, Kitle kaynaklı veri, İHA, SfM, 3B model

3D modelling of wooden artifacts using crowdsourced unmanned aerial vehicle data: A case study of the Trojan Horse

Abstract

Nowadays, the widespread use of mobile devices, social media platforms and web-based applications has enabled a new paradigm of innovation called crowdsourcing. This emerging model has become an innovative tool for collecting and sharing data across a wide range of research. Photos and videos shared publicly on social media platforms offer a time and cost effective opportunity to create three-dimensional (3D) reality-based digital models of objects. In this study, it is aimed to 3D modelling of the Trojan Horse using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data obtained free of charge from the Youtube platform and the Structure From Motion (SfM) technique. The study aims to reach researchers who work in the field of 3D modelling of wooden artifacts using crowdsourced UAV data, and offers an innovative approach that can be a reference for the conservation and transfer of wooden artifacts to next generation. The results of the study showed the suitability of crowdsourced UAV data as a data source in 3D modelling of wooden artifacts. In the future, widespread use of crowdsourcing and higher resolution image quality will gain increased momentum such research and pave the way for new research.

Keywords: Wooden artifact, Crowdsourced data, UAV, SfM, 3D model

Makale tarihçesi: Geliş:20.11.2022, Kabul:23.12.2022, Yayınlanma:26.12.2022, *e-posta: ahmet.uslu1@dpu.edu.tr

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya/Türkiye,

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar/Türkiye.

Atıf: Uslu, A., Uysal, M., (2022), Kitle kaynaklı insansız hava aracı verileri kullanılarak ahşap eserlerin 3B modellenmesi: Truva Atı örneği, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (2), 155-166, DOI: 10.33725/mamad.1207416.

1 Giriş

Kitle kaynak kullanımı, ağa bağlı toplulukların kolektif zekasını belirli amaçlar için kullanan çevrimiçi, problem çözme ve üretim modelidir (Yuen ve ark., 2011). Günümüzde akıllı telefonlarda, mobil uygulamalarda, web tabanlı uygulamalarda ve sosyal medya platformlarında yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak kitle kaynak kullanımı, çok çeşitli bir araştırma yelpazesinde (bilgi sistemleri, veri madenciliği, acil durum yönetimi, çevre yönetimi, tıp ve sağlık sektörü, kültürel miras, pazarlama, ulaşım, eğitim, tarımsal uygulamalar, endüstri uygulamaları, ormancılık vb. gibi) verilerin toplanması ve paylaşılması bakımından ortak bir paradigma haline gelmiştir (Mao ve ark., 2017; Litman ve ark., 2017; Bonacchi ve ark., 2019; Tong ve ark., 2020; Desai ve ark., 2020; Gong ve ark., 2021; Johnson ve ark., 2022). Özellikle Twitter, Facebook, Flickr, Panoramio, YouTube ve Vimeo gibi sosyal ağ platformlarında paylaşılan videolar ve fotoğraflar nesnelerin 3B sayısal modellerini oluşturmak için zaman ve maliyet açısından etkin bir yaklaşım sunmaktadır (Snaveley ve ark., 2006; Alsadik ve ark., 2015; Alsadik, 2016; Somogyi ve ark., 2016; Themistocleous, 2017; Uslu ve Uysal, 2021). Bu platformlardan elde edilen kitle kaynaklı görüntülerle oluşturulan 3B modeller, görselleştirme ve doğruluk açısından tutarlıdır (Alsadik, 2016; Somogyi ve ark., 2016). Adil kullanım doktrini, sosyal ağ platformlarında başkalarının telif hakkıyla korunan materyali, sahibinin izni olmadan öğretim ve araştırma gibi amaçlar için uygun bir biçimde kullanılmasına izin vermektedir (Themistocleous, 2017).

Son yıllarda, video görüntüler ve sosyal medya fotoğraf koleksiyonlarından elde edilen verilerle 3B modelleme alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Kitle kaynaklı veriler kullanılarak kültürel mirasın 3B modellenmesi (Somogyi ve ark., 2016; Alsadik, 2016; Themistocleous, 2017; Uslu ve Uysal, 2021; Alsadik, 2022), afetler, yangınlar ve savaşlar nedeniyle yok olan kültür varlıklarının sayısallaştırılması (Stathopoulou ve ark., 2015; Vincent ve ark., 2015; Wahbeh ve ark., 2016) ve 3B kent modellerinin oluşturulması (Snaveley ve ark., 2008; Agarwal ve ark., 2011) üzerine araştırmalar yapılmıştır. Snaveley ve ark. (2006) araştırmalarında, turistler tarafından paylaşılan kitle kaynaklı fotoğrafları kullanarak tarihi mekânların 3B modellerini oluşturmuşlardır. Agarwal ve ark. (2011) kitle kaynaklı Flickr fotoğraflarını kullanarak Roma'daki tarihi yapıları 3B modellemişlerdir. Stathopoulou ve ark. (2015) araştırmalarında, Yunanistan'da 2015 yılında sel felaketi sonrası yıkılan tarihi taş köprüyü 3B modellemek için kitle kaynaklı verileri kullanmışlardır. Vincent ve ark. (2015), kitle kaynak kullanımı yoluyla Musul Müzesi'ndeki tahrip edilmiş eserlerin 3B modellerini oluşturmuşlardır. Somogyi ve ark. (2016) araştırmalarında, Budapeşte'deki üç antik yapının kitle kaynaklı Flickr fotoğraflarını ve SfM tekniğini kullanarak 3B modellerini elde etmişlerdir. Alsadik (2016) araştırmasında, üç adet antik eserin 3B belgelenmesi için Web'de yayınlanan kitle kaynaklı videoları kullanmıştır. Wahbeh ve ark. (2016) çalışmalarında, Palmyra Antik Kenti'ndeki yıkılmış Bel Tapınağı'nın 3B modelini kitle kaynaklı verilere dayalı olarak oluşturmuşlardır. Themistocleous (2017), Youtube'den alınan İHA verilerini kullanarak KKTC'deki antik tiyatronun 3B görselleştirilmesi üzerine bir araştırma gerçekleştirmiştir. Shishido ve ark. (2017), kitle kaynak kullanımı ve 3B rekonstrüksiyon teknolojisini kullanarak, bir dünya kültür mirası alanı olan Angkor Thom Bayon Tapınağı için proaktif bir koruma projesi düzenlemişlerdir. Gkeli ve ark. (2020), 3B kadastro ölçümlerine daha kolay, hızlı ve uygun maliyetli bir çözüm sunan kitle kaynaklı uygulama geliştirmişlerdir.

Uslu ve Uysal (2021) araştırmalarında, kitle kaynaklı Flickr fotoğraflarına dayalı olarak Afrodisias Antik Kenti'ndeki Tetraplyon yapısını 3B modellemişler ve 3B modeli Web tabanlı görselleştirmişlerdir. Tabib ve ark. (2022) araştırmalarında, miras alanlarının 3B

yeniden inşasına yönelik kitle kaynaklı görüntülerin kategorize edilmesi ve seçilmesi için bir çerçeve önermişlerdir. Alsadik (2022), Irak'taki üç tarihi yapıyı (Taq Kasra, Rabban Hürmüzd Manastırı ve Samarra Ulu Camii) kitle kaynaklı drone videolarını kullanarak 3B modellemiştir. Liu ve ark. (2022) araştırmalarında, ziyaretçiler ve amatörler tarafından çevrimiçi web sitelerine yüklenen kitle kaynaklı kültürel miras fotoğraflarından yararlı bilgiler elde etmek için derin öğrenme tabanlı bir anlamsal görüntü bölümlenme algoritması olan DeeplabV3+'ın kullanılmasını önermişlerdir.

Literatürde kitle kaynaklı insansız hava aracı (İHA) görüntüleri kullanılarak ahşap eserlerin 3B modellenmesi üzerine yapılmış herhangi bir bilimsel araştırmaya rastlanılmamıştır. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak için çalışmada, Youtube platformundan ücretsiz olarak elde edilen kitle kaynaklı İHA video görüntüleri ve SfM tekniği kullanılarak Çanakkale'de yer alan Truva Atı Heykeli'nin 3B modellenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Youtube'den kitle kaynaklı video görüntülerin elde edilmesi, SfM tekniği kullanılarak 3B yoğun nokta bulutunun ve 3B katı modelin oluşturulması için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Truva Atı Heykeli'nin zemin ölçümleri yapılamadığı için bu çalışmada elde edilen sonuçlar yalnızca 3B görselleştirme ve bilgi edinme amaçlı kullanılabilir. Çalışma, SfM tekniği ve kitle kaynaklı İHA verileri kullanılarak ahşap eserlerin 3B modellenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştiren araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte, ahşap eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için referans oluşturabilecek bir iş akışı sunmaktadır. Çalışma, lazer tarama, yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi tekniği ile elde edilen verilerin tamamlayıcısı olarak zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlayan (Frahm ve ark., 2010; Gkeli ve ark., 2020; Zhou ve ark., 2021; Cheng ve ark., 2022) kitle kaynak kullanımını yoluyla ahşap eserlerin 3B modellenmesine ve eserlerin sayısal olarak arşivlenmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, doğal ve beşeri etkenler nedeniyle yüksek risk altındaki sayısız kültürel ve doğal mirasın belgelenmesi, önemli ölçüde mali ve işgücü kaynağı gerektiren devasa bir projedir (Dhonju ve ark., 2017). Çalışmada açıklanan yaklaşımın, dünyanın dört bir yanındaki kültürel ve doğal mirasa ilişkin verilerin toplanmasına ve sayısallaştırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Youtube platformundan ücretsiz olarak elde edilen kitle kaynaklı İnsansız Hava Aracı (İHA) verileri ve Hareket ile Nesne Oluşturma (SfM) tekniği kullanılarak ahşap Truva Atı'nın 3B modelini oluşturmak ve çalışma esnasında tespit edilen durumları raporlamaktır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı ve Veri Kümesi

Çalışmada model olarak Çanakkale ili kent merkezinde yer alan Truva Atı Heykeli kullanılmıştır. Truvalılar için kutsal bir hayvan olan ve Truva Savaşı tarihinin çok önemli bir parçası olan Truva atı, Odysseus'un Truva kentinin aşılmaz surlarını aşmak ve kente gizlice girmek için inşaa ettirdiği tahtadan dev at maketidir. Troya Savaşı'nı konu edinen ve 2004 yılında gösterime giren Troy (Truva) filminde kullanılan dev tahta at, Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın girişimleri sonucu Warner Bros film şirketi tarafından Türkiye'ye hediye edilmiştir. Yüksekliği 12.4 m, genişliği 6 m ve uzunluğu 10 m civarında olan Truva Atı Heykeli, 350 parçadan oluşmakta ve 12 ton ağırlığındadır. 13 Eylül 2004 tarihinde Çanakkale kordon boyunda sergilenen Truva Atı Heykeli, yerli ve yabancı turistler için turistik cazibe merkezi haline gelmiştir (URL 1, 2022). Şekil 1'de Truva Atı Heykeli gösterilmektedir.



Şekil 1. Truva Atı Heykeli (URL 1, 2022)

Çalışmada kitle kaynaklı veri kaynağı olarak, Yiğit Kaçar tarafından 10 Mart 2019 tarihinde paylaşılan Truva Atı Heykeli'nin 3 dakika 13 saniye uzunluğundaki YouTube videosu (URL 2) kullanılmıştır (Şekil 2).

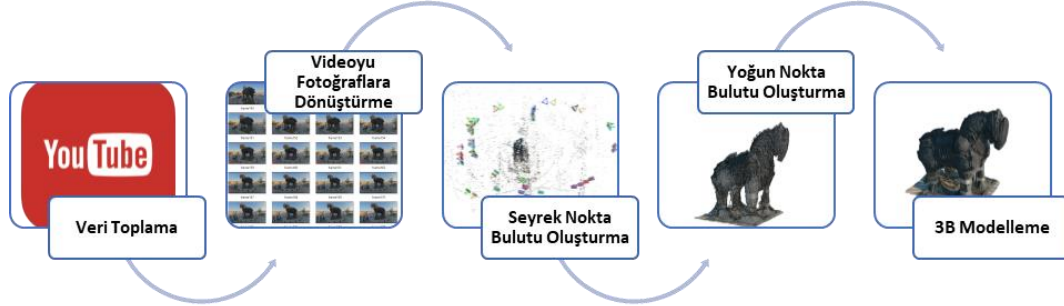


Şekil 2. YouTube'daki videodan ekran görüntüsü (URL 2, 2022)

Videodan görüntü karelerini çıkarmak için KMPlayer (URL 3, 2022) yazılımı kullanılmıştır. Fotogrametrik değerlendirme ve 3B nokta bulutu oluşturma işlemleri için farklı çekim açısına ve çözünürlüğe sahip görüntülerden başarılı bir şekilde 3B yoğun nokta bulutu oluşturan (Frahm ve ark., 2010), ücretsiz ve açık kaynak kodlu VisualSfM (URL 4, 2022) yazılımı kullanılmıştır. 3B model oluşturma işlemleri için ise verimli bir nokta bulutu işleme ara yüzüne sahip, son teknoloji doku oluşturma fonksiyonlarını içeren, yine ücretsiz ve açık kaynak kodlu CloudCompare (URL 5, 2022) yazılımı kullanılmıştır.

2.2 Metot

Çalışmanın yöntemi Youtube'den kitle kaynaklı görüntülerin elde edilmesi, SfM tekniği kullanılarak 3B yoğun nokta bulutunun ve 3B modelin oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 3'te çalışmanın yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışmanın yöntemi

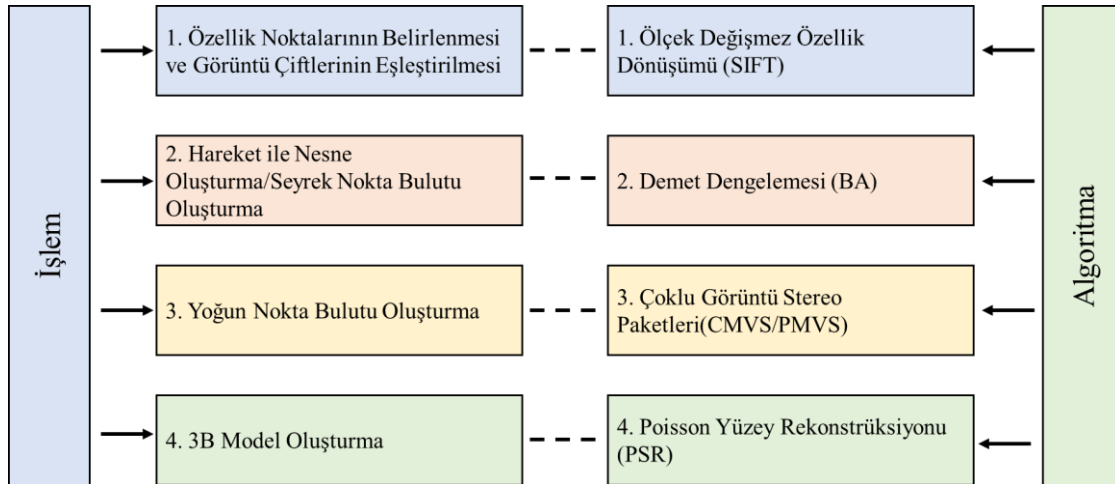
Çalışmada uygulanan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.1.1 Videodan Fotoğraf Karelerinin Elde Edilmesi

Fotogrametrik değerlendirme ve 3B model oluşturma işlemi için öncelikle videonun Youtube'den indirilmesi ve videonun görüntü karelerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Videodan kareleri çıkarmak için KMPlayer yazılımı kullanılmıştır. KMPlayer aracılığıyla 1920 × 1080 (videonun orijinal boyutu) boyutlarında, JPEG formatında ve daha fazla ayrıntı elde etmek için saniyede 10 kare hızında hareketsiz görüntüler çıkarılmıştır.

2.1.2 SfM Tekniği ile 3B Model Oluşturma

SfM tekniği, kamera konumu ve geometrisi bilinmeyen bir dizi sırasız görüntüden bir sahnenin 3B modelini oluşturmayı sağlayan fotogrametri tekniğidir (Snavely ve ark., 2008). SfM tekniği ile 3B model oluşturma işlem adımları ve algoritma akışı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. SfM tekniğine dayalı 3B modellemenin işlem adımları ve algoritma akışı (Xue ve ark., 2021 düzenlenmiştir).

Bu çalışmada, SfM tekniğine dayalı olarak 3B model oluşturma işlemi için VisualSfM yazılımı ve son aşamayı gerçekleştirmek için CloudCompare yazılımı kullanılmıştır.

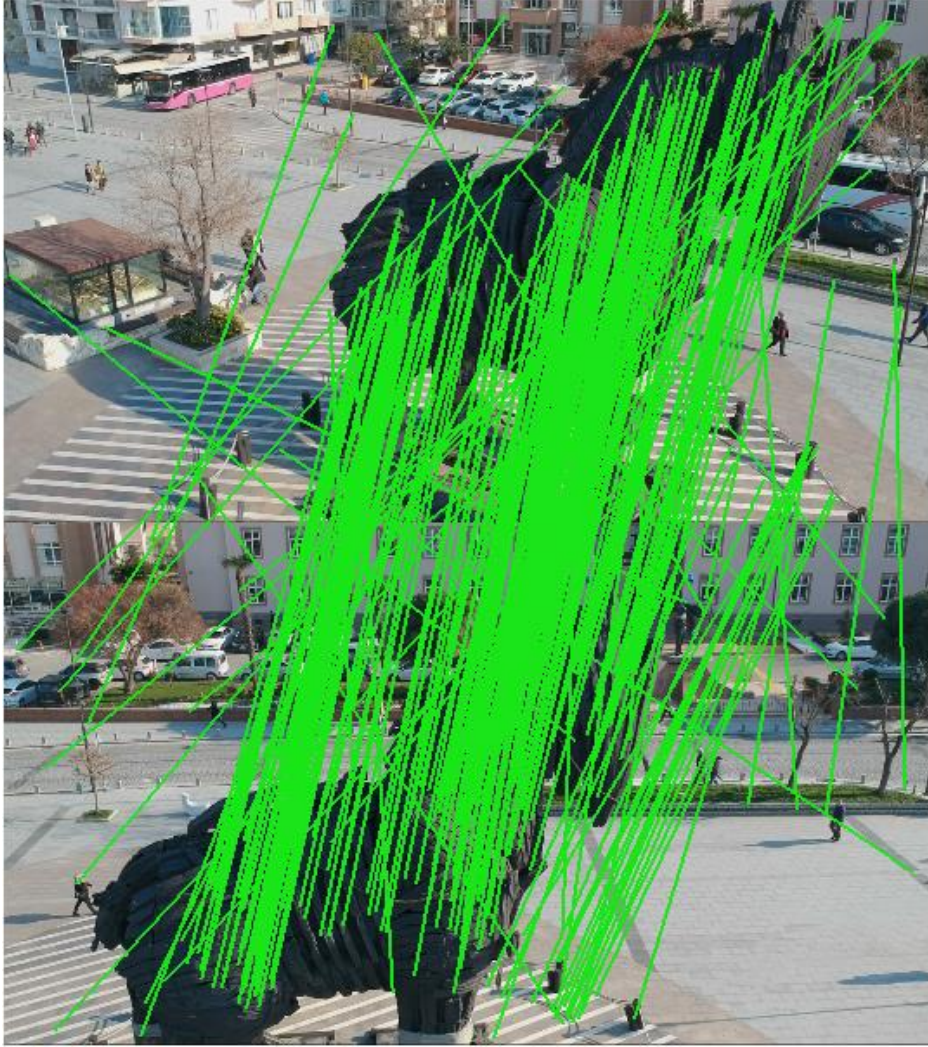
3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Kitle Kaynaklı Videodan Fotoğraf Karelerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde KMPlayer yazılımı aracılığıyla her saniyede 10 kare için bir görüntü çıkartılmıştır. Görüntüler 1920×1080 boyutlarında ve JPEG formatındadır. Fotogrametrik değerlendirme ve 3B model oluşturma aşamasında kullanılacak en iyi görüntüleri belirlemek için görüntü kalitesi analiz edilmiştir. Videodan çıkarılan orijinal 241 adet görüntü manuel olarak incelenmiştir. Truva Atı Heykeli'ni içeren, birbiri ile örtüşen, net ve yüksek çözünürlüklü 213 adet görüntü seçilerek, çalışma klasörüne kaydedilmiştir.

3.2 Kitle Kaynaklı İnsansız Hava Aracı Görüntülerini ve SfM Tekniğini Kullanarak 3B Model Oluşturma

Bu bölümde, ilk olarak Truva Atı Heykeli'nin 213 adet görüntüsü VisualSfM yazılımına aktarılmıştır. VisualSfM yazılımı, SIFT algoritması ile ardışık örtüşen görüntülerdeki özellikleri belirler ve bunları görüntü çiftleri arasında eşleştirir (Wu, 2011). Bu işlemde her görüntü diğer tüm görüntülerle eşleştiğinden, eşleştirme süresi görüntülerin boyutuna bağlı olarak değişmektedir (Wu, 2011). Şekil 5'te SIFT algoritması aracılığıyla oluşturulan özellik vektörlerinin bir örneği gösterilmiştir.



Şekil 5. SIFT algoritması aracılığıyla oluşturulan özellik vektörlerinin bir örneği

Sonraki aşamada demet ayarlama tekniği ile görüntü kümesindeki en belirgin özelliklerin 3B koordinatlarını temsil eden seyrek nokta bulutu (21.592 adet) üretilmiştir. Daha sonra seyrek nokta bulutundan, çok daha yoğun bir nokta bulutu oluşturmak için CMVS ve PMVS algoritmaları kullanılmıştır. Yoğun nokta bulutu (253.773 adet), Truva Atı Heykeli'nin etrafındaki arka plandan gelen gürültülü noktaları da içermektedir. VisualSfM yazılımında düzenleme araçları bulunmadığı için gürültülü noktaları temizleme ve 3B model oluşturma işlemleri CloudCompare yazılımında gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda yoğun nokta bulutu, her noktanın renk ve 3B koordinatları hakkında bilgi içeren bir Çokgen Dosya Biçimi (.ply) olarak kaydedilmiş ve CloudCompare yazılımına aktarılmıştır. Şekil 6'da gürültü noktaları temizlenmiş 3B yoğun nokta bulutu gösterilmektedir.



Şekil 6. Truva Atı Heykelinin 3B yoğun nokta bulutu

Bu işlemin ardından dokulu ve üçgen örgülü bir 3B model oluşturmak için 3B yoğun nokta bulutu, CloudCompare yazılımında Poisson Yüzey Rekonstrüksiyon algoritması ile işlenmiş ve Truva Atı Heykeli'nin 3B modeli elde edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Truva Atı Heykeli'nin 3B Modeli

Truva Atı Heykeli'ne ait 3B modelin şeklinin ve dokusunun oldukça başarılı olduğu ancak görüntü koleksiyonu içerisinde yer seviyesinden çekilmiş görüntüler bulunmadığı için modelin gövdesinin alt kısmını ve bacaklarını oluşturan bazı yüzeylerin nokta bulutunda boşluklar olduğu ve buna bağlı olarak bu yüzeylerin pürüzlü olduğu görülmüştür. Literatürdeki araştırmalar (Alsadik, 2016; Themistocleous, 2017; Uslu ve Uysal, 2021) bu sorunun çözümü için diğer sosyal ağ platformlarında paylaşılan görüntüler kullanılarak nokta bulutunun iyileştirilebileceğini ve 3B modelin doğruluğunun artırılabilirliğini belirtmişlerdir. Truva Atı Heykeli'nin saha ölçümleri ve detaylı geometrik belgelemesi yapılmadığı için 3B modelin doğruluk araştırması yapılamamıştır. Themistocleous (2017); Uslu ve Uysal (2021) araştırmalarında 3B modellerin detaylı geometrik belgelemesini yapamamışlardır. Araştırmacılar 3B modelin sadece görselleştirme ve bilgi edinme amaçlı kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Themistocleous (2017), Soli Antik Kenti'nde (KKTC, Güzelyurt) bulunan antik amfiteyatronun 3B modelini Google Earth üzerinde görselleştirmiştir. Uslu ve Uysal (2021), araştırmalarında Afrodisias Antik Kenti'nde (Aydın, Karacasu) bulunan Tetrasyon yapısının 3B modelini web tabanlı sanal küre uygulaması olan Cesium üzerinde görselleştirmişlerdir. Bu çalışmada da Truva Atı Heykeli'nin 3B modeli görselleştirme ve bilgi edinme amaçlı olarak sanal küre, 3B baskı, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi ortamlarda görselleştirilebilir.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Youtube platformundan ücretsiz olarak elde edilen kitle kaynaklı İnsansız Hava Aracı (İHA) verileri ve Hareket ile Nesne Oluşturma (SfM) tekniği kullanılarak Truva Atı'nın 3B modeli oluşturulmuştur. Elde edilen bilgilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- Çalışmanın sonuçları, kitle kaynaklı verileri ve SfM tekniğini kullanan diğer çalışmalarla (Stathopoulou ve ark., 2015; Alsadik, 2016; Vincent ve ark., 2015; Wahbeh ve ark., 2016; Somogyi ve ark., 2016; Themistocleous, 2017; Doulamis ve ark., 2020; Uslu ve Uysal, 2021; Alsadik, 2022) uyumludur ve kitle kaynaklı İHA verilerinin, ahşap eserlerin 3B modellerinin üretimi için veri kaynağı olarak uygunluğunu ortaya koymuştur.
- Truva Atı Heykeli'ne ait 3B modelin şekli ve dokusu oldukça başarılıdır. Görüntü seti içerisinde yer seviyesinden çekilmiş görüntüler bulunmadığı için modelin gövdesinin alt kısmını ve bacaklarını oluşturan bazı yüzeylerin nokta bulutunda boşluklar olduğu ve bu yüzeylerin pürüzlü olduğu görülmüştür. Facebook, Twitter, Flickr ve Panoramio platformlarında kayıtlı görüntüler kullanılarak nokta bulutu iyileştirilebilir ve 3B modelin doğruluğu artırılabilir.
- Truva Atı Heykeli'nin saha ölçümleri ve detaylı geometrik belgelemesi yapılmadığı için 3B dijital modelin doğruluk araştırması yapılamamıştır. Themistocleous (2017); Uslu ve Uysal (2021) da araştırmalarında 3B modellerin detaylı geometrik belgelemesini yapamamışlardır. Araştırmacılar 3B modelin sadece görselleştirme ve bilgi edinme amaçlı kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da Truva Atı Heykeli'nin 3B modeli bilgi edinme amaçlı olarak sanal küre, 3B baskı, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi ortamlarda görselleştirilebilir.
- Çalışmada uygulanan yöntem, daha kısa zamanda daha düşük maliyette fotogerçekçi 3B model üretimi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte videodan elde edilen görüntü kareleri, her türlü görüntü tabanlı 3B modelleme yazılımlarında kullanılabilir.

- Kitle kaynaklı verilere dayalı olarak 3B modelin başarılı bir şekilde üretilebilmesi için yüksek çözünürlüğe sahip video kameraların kullanılması, hava koşulları ve ışık durumunun uygun olması gerekmektedir. Ayrıca video kayıt hızı da görüntü karelerinin kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır.
- Kitle kaynaklı videolardan elde edilen görüntü karelerinin tümü 3B modelleme için kullanışlı değildir. 3B model oluşturmada kullanılacak en iyi görüntüleri belirlemek için görüntü kalitesi analiz edilmelidir. Kullanılan bilgisayarın özellikleri ve video görüntü karelerinin sayısı işlem süresini etkilemektedir. Tüm bunlar kitle kaynaklı veriler ile 3B model üretimine yönelik çalışmaların sınırlılığı olarak göze çarpmaktadır.
- Kitle kaynaklı veriler lazer tarama tekniği, yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi tekniği ile elde verilerin tamamlayıcısı olarak kullanılabilir. Ayrıca savaşlar, doğal afetler, terörizm vb. gibi nedenlerden dolayı çalışma alanından veri toplamanın her zaman mümkün olmadığı durumlarda, eksik veri sorununun çözümü için kitle kaynaklı veriler kullanılabilir.
- Gelecekteki çalışmalar, doğruluğu artırmak için yerinde verileri ve ek yer kontrol noktalarını kullanarak yöntemin doğruluk değerlendirmesini içerebilir.
- Günümüzde teknolojik ilerlemelere bağlı olarak İHA'ların daha erişilebilir olması ve video kalitesinin daha yüksek çözünürlüklü hale gelmesi ile birlikte bu yöntem ahşap eserlerin izlenmesi için geleneksel yer ölçümleri ve yüksek çözünürlüklü görüntülere ek olarak bir alternatif sunmakta ve gelecekteki araştırmaların önünü açmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, lazer tarama tekniği ile elde edilen 3B modelin analizini desteklemek için kitle kaynak kullanımının doğruluğu araştırılacaktır.

Yazar Katkıları

Ahmet Uslu: Literatür araştırması, verilerin elde edilmesi, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması, makalenin yazılması, **Murat Uysal:** Çalışma konusunun belirlenmesi, literatür araştırması, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması.

Kaynaklar

- Agarwal, S., Furukawa, Y., Snavely, N., Simon, I., Curless, B., Seitz, S. M., Szeliski, R. (2011), Building rome in a day, *Communications of the ACM*, 54(10), 105-112. DOI: 10.1109/ICCV.2009.5459148.
- Alsadik, B., Gerke, M., Vosselman, G. (2015), Efficient use of video for 3D modelling of cultural heritage objects. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(3), 1. DOI: 10.5194/isprsannals-II-3-W4-1-2015.
- Alsadik, B. (2016), Crowdsourced and web-published videos for 3D documentation of cultural heritage objects. *Journal of Cultural Heritage*, 21, 899-903. DOI: 10.1016/j.culher.2016.03.010.
- Alsadik, B. (2022), Crowdsourced Drone Imagery—A Powerful Source for the 3D Documentation of Cultural Heritage at Risk. *International Journal of Architectural Heritage*, 16(7), 977-987. DOI: 10.1080/15583058.2020.1853851.

- Bonacchi, C., Bevan, A., Keinan-Schoonbaert, A., Pett, D., Wexler, J. (2019), Participation in heritage crowdsourcing, *Museum Management and Curatorship*, 34(2), 166-182. DOI: 10.1080/09647775.2018.1559080.
- Cheng, D., Ch'ng, E. (2022), Harnessing Collective Differences in Crowdsourcing Behaviour for Mass Photogrammetry of 3D Cultural Heritage, *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 1(1): 1–24. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3569090>.
- Desai, A., Warner, J., Kuderer, N., Thompson, M., Painter, C., Lyman, G., Lopes, G. (2020), Crowdsourcing a crisis response for COVID-19 in oncology. *Nature Cancer*, 1(5), 473-476. DOI: 10.1038/s43018-020-0065-z.
- Dhonju, H. K., Xiao, W., Shakya, B., Mills, J. P., Sarhosis, V. (2017), Documentation of heritage structures through geo-crowdsourcing and webmapping. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 17-21, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-17-2017.
- Frahm, J. M., Pollefeys, M., Lazebnik, S., Gallup, D., Clipp, B., Raguram, R., Johnson, T. (2010), Fast robust large-scale mapping from video and internet photo collections. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6), 538-549. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2010.08.009.
- Gkeli, M., Potsiou, C., Ioannidis, C. (2020), A technical solution for 3D crowdsourced cadastral surveys, *Land use policy*, 98, 104419. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104419.
- Gong, Y., van Engelenburg, S., Janssen, M. (2021), A reference architecture for blockchain-based crowdsourcing platforms, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(4), 937-958, DOI: 10.3390/jtaer16040053.
- Johnson, B. P., Dayan, E., Censor, N., Cohen, L. G. (2022), Crowdsourcing in cognitive and systems neuroscience, *The Neuroscientist*, 28(5), 425-437. DOI: 10.1177/10738584211017018.
- Li, L., Tang, L., Zhu, H., Zhang, H., Yang, F., Qin, W. (2017), Semantic 3D modeling based on CityGML for ancient Chinese-style architectural roofs of digital heritage, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(5), 132. DOI: 10.3390/ijgi6050132.
- Litman, L., Robinson, J., Abberbock, T. (2017), TurkPrime. com: A versatile crowdsourcing data acquisition platform for the behavioral sciences. *Behavior research methods*, 49(2), 433-442, DOI: 10.3758/s13428-016-0727-z.
- Liu, Z., Brigham, R., Long, E. R., Wilson, L., Frost, A., Orr, S. A., Grau-Bové, J. (2022), Semantic segmentation and photogrammetry of crowdsourced images to monitor historic facades, *Heritage Science*, 10(1), 1-17. DOI: 10.1186/s40494-022-00664-y.
- Mao, K., Capra, L., Harman, M., Jia, Y. (2017), A survey of the use of crowdsourcing in software engineering, *Journal of Systems and Software*, 126, 57-84. DOI: 10.1016/j.jss.2016.09.015.
- Shishido, H., Ito, Y., Kawamura, Y., Matsui, T., Morishima, A., Kitahara, I. (2017), Proactive preservation of world heritage by crowdsourcing and 3D reconstruction technology, In *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 4426-4428, IEEE. DOI: 10.1109/BigData.2017.8258479.

- Snavely, N., Seitz, S. M., Szeliski, R. (2006), Photo tourism: exploring photo collections in 3D, *In ACM siggraph 2006 papers*, 835-846. DOI: 10.1145/1141911.1141964.
- Somogyi, A., Barsi, A., Molnar, B., Lovas, T. (2016), Crowd sourcing based 3d modeling. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41(B5). DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B5-587-2016.
- Stathopoulou, E. K., Georgopoulos, A., Panagiotopoulos, G., Kaliampakos, D. (2015), Crowdsourcing Lost Cultural Heritage. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2, DOI:10.5194/isprsannals-II-5-W3-295-2015.
- Themistocleous, K. (2017), Model reconstruction for 3D visualization of cultural heritage sites using open data from social media: *The case study of Soli, Cyprus. Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 774-781. DOI: 10.1016/j.jasrep.2016.08.045.
- Tabib, R.A., Santoshkumar, T., Pradhu, V., Patil, U., Mudenagudi, U. (2021), Categorization and Selection of Crowdsourced Images Towards 3D Reconstruction of Heritage Sites. *In Digital Techniques for Heritage Presentation and Preservation*, pp. 133-146, Springer, Cham. DOI: 1007/978-3-030-57907-4_7.
- Tong, Y., Zhou, Z., Zeng, Y., Chen, L., Shahabi, C. (2020), Spatial crowdsourcing: a survey. *The VLDB Journal*, 29(1), 217-250. DOI: 10.1007/s00778-019-00568-7.
- Uslu A., Uysal, M. (2021), Kitle kaynaklı fotoğraflar kullanılarak kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi ve web tabanlı görselleştirilmesi: Afrodisias-Tetrapylon örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(3), 632-639. DOI: 10.35414/akufemubid.889211.
- Vincent, M. L., Gutierrez, M. F., Coughenour, C., Manuel, V., Bendicho, L. M., Remondino, F., Fritsch, D. (2015), Crowd-sourcing the 3D digital reconstructions of lost cultural heritage, *In 2015 Digital Heritage*, 1, 171-172. DOI: 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413863.
- Wahbeh, W., Nebiker, S., Fangi, G. (2016), Combining public domain and professional panoramic imagery for the accurate and dense 3D reconstruction of the destroyed bel temple in Palmyra, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3, 81, DOI: 10.5194/isprs-annals-III-5-81-2016.
- Wu, C. (2011), VisualSFM: A visual structure from motion system. <http://www.cs.washington.edu/homes/ccwu/vsfm>.
- Xue, Y., Zhang, S., Zhou, M., Zhu, H. (2021), Novel SfM-DLT method for metro tunnel 3D reconstruction and Visualization, *Underground Space*, 6(2), 134-141. DOI: 10.1016/j.undsp.2020.01.002.
- Yuen, M. C., King, I., Leung, K. S. (2011), A survey of crowdsourcing systems, *In 2011 IEEE third international conference on privacy, security, risk and trust and 2011 IEEE third international conference on social computing*, 766-773, DOI: 10.1109/PASSAT/SocialCom.2011.203.
- Zhou, B., Ma, W., Li, Q., El-Sheimy, N., Mao, Q., Li, Y., Zhu, J. (2021), Crowdsourcing-based indoor mapping using smartphones: A survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 177, 131-146. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2021.05.006.

URL 1 (2022), Troya Atı, <https://www.kulturportali.gov.tr/portal/troyaati>, Son erişim tarihi: 05.11.2022.

URL 2 (2022), Youtube videosu, <https://www.youtube.com/watch?v=Cy6FS0MSgkA>, Son erişim tarihi: 08.11.2022.

URL 3 (2022), KMPlayer, <https://www.kmplayer.com/home>, Son erişim tarihi: 08.11.2022.

URL 4 (2022), VisualSFM, <http://ccwu.me/vsfm/index.html>, Son erişim tarihi: 09.11.2022.

URL 5 (2022), CloudCompare, <https://www.danielgm.net/cc>, Son erişim tarihi: 09.11.2022.