

Araştırma Makalesi

Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği

Mehmet Özgür ÇELİK¹, İrem YAKAR², Seda Nur Gamze HAMAL¹, Ganime Melike OĞUZ¹, Engin KANUN¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Hareket ile Nesne Oluşturma
3B Model
Kültürel Miras

Gözne Kalesi tarihi önemi bulunan kültürel miras niteliğinde bir varlıktır. Kültürel mirasın belgelenmesi; korunması ve yönetilmesi için önemlidir. Bu çalışmalarda gelişen teknolojiyle birlikte fotogrametrik yöntemler kullanılmakta ve kültür varlıkların üç boyutlu (3B) modeli üretilmektedir. Oluşturulan 3B model kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılması, restitüsyon ve restorasyon çalışmalarında kullanılmaktadır. Model oluşturmada sıklıkla tercih edilen yöntem ise Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM) yöntemidir. SFM, iki boyutlu (2B) çekilen görüntülerden 3B model üretilmesini amaçlayan stereo görüntü tekniğini kullanan klasik bir fotogrametri yaklaşımıdır. Yöntemin temel amacı, 3B modellemektir. Diğer fotogrametrik tekniklere kıyasla, model geometrisi ve kamera pozisyon bilgisi otomatik olarak çözüldüğünden dolayı ayrıca kamera kalibrasyonuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu çalışmada farklı 3B teknikleri ve parametreler kullanılarak, Gözne Kalesi'nin belgelenmesi amacıyla 3B modeller SFM algoritmasını kullanan ticari bir yazılımla oluşturulmuş ve 3B modellerin karşılaştırılması yapılmıştır.

The Use of 3D Models Obtained by The Use of Sfm Technique in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of Castle Gozne

ABSTRACT

Keywords:

Structure From Motion
3D Model
Cultural Heritage

Gozne Castle is a cultural heritage property of historical importance. Documenting cultural heritage is of fundamental importance for protection and management. In this aspect, photogrammetric methods are used as a result of the developing technology. Thus, three dimensional (3D) models of cultural heritages are produced. The 3D model created is used in transferring cultural heritage to future generations, restitution and restoration studies. In this regard, the frequently preferred method is Structure From Motion (SFM) method. SFM is a classic photogrammetry approach that uses the stereo image technique, which aims to produce a 3D model from two dimensional (2D) captured images. The fundamental purpose of the method is 3D modeling. Compared to other photogrammetric techniques, model geometry and camera position information automatically decodes. Therefore, camera calibration is not required. In this study, 3D models of Castle Gozne is produced by the use of different flight techniques and parameters by using a commercial software which uses the SFM algorithm. The comparison of 3D models is also made

*Sorumlu Yazar

(mozgurcelikersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4569-888X
(yakari@itu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7823-9674
(sedanurgamzeshamal@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1050-3088
(melikoguzz@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-0241-6870
(ekanun@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2369-5322

Araştırma Makalesi
DOI: XXXXXXXXXXXXX

Kaynak Göster (APA);

Çelik, M.Ö., Yakar, İ., Hamal, S.N.G., Oğuz, G.M. & Kanun, E. (2020). Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.

Geliş Tarihi: 06/04/2020; Kabul Tarihi: 06/05/2020

1. GİRİŞ

Mersin ili içerisinde bulunan, tarihi Ortaçağ dönemine dayanan Gözne Kalesi kültür varlığı özelliğine sahiptir. Kale, Toros Dağların güney yamacına kurulu Gözne Mahallesi'nde yer almaktadır. İl merkezine uzaklığı ise yaklaşık 30 km'dir (URL-1). Kale 1085 metre yükseklikte bulunan sarp kayalıklar üzerine inşa edilmiş, doğu ve batı olmak üzere iki yapıdan oluşmaktadır (URL-1). Doğudaki yapı üçü güneyde, biri doğuda toplamda dikdörtgen biçimli dört burçtan meydana gelmektedir (URL-1). Giriş batı kısmında yer alan tek kapıdandır. Batıdaki yapı ise üç pencere, iki kapıdan oluşan altıgen formlu kuledir (URL-1). Kulede tonoz taşların üzerinde süslemelerin bulunması kalenin bu bölümünün rütbeli asker veya yöneticiler tarafından kullanılmış olabileceğini göstermektedir (Sözlü ve Yılmaz, 2018). Kale yakınında bulunan Belenkeşlik ve Sinap Kaleleriyle birlikte bölgenin önemli ve büyük kalelerinden olan Çandır Kalesi yol güzergâhındadır. Bu çerçevede bakıldığında bazı kaynaklarda, bu yolu kontrol altında tutmak amacıyla karakol niteliğinde yapıldığı (URL-2) ve Ortaçağ savunma yapıları arasında kaldığı ifade edilmektedir (Sözlü ve Yılmaz, 2018).

Fotogrametri; bindirmeli olarak çekilen resimler aracılığıyla yeryüzündeki nesnelerin konumunu, şeklini ve boyutunu belirlemeye yarayan bilim dalıdır (Kraus, 1993; Yaşayan, 2011). Gelişen ve ilerleyen teknolojiyle birlikte fotogrametri klasik yersel ölçümlere göre daha doğru ve hızlı sonuçlar vermeye başlamıştır (Çelik vd., 2020). Günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Fotogrametrik yöntemlerle üç boyutlu (3B) modelleme; küçük alanlardan geniş ve büyük alanlara, tarım, maden vb. alanlardan tarihi önemi bulunan kültürel yapılara kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Ulvi ve Toprak, 2016; Yılmaz vd., 2018; Ulvi vd., 2019). Bundan dolayı 3B model oluşturmada farklı fotogrametrik yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır (Sarıtürk ve Şeker, 2017). En çok tercih edilen ise Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM) yöntemi olmuştur (Dellaert vd., 2000; Furukawa ve Hernández, 2013; Sarıtürk ve Şeker, 2017).

SFM; sıralı olarak çekilen iki boyutlu (2B) görüntülerden 3B modeli üretilmek istenen objenin ortak noktalarının tespit edilerek modeli oluşturmak için stereo görüntü tekniğini kullanan klasik bir fotogrametri yaklaşımıdır (Dellaert vd., 2000; Furukawa ve Hernández, 2013; Yakar ve Doğan, 2017). Yöntemde temel amaç, 3B modelleme olduğu için harita üretimine kıyasla daha çok 3B görselleştirme çalışmalarında kullanılmaktadır (Seren ve Demirel, 2016). Ayrıca bu teknik yüksek çözünürlüklü büyük veri setleriyle düşük maliyetli çalışma imkânı sağlamaktadır (Kolzenburg vd., 2016; Morgan ve Brogan, 2016; Sarıtürk ve Şeker, 2017). Bu çalışmada, çalışma alanı olan Gözne Kalesi'nin 3B modelleri SFM algoritmasını kullanan Agisoft Photoscan programı ile oluşturulmuş ve 3B

modellerin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kalenin 3B modelleri farklı açılardan ve farklı uçuş teknikleri ile çekilen 97 fotoğraftan elde edilmiştir. Üretilen bu farklı modellerin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışma alanına ilişkin 3B modeller SFM algoritmasına sahip ticari yazılım Agisoft Photoscan ile üretilmiştir. 3B modellerin oluşturulabilmesi için üç farklı uçuş tekniği (grid, double grid ve circular) kullanılmıştır. Modellerin koordinatlı olması amacıyla GNSS alıcısı ile yer kontrol noktalarının (YKN) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Arazi Çalışmaları

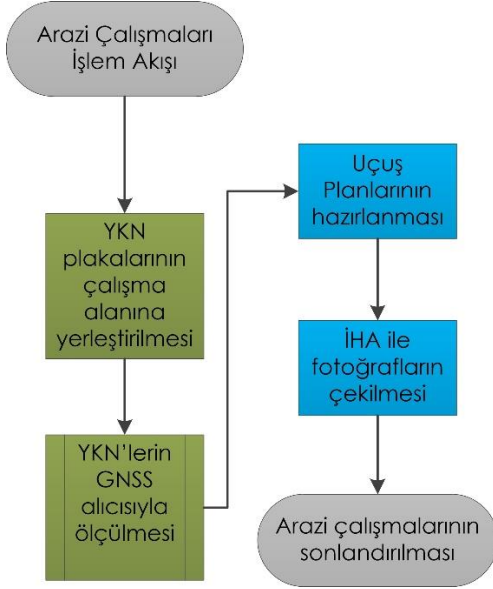
Çalışma çerçevesinde kalenin 3B modellerinin koordinatlı üretilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda çalışma alanını kapsayacak şekilde YKN'ler tesis edilmiştir. Öncelikle YKN'lerin çalışma bölgesine eşit dağılmasına dikkat edilmiştir. Sonrasında ise işaretlenen YKN'lerin koordinatları; Satlab SL800 GNSS alıcısı ile, UTM projeksiyonunda ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005.0 epok, 3 derece bölge 36 (EPSG:5256), TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde ölçülmüştür. Toplamda 5 adet YKN arazide işaretlenmiş ve koordinatlandırılmıştır.

3B model üretimi için gerekli olan fotoğraflar 21 MP 4K HDR kamera özelliğine sahip Parrot Anafi İnsansız Hava Aracı (İHA) ile çekilmiştir. Fotoğraflar çekilmeden önce ilk olarak uçuş planları hazırlanmıştır. Planlar İHA ile entegrasyonu yapılabilen Pix4Dcapture uygulamasında hazırlanmıştır. Üç farklı uçuş tekniği (grid, double grid ve circular) ve iki farklı kamera açısı (60° ve 80°) kullanılmıştır. Tüm uçuşlar 30 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir. İlk iki teknikte boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olacak şekilde, circular mission'da ise iki fotoğraf arasındaki açı 4° ayarlanmıştır. (İHA belirlenen açıya (4°) her ulaştığında fotoğraf çekmiştir.) Yer örnekleme aralığı (YÖA) grid mission'da 0.82 cm/piksel, double grid mission'da 0.84 cm/piksel ve circular mission'da ise 0.99 cm/pikseldir.

Tablo 1. Kullanılan uçuş teknikleri ve parametreler

Uçuş Tekniği	H (m)	Kamera açısı	YÖA	Bindirme oranı	
				Enine	Boyuna
Grid		80°	0.82 cm/pix	%70	%80
Double grid	30	80°	0.84 cm/pix	%70	%80
Circular		60°	0.99 cm/pix	%70	%80

Arazi çalışmaları sırasında gerçekleştirilen işlem adımları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1).

**Şekil 1.** Arazi çalışmaları işlem akışı diyagramı

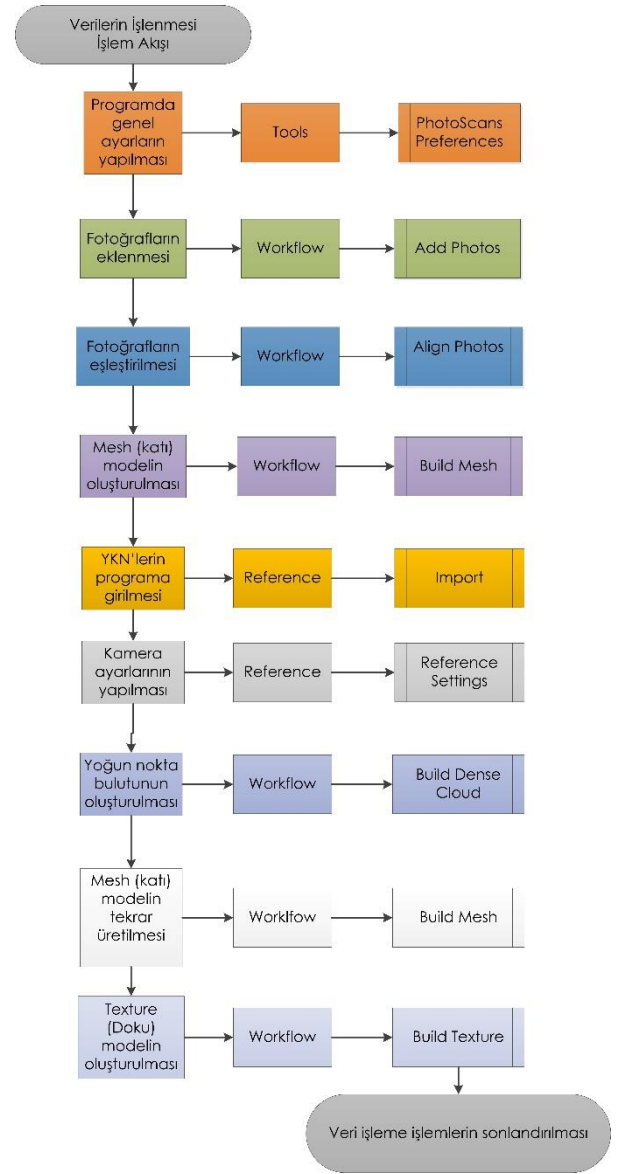
3.2. Ofis Çalışmaları

3.2.1. Verilerin işlenmesi

Arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra elde edilen verilerin işleme aşamasına geçilmiştir. Çekilen görüntülerden Gözne Kalesi'ne ait 3B modellerin üretimi için Agisoft Photoscan programı kullanılmıştır. Agisoft programı; 3B rekonstrüksiyon, görselleştirme ve harita üretimi için geliştirilmiş ticari bir yazılımdır (URL-3).

Fotoğraflar yazılıma aktarılmış ve eşleştirilmiştir. Eşleştirilen fotoğraflardan seyrek nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu nokta bulutundan katı (mesh) model üretilmiştir. Bu işlemim temel amacı, geometrinin (model) oluşturularak YKN'lerin daha doğru şekilde model üzerinde işaretlenmesidir.

YKN'ler işaretlendikten sonra ilgisiz ve gereksiz noktaların elimine edilmesiyle yoğun nokta bulutu üretilmiştir. Bu aşamadan sonra tekrar katı model yoğun nokta bulutundan oluşturulmuş, bu modele dokunun (texture) giydirilmesiyle Kaleye ilişkin 3B modeller üretilmiştir. Yapılan işlemler aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 2).

**Şekil 2.** Verilerin işlenmesi çalışmaları işlem akışı diyagramı (Çelik vd., 2020'den düzenlenmiştir)

3.2.2. 3B Modellerin oluşturulması

3 uçuş tekniği, 2 kamera açısı ile 3 farklı uçuş 30 m yükseklikten gerçekleştirilerek 3B model üretimi için gerekli veriler (fotoğraflar) elde edilmiştir. Bu veriler ışığında 3B modeller oluşturulmuştur.

İlk olarak, grid mission tekniğinde, kamera açısı: 80°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.82 cm/piksel ve boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olacak şekilde parametreler belirlenmiş ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak elde edilen katı model ve doku giydirilmiş 3B model Şekil 3'te gösterilmiştir.



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 3. Grid mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

İkinci olarak, double grid mission tekniğinde, kamera açısı: 80°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.84 cm/piksel ve boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olarak parametreler ayarlanmış ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak oluşturulan katı model ve doku giydirilmiş 3B model aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 4).



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 4. Double grid mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

Son olarak ise, circular mission tekniğinde, kamera açısı: 60°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.99 cm/piksel ve iki fotoğraf arasındaki açı 4° olacak şekilde parametreler düzenlenmiş ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak oluşturulan katı model ve doku giydirilmiş 3B model aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5).



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 5. Circular mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

4. BULGULAR

Bu çalışmada, farklı uçuş teknikleri ve kamera açıları kullanılarak oluşturulan modeller irdelenmiştir. Tüm uçuşların aynı yükseklikten gerçekleştirilmesi tekniklerin sağlıklı kıyaslanmasının önünü açmıştır. İlk teknik (grid mission) kullanılarak İHA ile gerçekleştirilen uçuş sonucunda üretilen modelin; diğer tekniklerle karşılaştırıldığında yer örnekleme aralığı (YÖA) en iyi olan yöntem olduğu görülmektedir. Bu özelliği nedeniyle arazi hakkında daha ayrıntılı bilginin bu model üzerinden elde edilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca model üzerinden, ölçümü yapılan YKN'lerin koordinatlarının okunmasının ve arazi üzerindeki detayların (yol, köprü, tarım alanı, bina vd.) tespit edilmesinin daha kolay gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Bunun sonucu olarak bu tekniğin daha çok arazi parçalarına ait harita üretimi (özellikle 2B harita) çalışmalarında kullanılması gerektiği öngörülmektedir.

Kullanılan ikinci teknik (double grid mission) ile oluşturulan modelin; hem harita üretimi hem de 3B model üretimi için başarılı bir performans sunduğu görülmektedir. Diğer tekniklerle karşılaştırıldığında harita üretimi için üçüncü teknikten, 3B model için ilk teknikten daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Harita üretimi için ilk teknikle kıyaslandığında ise, aynı arazi parçası bu teknikle iki kez uçulduğu (tarandığı) ve bunun sonucunda daha çok fotoğraf elde edildiği için harita çalışmalarında kullanılmasının daha uygun olabileceği öngörülmektedir.

Üçüncü ve son teknik (circular mission) ile elde edilen modelin; 3B model oluşturma çalışmalarında en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Bu yöntemin kullanılmasının temel amacı, yapıların (okul, bina, kültürel önemi olan kale, mezar vb.) 3B modellenmesi olduğu belirtilmektedir (URL-4). Ayrıca herhangi bir yapının 3B modelinin başarılı bir şekilde üretilebilmesi için yapının yan yüzeylerinin de görüntülenmesi gerekmektedir. Kullanılan teknik bu imkânı sağlamaktadır.

Tablo 2. Uçuş tekniklerin kullanıldığı çalışma alanları

Uçuş Tekniği	Harita üretimi	3B model
1. Grid	X	
2.Doublegrid	X	X
3. Circular		X

5. SONUÇLAR

Yapılacak çalışmanın amacı ve çalışma sonucunda beklenen çıktı ürünün özelliğine göre kullanılacak teknik ve parametrelerin (uçuş yüksekliği, kamera açısı, bindirme oranı gibi) değişiklik göstermesi gerektiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, geçmişten günümüze ayakta kalarak gelebilmiş, kültür varlığı olan Gözne Kalesi'nin belgelenmesi ve farklı uçuş tekniklerinin sonuç ürününe katkısının irdelenmesidir.

Kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında günümüzde fotogrametrik yöntemler sıklıkla kullanılmakta ve bu tarihi önemi bulunan varlıkların 3B modeli üretilmektedir. Oluşturulan bu modelin kültürel miras niteliğindeki varlıkların daha iyi şekilde korunması, yönetilmesi, gelecek nesillere aktarılması, restitüsyon ve restorasyon çalışmalarında kullanılabilmesi ifade edilmektedir.

Çalışmanın devamında oluşturulan 3B modelin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile entegrasyonun gerçekleştirilmesi amaçlanmakta, 3B modelin web portalı üzerinden sunulması ile kültür varlığının tanınırlığının ve ülke turizmüne katkısının artırılması öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Çelik, M, Alptekin, A, Bünyan Ünel, F, Kuşak, L, & Kanun, E. (2020). The Effect Of Different Flight Heights On Generated Digital Products: DSM and Orthophoto. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2 (1), 1-9. Retrieved from <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Mephoj/Issue/52791/636366>.
- Dellaert, F. Seitz, S. M., Thorpe, C. E., & Thrun, S. (2000). Structure from motion without correspondence. *Proceedings. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000 (Cat. No.PR00662)*, Hilton Head Island, SC, 557-564 Vol. 2, doi:10.1109/CVPR.2000.854916.
- Furukawa, Y., ve Hernández, C. (2013). Multi-View Stereo: A Tutorial. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, Vol. 9, No. 1-2, 1-148.
- Kraus, K. (1993). *Photogrammetry Volume I, Fundamentals and Standard Process*, Ferd. Dümmlers Verlag, ISBN: 978-3427786849 Bonn, Germany.
- Kolzenburg, S., Favalli, M., Fornaciai, A., Isola, I., Harris, A. J. L., Nannipieri, L., & Giordano, D. (2016). Rapid updating and improvement of airborne lidar DEMs through ground-based sfm 3-d modelling of volcanic features. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 11, 6687-6699.
- Morgan, J. A., ve Brogan, D. J. (2016). *How to Visual SFM*. Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Sarıtürk, B., ve Şeker D.Z. (2017). SFM Tekniği ile 3B Obje Modellenmesinde Kullanılan Ticari ve Açık-Kaynak Kodlu Yazılımların Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 126-131.
- Seren, A. M., ve Demirel, H. (2016). Açık Alanda Bulunan Büyük Objelerin 3 Boyutlu Modellenmesi: Güncel Geomatik Mühendisliği Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 8. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 19-21 Ekim 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sözlü, H., ve Yılmaz L. (2018). Mersin Orta Toroslar'da Sinap, Gözne ve Belenkeşlik Kaleleri. *I. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu / 1. International Mediterranean Symposium, Bildiri Tam Metinleri Kitabı*, 6(6), 193-209, ISBN: 978-605-81003-5-0, Mersin.

- Ulvi, A., ve Toprak, A.S. (2016). Investigation Of Three-Dimensional Modelling Availability Taken Photograph Of The Unmanned Aerial Vehicle; Sample Of Kanlidivane Church. *International Journal Of Engineering and Geosciences*, 1(1), 1-7. doi: 10.26833/ijeg.285216.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A., & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal Of Engineering Science*, 7(3), 64-73, doi: 0.13189/ujes.2019.070303.
- Yılmaz, H. M., Mutluoglu, O., Ulvi, A., Yaman, A., & Bilgilioglu, S. S. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Journal of Geomatics*, No. 2018; 3(2), 129-136.
- Yakar, M., ve Dogan, Y. (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 94-101.
- Yaşayan, A. (2011). Fotogramteri. *T.C. Anadolu Üniversitesi yayınları*, No. 2295, Eskişehir, Türkiye.

İnternet Kaynakları

URL-1.

<https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/merisn/gezilecekyer/gozne-kalesi>
[Erişim Tarihi: 30.03.2020]

URL-2.

<http://www.dosimm.gov.tr/muze/252>
[Erişim Tarihi: 30.03.2020]

URL-3.

<https://www.agisoft.com/about/>
[Erişim Tarihi: 02.04.2020]

URL-4.

<https://www.pix4d.com/blog/3d-models-choose-angle-between-images-circular-missions>
[Erişim Tarihi: 02.04.2020]