

# İHA FOTOGRAMETRİSİNİN ARKEOLOJİK YÜZEY ARAŞTIRMALARINA KATKILARININ İNCELENMESİ

## AN INVESTIGATION OF THE CONTRIBUTIONS OF UAV PHOTOGRAMMETRY TO ARCHEOLOGICAL SURVEY

### Makale Bilgisi | Article Info

Başvuru: 08 Mart 2021	Received: March 08, 2021
Hakem Değerlendirmesi: 11 Mart 2021	Peer Review: March 11, 2021
Kabul: 01 Eylül 2021	Accepted: September 01, 2021

DOI : 10.22520/tubaar2021.28.009

**Nizar Polat<sup>1</sup>- Seçil Çokoğullu<sup>2</sup>- Abdulkadir Memduhoğlu<sup>3</sup>- Mustafa Ulukavak<sup>4</sup>  
Halil İbrahim Şenol<sup>5</sup>- Muharrem Oral<sup>6</sup>- Mahmut Karaçizmeli<sup>7</sup>- Özgür Marangoz<sup>8</sup>**

### ÖZET

Anadolu'nun Bereketli Hilal olarak tanımlanan bölgesinde, yerleşik hayata geçmeye başlayan insanoğlunun gelişimi büyük bir ivme kazanmış ve insanoğlu bu coğrafyada sayısız eser bırakmıştır. Bu eserlerden elde edilecek olan binlerce yıllık bilgi ve birikimin orijinal özelliklerinin korunarak belgelendirilmesi ve gelecek nesillere aktarılması kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda arkeolojik alanların ortaya çıkarılması için ilk olarak uygulanacak yöntemlerden biri yüzey araştırmasıdır. Yüzey araştırmalarında seramik, cam, metal, sikke gibi küçük buluntuların yanı sıra alandaki yapıya dair mimari özellikler de gözlemlenebilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte son yıllarda yüzey araştırmaları için yeni bir veri toplama platformu olan İnsansız Hava Aracı fotogrametrisi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemle, çalışma bölgesine ait koordinat bilgisine sahip ortofoto, sayısal yüzey modeli, eş yükselti eğrileri, en kesit ve boy kesit gibi ürünler elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, Şanlıurfa'nın 80 km güneyinde yer alan ve Şuayip Şehri olarak

- Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: nizarpolat@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-6061-7796
- Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: : secil.uney@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-6245-621X
- Arş. Gör. Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: akadirm@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-9072-869X
- Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: mulukavak@harran.edu.tr ORCID: 0000-0003-2092-3075
- Arş. Gör. Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: hsenol@harran.edu.tr ORCID: 0000-0003-0235-5764
- Arş. Gör. Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: : moral@harran.edu.tr ORCID: 0000-0001-9749-7794
- Öğr. Gör. Harran Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: mahmutkaraçizmeli@harran.edu.tr ORCID: 0000-0001-5465-4710
- Arş. Gör. Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 63000, Şanlıurfa-Türkiye.  
e-posta: ozgur\_m@harran.edu.tr ORCID: 0000-0002-3468-7854



bilinen bölgede İHA fotogrametrisi kullanılarak yukarıda sayılan topografik ürünler elde edilmiş ve bu ürünlerin yüzey araştırmasına katkıları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzey Araştırması, İHA Fotogrametrisi, Şuayip Şehri, Arkeoloji, Kültürel Miras.

## ABSTRACT

The development of human beings, which started to settle in the region of Anatolia defined as the Fertile Crescent, has gained a great momentum and left countless artifact in this geography. It is critical that thousands of years of knowledge and experience to be obtained from these artifacts are documented by preserving their original features and passed on to future generations. In this context, one of the first methods to be applied to reveal archaeological sites is survey. In the survey, in addition to small findings such as ceramics, glass, metal and coins, architectural elements related to the structure in the area can also be found. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry, which is a new data collection platform for survey, has been used frequently in recent years with the developing technology. With this method, products such as coordinated orthophoto, digital surface model, contour lines, cross section and longitudinal section of the study area can be obtained. In this study, the above-mentioned topographic products were obtained by using UAV photogrammetry in the region known as Suayip City, located 80 km south of Sanliurfa and their contribution to the survey was investigated.

**Keywords:** Survey, UAV Photogrammetry, Suayip City, Archaeology, Cultural Heritage.

## GİRİŞ

Son buzul çağının bitimiyle (M.Ö. 14 000 – 12 000) birlikte oluşan uygun iklim koşulları ve buna bağlı olarak barınma ve beslenme gibi daha kolay erişilebilen yaşamsal gereksinimler sonucu insanoğlu öncelikle, Bereketli Hilal olarak tanımlanan ve Anadolu'nun güneyini de kapsayan Mezopotamya'da avcı toplayıcılıktan yerleşik hayata geçmeye başlamıştır. Neolitik devrim olarak da adlandırılan yerleşik hayata geçiş, insanlığın gelişimine büyük bir ivme kazandırmış ve tarih boyunca başta Mezopotamya ve Anadolu toprakları olmak üzere her coğrafyada sayısız eser bırakmıştır. Kadim medeniyetlerin beşiği konumundaki Anadolu toprakları da çok sayıda kültürel ve tarihi mirası bünyesinde barındırmaktadır. Binlerce yıllık birikime sahip olan ve gelecek nesillere aktarılması gereken kültürel varlıkların belgelendirilmesi ve korunması vazgeçilmezdir<sup>1</sup>.

Yukarıda da söz edildiği gibi, tarih boyunca barındırdığı doğal zenginlikler nedeniyle Anadolu'da farklı topluluklar var olmuştur. Günümüzde, Türkiye Cumhuriyeti'nde (Anadolu Bölgesi) 2018 yılı sonunda Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından 113 137 adet taşınmaz kültür varlığı olarak tescil edilmiştir<sup>2</sup>. UNESCO'ya göre miras, geçmişten kalan, bugün yaşadığımız ve gelecek nesillere aktaracağımız şeydir. UNESCO'nun Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına İlişkin Sözleşme'de, kültürel ve doğal mirasın tanımlanması, korunması ve finanse edilmesine ilişkin kararlar alınmıştır<sup>3</sup>. Fakat unutulmamalıdır ki, giderek artan bir şekilde, kültürel miras hem doğal hem de insani nedenlerle yok olmuş veya yok olma tehdidi altındadır. Bu nedenle tescil edilen tarihi mirasların korunması ve belgelenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu eserlerin geleceğe mirası ancak doğru bir biçimde belgelenerek sağlanabilir.

Tescil edilen bu mirasın doğal afetler veya insan faktörleri nedeniyle tahrip edilmesi, zarar görmesi sonucu tazminat verilmesi, kaçırılan eserlerin nerede olduğunu bilinmesi, orijinal özelliklerinin korunması ve orijinal yerlerinde tutulması çok önemlidir<sup>4</sup> (Demirkesen vd., 2005). Tarihin tüm evrelerini içeren ve bize tarihle ilgili her türlü ipucunu veren tarihi eserleri sağlıklı bir dokümantasyonla gelecek nesillere aktarmak mümkündür ve aynı zamanda bir gerekliliktir. Tarihi veya kültürel yapının dokümantasyonu, üç boyutlu uzayda yapının mevcut durumunu (şekil ve konumu)

belirleme, haritasını oluşturma, mümkün olan tüm analizler için gerekli olan etütler, süreçler, depolama ve sunum adımlarının tamamını kapsamaktadır<sup>5</sup>.

Tarihi ve kültürel varlıkların belgelenmesinde ve tescillenmesinde kullanılan yöntemlerden biri yüzeysel araştırmadır. Yüzeysel araştırma, arkeolojik araştırmalarda kullanılan temel yöntemlerden birisi de olup en genel anlamıyla kazı yapmadan, toprağa müdahale etmeden, yüzeyde görülen bulgulara göre yapılan bir ön değerlendirmedir<sup>6</sup>. Yüzeysel araştırmanın yöntemleri de her bilimsel çalışmada olduğu gibi amaç ve hedeflerle bağlı olarak belirlenir. Bununla birlikte çalışmanın gerçekleştirileceği alan, coğrafi ortam ve iklimsel koşullar gibi etkenler de metodolojinin belirlenmesinde önem arz eder<sup>7</sup>.

Yüzeysel araştırmalarında elde edilen bulgular genellikle seramik, cam, metal, sikkeler gibi diğer küçük buluntular ve mimari öğelerdir. Bu bulguların çalışma sahasını tanımlayan bir harita üzerine işlenmesi en temel prensip olmakla birlikte bunların yoğunluğu ve temsiliyeti, belgelemenin yapıldığı iklim koşulları, belgeleme yöntemi, çalışma sahasının çevresel koşulları ve arazi kullanımını gibi birçok unsurla birlikte bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmelidir<sup>8</sup>.

Günümüzde çağdaş arkeolojik kuram çerçevesinde yüzeysel araştırma sadece kazı öncesi uygulanan bir yöntem olmanın ötesinde kendine özgü amaçları olan bir araştırma yöntemi olarak yerleşim sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal olarak tanımlanmasında önemli katkılar sağlamaktadır<sup>9</sup>.

Yüzeysel araştırmaları, gerçekleştirilecek projenin hedeflerine bağlı olarak, bölgesel ve sit odaklı olmak üzere iki ana grupta değerlendirilebilir. Bizim de çalışma konumuzu oluşturan sit odaklı yüzeysel araştırmaları bilinen bir arkeolojik yerleşimin işlevinin, büyüklüğünün, tarihsel sürecinin belirlenmesini, içinde bulunduğu çevreyle etkileşimini, bölgedeki sosyo-politik konumunu tanımlamayı amaçlar. Erozyon, kıyı değişimi, yüzeysel aşındırmaları, depremler gibi doğal tahribatların yanı sıra insan etkisiyle de oluşan tahribatlar arkeolojik sitlerin günümüzdeki durumlarında azımsanmayacak bir etkiye sahiptir. Bu çerçeveden irdelendiğinde yüzeysel araştırmalarının temel amacının arkeolojik belgelemenin yanında çevresel faktörlerin de belirlenmesi olmalıdır. Bu nedenlerle de yüzeysel araştırma projelerinde disiplinler arası bir uygulama yapılması gerekmektedir. Buna bağlı

<sup>1</sup> Uslu vd. 2016: 8(2)/165-176; Şenol vd. 2020: 11(3)/1241-1250.

<sup>2</sup> <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varligi-.html> (Erişim tarihi: 11.02.2021).

<sup>3</sup> UNESCO 1972.

<sup>4</sup> Demirkesen vd. 2005: 10/1-10.

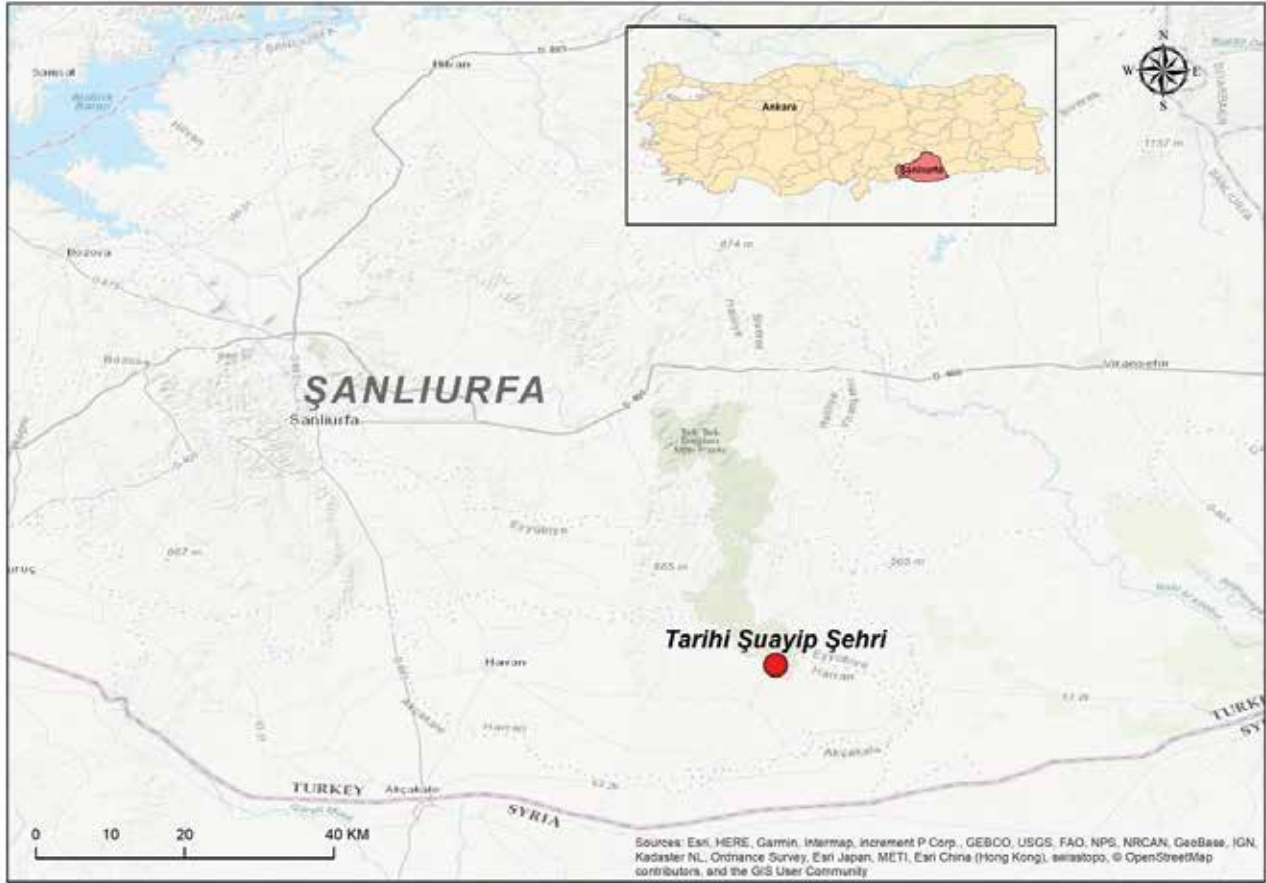
<sup>5</sup> Georgopoulos/Ioannidis 2004: 22-27.

<sup>6</sup> Ozdogan 2014.

<sup>7</sup> Senol vd. 2017: 42/99-101.

<sup>8</sup> Senol vd. 2017: 42/99-101.

<sup>9</sup> Bintliff 2000: 3-20.



Şekil 1. Tarihi Şuayip Şehri'nin konumu / Location of the Historic Şuayip City

olarak da hedefler çerçevesinde uygulanacak yöntemler belirlenir.

Geçen yüzyılın ikinci yarısından bu yana, arkeolojik araştırmalarda büyük ölçüde yer gözlem sistemleri kullanılmıştır<sup>10</sup>. Son on yılda ise, daha yüksek mekansal çözünürlüğe sahip uydu teknolojileri tüm dünyada arkeolojik çalışmalar için yeni fırsat sunmaktadır<sup>11</sup>. Son yıllarda havacılık ve uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmelerle beraber fotogrametri ve İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri de arkeoloji alanında daha etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır<sup>12</sup>. İHA üzerine eklenen yüksek çözünürlüklü kamera sayesinde hızlı bir şekilde çalışma alanının fotoğrafları çekilebilmekte, üç boyutlu arazi haritaları oluşturulabilmekte ve yerden fark edilmesi mümkün olmayan izlerin dağılımları hakkında bilgi edinilebilmektedir<sup>13</sup>. Hava fotoğrafları ton farklılıkları, doku farklılıkları, ilişkisellik, şekil, büyüklük, gölge durumu gibi özelliklerine göre yorumlanırlar. Diğer bir deyişle topraktaki her ton farklılığı bir arkeolojik varlığı ifade ediyor olabilir. Örneğin yapısı değişmiş kültürel toprak doğal toprağa göre daha az ya da daha fazla nem

tutabilir ki bu da hava fotoğraflarında ton ya da doku farklılığı olarak gözlenebilir<sup>14</sup>. Bu çalışmada Şuayip Şehri antik yerleşiminde devam eden yüzey araştırması ve belgeleme adımlarında, fotogrametri ve İHA sistemi kullanım sonuçları sunulmuştur. Böylece, planlanan kazılar öncesinde İHA kullanılarak bölgeye ait topografik ürünler elde edilmiş ve arkeolojik yüzey araştırmasında kullanılmak üzere altlık veriler elde edilmiştir.

### Çalışma Alanı ve İHA

Çalışma alanını oluşturan ve Şuayip Şehri adıyla bilinen antik yerleşim, Şanlıurfa'nın yaklaşık 80 km güneydoğusundaki Tektek dağlarında yer almaktadır (Şekil 1). Yerleşim, kayalık alçak bir tepe ve bu tepenin eteklerine yayılmış vaziyettedir.

Yerleşimin antik dönemdeki adı kesin olarak bilinmemekle birlikte buna ilişkin öneriler bulunmaktadır<sup>15</sup>. Şuayip Peygamber'in bir dönem burada yaşadığına inanılması ve alanda bulunan kaya yerleşimlerinden birinin Şuayip Peygamber makamı olarak kabul görmesi, günümüzde bu yerleşimin "Şuayip Şehri" olarak anılması sonucunu doğurmuştur.

<sup>10</sup> Lasaponara/Masini 2011: 38(9)/1995-2002.

<sup>11</sup> Giardino 2011: 38(9)/2003-2009.

<sup>12</sup> Ulvi vd. 2020: 5(1)/22-30.

<sup>13</sup> Ulvi vd. 2018: 3(2)/43-49.

<sup>14</sup> Kalaycı 2018: 69-107; Colomina/Mollina 2014: 79-97.

<sup>15</sup> Sinclair 1990: 189-190; Lipinski 2000: 124; Güler 2016: 170.



Şekil 2a. Dromosa sahip kaya yerleşimleri / *Rock settlements with dromos*



Şekil 2b. Dromosa sahip kaya yerleşimleri / *Rock settlements with dromos*



Şekil 3. Yüzeydeki yapı kalıntılarının örnek / *Example of structure remains on the surface*

Alanda yer alan yapılar büyük ölçüde Geç Antik Dönem'e ait olmakla birlikte bazılarının Arap istilasının ilk yüzyılında (VII. yüzyıl) inşa edilmiş olabilecekleri öne sürülmektedir<sup>16</sup>. İlk gözlemler çerçevesinde alanda temel olarak iki farklı mimari göze çarpar. Bunlar ana kayaya oyularak yapılmış mekanlar (Şekil 2) ile ana kayanın üstünde yer alan kesme blok taşlardan oluşturulmuş yapılardır (Şekil 3). Bununla birlikte bazı kesme blok taşlardan oluşan yapılar ile altında bulunan ana kayaya oyulmuş mekanlara inen merdivenlerin varlığı tespit edilmiştir. Bu da kaya yerleşimleri ile kesme blok taşlardan oluşan yapıların birlikte kullanıldığını ve iki farklı mimari anlayışın tek bir yapıyı oluşturduğunu göstermektedir.

Yüzey kalıntılarında anlaşıldığı üzere, kesme blok taşlardan oluşturulan yapılar ağırlıklı olarak tepenin kuzey ve batı yamaçlarında yoğunlaşmıştır. Alanın büyük çoğunluğunda temel blokları düzeyinde görülen ya da toprak altında olan bu yapılardan bazıları cephe mimarisi de verecek şekilde günümüze kadar korunagelmıştır.

<sup>16</sup> Sinclair 1990: 189-190; Lipinski 2000: 124; Güler 2016: 170.

Alanın hemen hemen tamamına yayılmış olan ana kayaya oyularak oluşturulan mekanlarda da olasılıkla işlevlerine ve statülerine göre farklılıklar göze çarpmaktadır<sup>17</sup>. Bu mekanların girişleri, yine ana kayaya oyularak yapılmış dromosludur<sup>18</sup>. Genellikle dromosların her iki yanında birer oda bulunmakta olup bu odalar da ana mekanlar gibi plan farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan DJI Mavic 2 Pro İHA sistemi / *DJI Mavic 2 Pro UAV system used in the study*

Çalışmada DJI marka İHA sistemlerinden Mavic2 Pro kullanılmıştır. 8 Km Etkili Menzili, maksimum 31 Dakika Uçuş Süresi, Hasselblad Kamera ile 4K çekim, 1» CMOS Sensör, GPS sensörü, 4 yönlü engel sensörü, Otomatik Eve Dönüş ve yaklaşık 1 kg olma özellikleri ile başarılı bir sistemdir (Şekil 4).

<sup>17</sup> Planları belirlenebilen bu kaya yerleşimlerinde tek odalıdan, birbirleriyle bağlantılı 5 odalıya kadar farklı plan tipleri izlenebilmiştir.

<sup>18</sup> Dromos: Antik çağ mimarisinde bir mekana, özellikle de tholos ya da yer altı yapılarına girişi sağlayan koridor. Buradaki dromoslar topografyaya da bağlı olarak bazen merdivenli bazen de hafif rampa şeklinde düz yapılmışlardır.





Şekil 5. Fotogrametrik uçuş planı / Photogrammetric flight plan

### İHA Fotogrametrisi

Teknolojideki hızlı gelişmelere paralel olarak uzaktan algılama ve fotogrametride de çığır açan yenilikler ortaya çıkmıştır. Özellikle İHA'ların platform olarak farklı sensörlerle beraber kullanımı çeşitli mühendislik ve sosyal bilimler disiplinlerinde kendine yer bulmuştur. Fotogrametrinin sunduğu olanaklar ve dijital kameraların sürekli geliştirilmesi, son yıllarda ucuzlayan ve farklı sensörlerle donatılan İHA sistemleriyle entegre edilerek arkeoloji, mimari ve çevresel belgelendirme alanlarında fotogrametrik çözümler sunmaya başlamıştır.

Harita mühendisliği kapsamında İHA fotogrametrisi, İHA platformlarına sayısal kamera entegre ederek, fotogrametrik uçuş planı doğrultusunda hava fotoğraflarının elde edilmesi ve bunların fotogrametrik yaklaşımlarla işlenmesini kapsayan işlemler bütünü olarak tanımlanabilir. Çoğunlukla farklı türde alanlarda ve uygulamalarda kullanılan İHA platformları birçok kategoriye ayrılabilir. Bunlar; ekipman, uçuş türü, sensörler, menzil ve yükseklik şeklinde gruplandırılabilir. Türlerine göre üç hava platformu kategorisine devam edebiliriz ki bunlar sabit kanatlı İHA, döner kanatlı İHA ve VTOL İHA olarak adlandırılırlar. Öncelikle kanat kitlerinde ve davranışlarının bağlı olduğu parametrelerde farklılık gösterirler. Kısaca, çok pervaneli bir İHA düşük yükseklikte daha stabil bir şekilde uçabilir, ancak uçuş süresi açısından aynı şekilde bir avantaja sahip değildir. Sabit kanatlı İHA daha uzun süreler uçabilir ve daha yüksek yüksekliklere ulaşabilir, ancak sürekli bir uçuş trendine ihtiyaç duyar<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Chiabrando vd. 2018: 9(18)/28-43.

Hava fotoğrafları elde edildikten sonra, fotogrametrik olarak işlenmesi ve ihtiyaca cevap verecek fotogrametrik ürünlerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu noktada İHA fotogrametrisinde klasik fotogrametriden farklı olarak hareket tabanlı algılama (Structure from Motion -SfM) yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır<sup>20</sup>. SfM, fotogrametri ile aynı temel koşullar altında çalışır. İlgili nesnenin 3 boyutlu yapısını elde etmek için üst üste binen görüntüleri kullanır. SfM matematiksel olarak denklem (1)'deki gibi tanımlanabilir (Aanæs, 2003);

$$\min (1)$$

burada, kalibrasyon matrisi, yapı, ve hareket ve en uygun veri olarak tanımlanabilir.

SfM, fotoğrafları eşleme, seyrek ve yoğun nokta bulutu üretme, üç boyutlu model, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto gibi birçok ürün üretmeye imkan vermektedir. Görüntü işleme adımları ciddi zaman alabilmektedir. Bu sebeple Tam bir yazılım performansı için yüksek performanslı bilgisayar kullanımı özellikle önerilmektedir<sup>21</sup>. SfM kullanılan çalışmalarda, Agisoft gibi birçok ticari yazılım yaygın olarak kullanılmaktadır.

<sup>20</sup> Ulvi vd. 2019: 7(3)/64-73; Kaya vd. 2021: 165/57-72.

<sup>21</sup> Siebert/Teizer 2014: 1-14.



Şekil 6. Örnek hava fotoğrafları / Sample aerial photographs

## UYGULAMA

### Uçuş Planının Hazırlanması

İHA'lar ile çalışırken birden fazla parametre dikkate alınmalıdır. Öncelikle uçuş planı iyi yapılmalı ve oluşabilecek hataların senaryoları dikkatlice gözden geçirilmelidir. Bölgenin uçuş anındaki hava koşulları (sıcaklık, basınç, nem) kontrol edilmelidir. Uçuşun yapılacağı alanda karşılaşılabilecek engellerin tespiti için, uçuş öncesi alana gidilerek karadaki tehlikeli yüksek cisimlerin kontrol edilmesi gerekmektedir. İHA'nın düzgün kalkış yapabilmesi için olabildiğince düz bir yüzey seçilmelidir. Uçuşa başlamadan önce uçuş öncesi hazırlıklar adım adım kontrol edilmeli ve ardından uçuşa başlanmalıdır.

İHA uçuşu için «Pix4D Capture» yazılımı ile uçuş planı hazırlanmıştır. Fotoğrafların çekimi için, % 80 boyuna ve % 60 enine bindirme olacak şekilde ayarlanmıştır. Yer örnekleme mesafesi (Ground Sampling Distance - GSD), 120 m'lik bir uçuş yüksekliği için 3.24 cm olarak hesaplanmıştır. Tüm kontroller tamamlandıktan sonra uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuş 20 dakika sürmüştür ve toplam 285 fotoğraf çekilmiştir. On kolon şeklinde planlanan uçuş rotası Şekil 5'te verilmiştir.

### Hava Fotoğraflarının İşlenmesi

Uçuş sonrası bölgeye ait hava fotoğrafları elde edilmiştir. DJI mavic 2 pro sisteminde kullanılan Hasselblad kamera sayesinde yüksek görüntü kalitesinde fotoğraflar elde edilmiştir (Şekil 6). Rüzgar nedeniyle iniş ve kalkışlarda bulanık çekilen fotoğraflar veri setinden çıkarılmıştır.

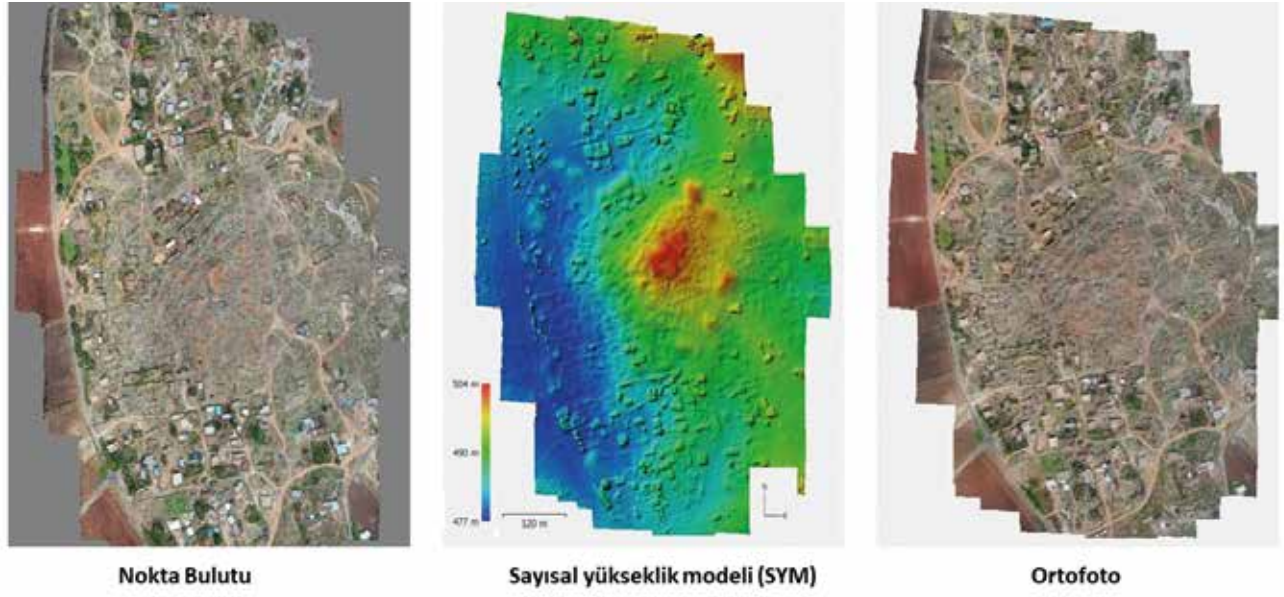
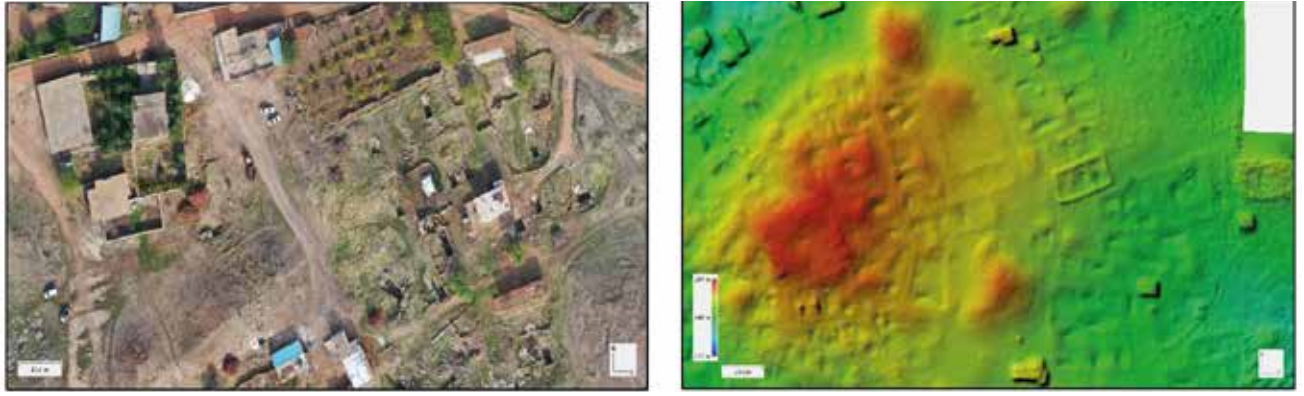
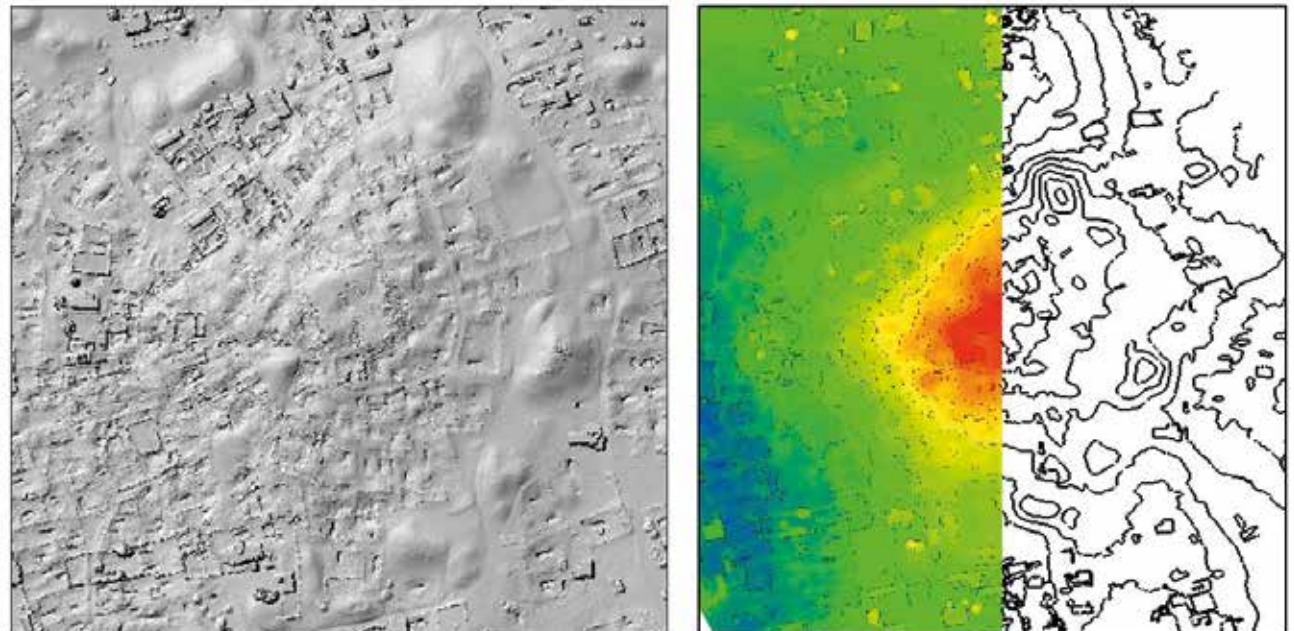
İHA ile uçuş sonucu elde edilen görüntülerin kullanılabilmesi için fotoğrafların eğrilik, dönme ve yükseklik farkından kaynaklanan hataların düzeltilmesi ve ortogonal projeksiyon haline getirilmesi gerekmektedir. Bu hatalar düzeltilir ve dijital görüntüler ortofoto adı verilen ortogonal görünümlere dönüştürülür. İHA'dan elde edilen veriler Agisoft yazılımı ile değerlendirilerek nokta bulutu, Sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ortofoto görüntü gibi sonuç ürünler elde edilmiştir (Şekil 7).

### Sonuç Ürünlerin İncelenmesi

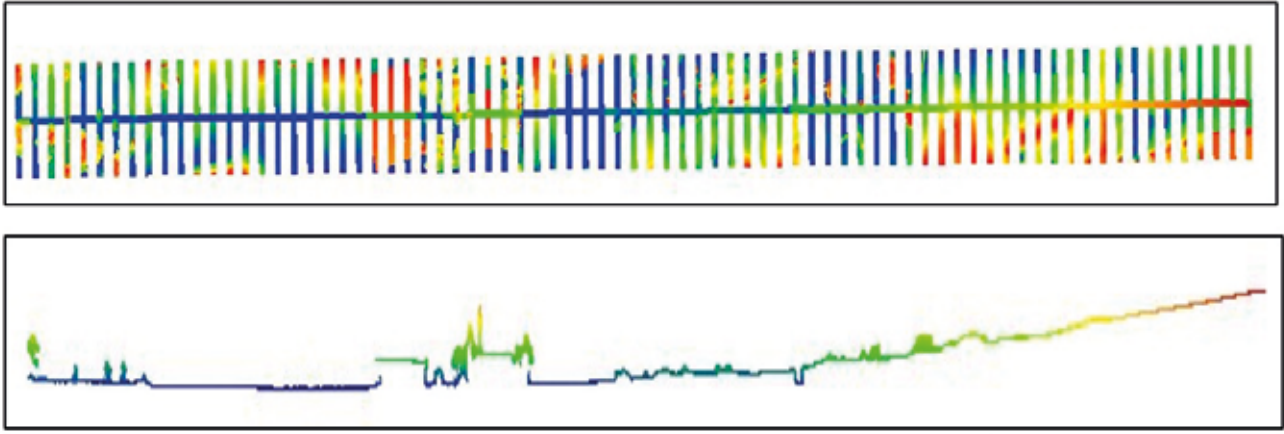
Çalışmanın amacı olan yüzey araştırması için 0.457 km<sup>2</sup> alana yayılmış antik yerleşimin kalıntılarını bütüncül bir gözle görmek gerekmektedir. Bu noktada İHA ile üretilen yüksek çözünürlüklü ortofoto tüm çalışma alanını sunmaktadır. Ortofoto üzerinden bölgedeki kalıntıların dağılımı yaklaşık sokak ve bina yerleşimleri görülebilmektedir. Ayrıca antik yerleşimin yanında kurulan köyün hane sayısı, bahçe duvarları veya ahır alanları gibi detaylar da rahatça izlenebilmektedir. Benzer şekilde SYM'de arkeolojik anlamda bilgi sağlamaktadır. Alandaki kazılmış ya da yığma yapılmış alanların yükseklik değişimlerinin belirlenmesi anlamında da SYM ciddi kolaylık sağlamaktadır (Şekil 8).

Çalışma bölgesine ait üretilen SYM, daha net algılanabilmesi için, gölgeli şekilde de üretilmiştir. Böylece tepeler, bina ve duvar gibi gölge yapan zemin üstü objeler daha belirgin gözlenebilmiştir. Ayrıca SYM'de var olan yükseklik bilgisi de kullanılarak bölgenin eşyükselti eğrileri otomatik olarak üretilmiştir (Şekil 9).



Şekil 7. Çalışma bölgesine ait Nokta Bulutu, SYM ve Ortofoto / *Point Cloud, DEM and Orthophoto of the study area*Şekil 8. Çalışma bölgesine ait detay görüntüleri: ortofoto (sol), SYM (sağ) / *Detailed views of the study area: orthophoto (left), DEM (right)*Şekil 9. Çalışma bölgesine ait gölgelendirilmiş SYM (sol) ve eşyüksekti eğrileri (sağ) / *Shaded DEM (left) and contour curves (right) of the study area*





Şekil 10. Çalışma bölgesine ait örnek en kesit (üstte) ve boy kesitler (altta) / Sample cross-section (top) and longitudinal sections (bottom) of the study area

Arkeolojik yüzey araştırmalarında önemli bir fayda sağlayabilecek profil ve kesit işlemleri de çalışma kapsamında üretilmiştir. Bu amaçla 200 m uzunluğunda boyuna bir profil seçilmiştir. Bu profil üzerinden 2.5 m aralıklar ile profilin sağ ve soluna taraf 10'ar metrelik en kesitler oluşturulmuş ve bu kesitlerdeki yükseklik modelleri çıkarılmıştır. Ayrıca oluşturulan profilin de kesiti alınarak incelenmiştir (Şekil 10). Boy kesitte arazinin eğiminin nasıl değiştiği açıkça görülmektedir. Ayrıca ağaçlar, ev ve ana kayaya oyularak oluşturulan kaya yerleşimlerinin dromosları da net bir şekilde elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ve elde edilen bu ürünler neticesinde yerleşimin genel yayılım alanı ile alandaki yapıların konumları büyük ölçüde belirlenebilmiştir. Ortofoto sonuçlarına göre kaya yerleşimleri neredeyse alanın tamamına yayılmışken kesme blok taşlardan oluşan yapıların alanın tepe noktası ile birlikte daha çok kuzey ve kuzeybatı yamaçlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bazı yapıların çevresinde bulunan yıkıntı halindeki blok



Şekil 11. Yıkılmış duvarlar ve duvarlara ait taşların görünümü / View of collapsed walls and stones belonging to the walls

taşların hangi yapıya ait oldukları (Şekil 11), yapılar arasındaki yerden fark edilmesi mümkün olmayan bağlantılar ile özellikle yamaçlardaki yapılar için oluşturulmuş teraslar, yine ortofoto görüntülerinden kısmen anlaşılabilir. Kaya yerleşimlerinin neredeyse hepsinin dromosa sahip oldukları ve genellikle bu dromosların etraflarının bir avlu oluşturacak şekilde duvarlarla çevrelediği okunabilir. SYM'deki renk değişimleri ile en kesit ve boy kesit ürünlerindeki çukurluk ve yükselti, arazide bulunan kaya yerleşimlerinin özellikle dromoslarını ve toprak üstündeki kesme blok taş yapıların kalıntılarını açıkça gösterir. SYM bilgilerinden elde edilen eş yükselti eğrileri de alanda yapılacak tüm arkeolojik kazı ve belgeleme çalışmalarının işlenmesi için kullanılacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışmada Şuayip Şehri antik yerleşiminde yapılması planlanan kazılar öncesinde İHA kullanarak yüzey araştırmasına katkıda bulunmak ve yapılacak çalışmalara altlık olabilecek topografik ürünlerin üretimi ve bazı analizlerin sonuçları sunulmuştur. Havadan elde edilmiş görüntüler ile çalışma bölgesine ait bütüncül veriler elde edilmiş ve bu veriler yersel bakış açıları ile birleştirilerek arkeolojik amaçlara yönelik olarak teknik iyileştirmeler sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen her bir hava fotoğrafı ayrı ayrı incelenebileceği gibi, koordinat bilgisiyle birleştirilerek oluşturulmuş ortofoto görüntü ile tüm alan konum bazlı da incelenebilmektedir. Bir diğer fotogrametrik ürün olan SYM ile bölgenin yükseklik değişimi, renklendirilmiş olarak kolaylıkla takip edilebilmiştir. Çalışma kapsamında fotogrametrik olarak elde edilen diğer ürünler olan gölgelendirilmiş SYM, eşyükselti eğrileri, en kesit ve boy kesitler de arkeolojik yüzey araştırmasına ilişkin verilerin değerlendirilmesi sürecine katkı sunmaktadır. Aynı zamanda yukarıda da belirtildiği gibi, modern köyle iç içe olan Şuayip Şehri antik yerleşiminde, köy halkının kayaya oyulmuş mekanları ve

antik döneme ait yıkılmış yapıların taşlarını kullanmaları suretiyle oluşan tahribat çok hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Bu sebeple alandaki kültürel mirasın dokümantasyonunun yapılması ve koruma önlemlerinin alınmasının barındırdığı aciliyet, burada arkeolojik çalışmaların zaman kaybetmeden gerçekleştirilmesini gerekli kılar. Bu bağlamda İHA uçuşları sayesinde alanın belgelenmesi ve alanla ilgili verilerin çok kısa sürede elde edilebilmesi hem zaman kaybının önüne geçilmesi hem de projeler için sağlanan maddi imkanların daha doğru değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır.

Gelecek çalışmalarda uçuş yüksekliği düşürülerek detay seviyesi arttırılacak, kazı planları için altlık haritalar üretilecek, kazı süresince sağlanan ilerleme kayıt altına alınabilecek, alandaki yapı komplekslerinin detayları daha net şekilde ortaya konabilecektir.

## TEŞEKKÜR

20115 nolu HUBAP projesi tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

AANÆS, H. 2003.

“**Methods for Structure from Motion.**”, Informatics and Mathematical Modelling Technical University of Denmark. PhD Dissertation.

BINTLIFF, J. 2000.

“*Beyond dots on the Map; Future Directions for Surface Artefact Survey in Greece*”, (der. J. Bintliff, M. Kuna, N. Venclová), **The Future of Surface Artefact Survey in Europe**, 3-20, Sheffield,.

CHIABRANDO, F. / D’ANDRIA, F. / SAMMARTANO, G. / SPANÒ, A. 2018.

“*UAV photogrammetry for archaeological site survey. 3D models at the Hierapolis in Phrygia (Turkey).*”, **Virtual Archaeology Review**, 9(18), 28-43.

COLOMINA, I. / P. MOLINA, 2014.

“*Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review*”, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 92.0: 79-97. Doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013.

DEMIRKESEN, A.C. / OZLUDEMİR, M.T. / DEMİR, H.M. 2005.

“*Kapadokya örneğinde tarihi ve kültürel mirasın korunması ve bu işlemlerde harita mühendislerinin yetki ve sorumlulukları.*”, **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, 10, 1-10, Ankara.

GEORGOPOULOS A. / IOANNIDIS G. 2004.

“*Photogrammetric and surveying methods for the geometric recording of archaeological monuments.*”, **In FIG Working Week**, 22-27, Athens.

GIARDINO J. M., 2011.

“*A history of NASA remote sensing contributions to archaeology.*”, **Journal of Archaeological Science** 38(9), 2003-2009.

GULER, S. E. 2016.

“**Urfa Tarihinden Sayfalar**”, Eyyübiye Bel. Yayınları, Ankara.

KALAYCI, T. 2018.

“*Arkeolojide Mekansal Teknolojiler: Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri*”, **Arkeolojide Temel Yöntemler**, Ege Yayınları, 69-107, İstanbul.

KAYA, Y. / YİĞİT, A. Y. / ULVİ, A. / YAKAR, M. 2021. “Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırılması Analizi: Konya Yunuslar Örneği.”, **Harita Dergisi**, 165, 57-72.

LASAPONARA R. / MASINI N., 2011. “Satellite remote sensing in archaeology: past, present and future perspectives”, **Journal of Archaeological Science** 38 (9), 1995-2002.

LIPINSKI, E. 2000. “The Aramaeans: Their Ancient History Culture, Religion”, Peeters Publishers.

OZDOĞAN, M. 2014. “50 Soruda Arkeoloji”, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, İstanbul.

SIEBERT, S. / TEIZER, J. 2014. “Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system”, **Automation in Construction** 1-14.

SINCLAIR, T.A. 1990. “Eastern Turkey: An Architectural and Archaeological Survey, Vol.IV”, The Lindar Press, London.

SENOL, H. I. / ERDOĞAN, S. / ONAL, M. / ULUKAVAK, M. / MEMDUHOGLU, A. / MUTLU, S. / ERNST, F. B. / Yilmaz, M. 2017. “3D MODELING OF A BAZAAR IN ANCIENT HARRAN CITY USING LASER SCANNING TECHNIQUE.”, **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, 42, 99-101.

ŞENOL, H. I.- MEMDUHOGLU, A.- ULUKAVAK, M. 2020. “Multi instrumental documentation and 3D modelling of an archaeological site: a case study in Kizilkoyun Necropolis Area.”, **Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi**, 11(3), 1241-1250.

UNESCO, 1972. “Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage: adopted by the General conference at its seventeenth session”, Unesco, Paris.

ULVİ, A. 2018. “Analysis of the utility of the unmanned aerial vehicle (Uav) in volume calculation by using photogrammetric techniques.”, **International Journal of Engineering and Geosciences**, 3(2), 43-49.

ULVİ, A. / YAKAR, M. / YİĞİT, A. / KAYA, Y. 2019. “The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Seli-me Sultan Tomb.”, **Universal Journal Of Engineering Science**, 7(3), 64-73.

ULVİ, A. / YAKAR, M. / YİĞİT, A. Y. / KAYA, Y. 2020. “İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi.”, **Geomatik Dergisi**, 5(1), 22-30.

URL-1 <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varligi.html> (Erişim tarihi: 11.02.2021)

USLU, A. / POLAT, N. / TOPRAK A.S. / UYSAL, M. 2016. “Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Model-lenmesi Örneği.”, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 8(2), 165-176.



