

Lazer Tarayıcı ve İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Kızılıkoyun Kral Kaya Mezarlarının 3 Boyutlu Belgenmesi

Halil İbrahim Şenol^{1*}, Abdulkadir Memduhoğlu¹, Mustafa Ulukavak¹, Bekir Çetin², Nizar Polat¹, Yunus Kaya¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63000, Şanlıurfa.

²Kültür ve Turizm Bakanlığı, Şanlıurfa Arkeoloji ve Mozaik Müzesi, 63000, Şanlıurfa.

Özet

Mezopotamya'nın en büyük ve en eski yerleşim yerlerinden biri olan Şanlıurfa, tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Öyle ki, Ebla, Akkad, Sümer, Babil, Hitit, Hurri-Mitanni, Arami, Asur, Pers, Makedonya, Roma, Bizans gibi uygarlıkların egemenliklerini gören Şanlıurfa, son olarak UNESCO tarafından Dünya Kültürel Miras Listesi'ne alınan ve Stonehenge'den 7 bin, Mısır piramitlerinden ise 7 bin 500 yıl daha eski olduğu belirlenen, geçmişi günümüzden 11 bin 600 yıl öncesine dayanan Göbeklitepe kalıntılarıyla "medeniyetler beşiği" ve "peygamberler şehri" olarak anılmasındaki haklılığı bir kez daha ortaya koymuştur. Şehrin merkezinde, Balıklıgöl platosu içerisinde yer alan tarihi kızılıkoyun kral kaya mezarları da arkeolojik öneme sahip alanlardan biridir. Çalışmada, lazer tarayıcı cihazı ile önce mekânın dış yüzeyinin taraması yapılmış, ardından arkeolojik olarak önem taşıyan bazı mezarların iç yüzeylerinin taraması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca insansız hava aracı (İHA) ile henüz kazıların başlamadığı bölgeleri de kapsayan uçuşlar ile kızılıkoyun kral kaya mezarları bölgesinin tamamı fotoğraflanmış ve fotogrametrik ürünler üretilmiştir. Lazer tarayıcıdan elde edilen veriler ile yapılan değerlendirme sonucunda ortaya çıkan ürün, bölgedeki kral kaya mezarlarının yüzey modelini oluşturmada kullanılmıştır. Arkeolojik olarak önem taşıyan bazı figürler ve yapılar sayısal ortama aktarılmıştır. İHA ile yapılan uçuşlardan elde edilen verilerden mağaraların dış yüzeyine ait 3 boyutlu model, ortofoto ve sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Havadan ve karadan yapılan dış ölçümlerle elde edilen 3B model, ortofoto ve nokta bulutu gibi sonuç ürünler arşivleme, modelleme ve restitüsyon projelerinde altlık olarak kullanılabilmesi amacıyla müze müdürlüğü ile paylaşılmıştır. Bu çalışmanın, kızılıkoyun kral kaya mezarları bölgesindeki planlanan diğer çalışmalar ile sürdürülerek tüm bölgenin fotogrametrik olarak dokümantasyonunun yapılması planlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler

Lazer Tarama, İnsansız Hava Aracı, Kızılıkoyun Kral Kaya Mezarları, Tarihi Alan Belgelemesi

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile tarihi yerlerin kayıt altına alınması işlemi risksiz ve kolay hale gelmiştir. Bu çalışmada lazer tarayıcı ve hava fotoğrafları kullanılarak arkeolojik bir alanda; nokta bulutu üretimi, nokta bulutları ve görüntülerin birleştirilerek yüzey giydirmesi, obje modellemesi, ortofoto harita, sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modeli oluşturulması işlemleri yapılmıştır. Uzaktan algılama yöntemleri, mevcut ve gömülü arkeolojik eserlerin tespit edilmesinde ve korunmasında önemli rol oynamaktadır (Agapiou & Lysandrou, 2015). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar arkeolojik projelerle kullanılabilmesi gibi kazı bölgelerinin belgenmesi amacıyla da kullanılabilir. Günümüzde insansız hava araçlarının ve uzaktan algılama sistemlerinin gelişmesiyle objelerin modellenmesi ve arazi yüzeyinin olduğu gibi tespit edilmesi kolaylaşmıştır. Bununla birlikte geleneksel yöntemlerin kullanımı uzun zaman almakta ve maliyeti yükseltmektedir (Uysal, vd. 2015). Fakat günümüzde teknolojinin gelişmesi ve sistemlerin maliyetinin düşürülmesiyle bu fark azalmaya başlamıştır. Bunun yanında tarihi verilerin belgenmesi için hızlı ve güvenilir ölçme yöntemleri gerekmektedir (Uysal, vd. 2013). Çalışmada kullanılan cihazların alanında uzman kişiler tarafından kullanılması ve sonrasında yapılan uygulamanın yine profesyonel kişilerle yapılması çalışmanın istenen hassasiyette olması açısından önemlidir.

Çalışma alanı bölge tarihine ışık tutacak önemli bir yerdir. Bu sebeple gün ışığına çıkarılan mezarların belgenmesi önemlidir. Kullanılan cihazların farklı olması dolayısıyla iki farklı araştırma planı incelenmiştir. Uygulamada ilk olarak lazer tarayıcı ile tarihi yapı dışında ve içinde ölçümler alınmıştır. İkinci olarak ise insansız hava aracı (İHA) ile sabit yükseklikte uçuş yapılarak hava fotoğrafları elde edilmiştir.

1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Şanlıurfa İli Kızılıkoyun Kazı Bölgesi'nde, M.S. II. yüzyıla dayanan tarihi kaya mezarlıklarının olduğu bölgedir (Şekil 1). "Kent içinde bulunan Kızılıkoyun sirtları ve Kale eteğinde bulunan mağaralar önemli bir kültürel kimlik unsuru olarak ortaya çıkmaktadır" (URL-1, 2011). Kentte birçok mağara bulunmasına rağmen bunların çoğu yerleşim bölgeleri altında kalmıştır. Kentin tarihsel önemini vurgulayan mağaralar Şanlıurfa kültürünün tarihsel gelişimine de ışık tutacaktır (Şekil 2).



Şekil 1: Çalışma alanı



Şekil 2: Çalışma Alanı

“Kızılköyün Caddesinin doğusunda yer alan, yaklaşık 400 mağaranın bulunduğu proje alanı yaklaşık 5 hektar büyüklüğündedir” (URL-1, 2011). Mağaralarda kent tarihi açısından önemli mozaik ve heykeller bulunmuştur. Bölgenin kuruluşuna ait zamanın belirlenmesinde arazinin kalkerli yapısı bu mağaraların tarihinin ilk çağ uygarlıklarına kadar dayanabileceğini göstermektedir. “Bugün Dergâh olarak adlandırılan Balıklıgölün de bulunduğu alanın yakınındaki mağaraların varlığı, Paleolitik Dönem’de bugünkü Şanlıurfa şehrinin bulunduğu alan ve çevresinin yerleşmeye sahne olduğunu göstermektedir” (Çelik 2003).

2. Metodoloji

Günümüzde lazer tarama ve İHA gibi cihazların popülerliği arttıkça bu cihazlarla yapılabilecek uygulamaların sayısında ciddi bir artış görülmüştür. İki yöntemin de birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır (Lerma vd. 2010). Lazer tarama cihazları suç olaylarının belgelenmesinde, mühendislik yapılarının inşasından, rölöve alımlarından arkeolojik eser ölçümlerine kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan lazer tarama cihazı Stonex firmasının x300 modelidir (Şekil 3). Bu cihaz saniyede 40000 nokta atma kapasitesine ve 5 megapiksel çözünürlüklü iki açılı kameraya sahiptir. Ayrıca cihaz yatay ekseninde 360; düşey ekseninde 90 derecelik tarama yapabilmektedir. Cihaz en yakın 1,6 m, en uzak 300 m algılama kabiliyetine sahiptir.



Şekil 3. Stonex x300 Lazer Tarama Cihazı

Lazer tarama cihazlarıyla hassas ölçümler elde edebilmek için önemli olan şey tarama konumlarının iyi belirlenmesi ve uygun planın hazırlanarak bu plana uyulmasıdır. Çalışmada her bir tarama alanındaki ortak noktalara dikkat edilmeli ve cihaz bu noktalara kurulmalıdır. Tarama yapılan alanlarda referans noktası seçebilmek için alanla ilgili alınan görüntülerde aynı nesnelerin tekrar görülebildiğine dikkat edilmelidir. Ayrıntı düzeyinin yüksek olduğu bölümlerde ölçümler tekrarlanmalı ve bu kısımlar daha ayrıntılı biçimde ortaya çıkarılmalıdır. Ölçümler yapılırken cihazın en yakın ölçüm mesafesi dikkate alınmıştır.

Uygulamada kullandığımız İHA Turkuav firmasının Octo V3 modeli olan 8 pervaneli oktakopteridir (Şekil 4). Cihaz üzerinde kendine ait ekipmanlar ile birlikte 20.2 megapiksel çözünürlüklü bir kamera da taşımaktadır. İHA ile yapılan ölçümlerde, görüntülenecek bölge için ayrıntılı bir uçuş planı çıkarılmıştır. Ölçümün gerçekleştirileceği bölgedeki engel yükseklikler iyi belirlenmiş ve İHA'nın uçuş yüksekliği de buna göre ayarlanmıştır.



Şekil 4. Turkuav Okto V3 Oktakopter

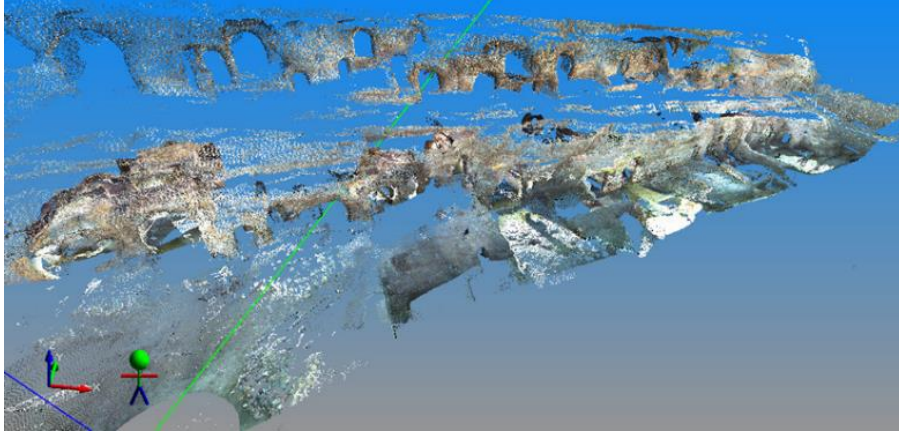
Cihazları kullanan operatörler uygulamanın başından sonuna kadar değişmemiş ve bu sayede oluşabilecek insan hataları en aza indirilmiştir.

3. Uygulama

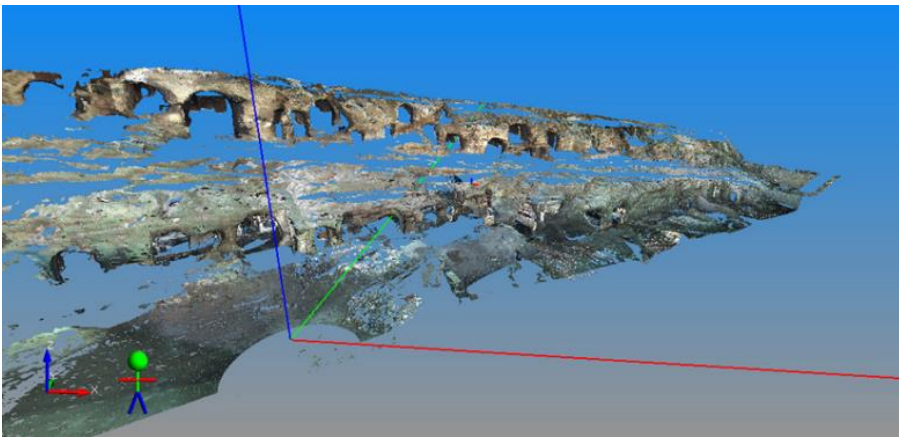
Çalışmada lazer tarayıcı ve İHA olmak üzere iki farklı cihaz kullanılmış ve dolayısıyla iki farklı yöntem uygulanmıştır.

3.1 Lazer Tarama Uygulaması

Çalışmada kullanılan cihazın teknik özelliklerine dayanarak yapılan ölçüm planlanmış ve cihazdan alınabilecek maksimum verim hesaplanmıştır. Cihazın minimum ölçüm mesafesi ve arkeolojik çalışma alanının darlığı gibi kısıtlar göz önüne alınarak birden çok ölçüm yapılmış ve olası veri kayıpları en aza indirilmiştir. Lazer taramalarından nokta bulutu elde edilmiş ve yüzey giydirilerek obje modeli oluşturulmuştur (Şekil 5 ve 6).

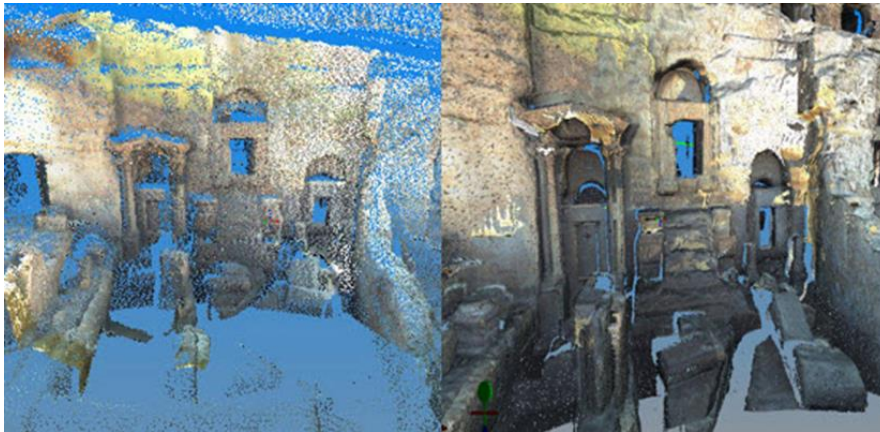


Şekil 5. Kızilkoyun Kral Kaya Mezarları Genel Görünümü (Nokta Bulutu)



Şekil 6. Kızilkoyun Kral Kaya Mezarları Genel Görünümü (Modellenmiş Görüntü)

Sonuç veride fotoğraf giydirilmiş model istendiğinden dolayı ölçümün yapıldığı saate de dikkat edilmiştir. Aletin güneş ışınlarına direkt maruz kalmayacağı ve sonuçların doğruluğu açısından gölgenin de mümkün olduğu kadar az olacağı saatler seçilmiştir.



Şekil 7. (a) Mezar Girişleri (Nokta Bulutu), (b) Mezar Girişleri (Modellenmiş Görüntü)

Çalışmanın yapıldığı bölge Şanlıurfa ili olduğu için hava sıcaklığı da göz önüne alınmıştır. Cihazın çalışma ısısı en fazla 50 derece olduğundan öğle sıcaklarında cihazın tutarlı çalışması mümkün değildir. Bu yüzden çalışma için, genelde güneşin mağaraların arkasında kaldığı ve cihazın güneş görmediği sabah saatleri seçilmiştir (Şekil 7).

Çalışmada bir ölçüm planı oluşturmak ve buna uygun bir biçimde ölçümü yapmak önemlidir. Uygulamada ölçüm planı oluşturulmuş ve ayrıntı noktaları mümkün olduğu kadar çok ölçüde çıkacak şekilde (referans noktaları olarak kullanılacakları için önemlidir) ölçümler tamamlanmıştır.



Şekil 8. (a)Mağara İçi ve Mezar Girişi (Nokta Bulutu), (b)Mağara İçi ve Mezar Girişi (Modellenmiş Görüntü)

Çalışmada 24 adet ölçü alınmıştır. Bu ölçülerin her biri farklı bağlam noktalarından elde edilmiş olup hepsi birbirini görecekle şekilde ayarlanmıştır. Ölçülerin her birinde referans olacak ayrıntı noktalarına dikkat edilmiştir. Alınan ölçülerde mümkün olduğunca köşe noktası alınmaya çalışılmıştır (Şekil 8, 9 ve 10). Lazer tarayıcıya ait veriler Reconstructor değerleme yazılımı içerisinde değerlendirilmiştir. 24 alımın yapıldığı çalışmada ortalama piksel hatası 3.5 cm çıkmıştır. Hata aralığı projede istenen ayrıntı düzeyine göre değişim göstermektedir.



Şekil 9. (a)Mağara İçi Detay (Nokta Bulutu), (b)Mağara İçi Detay (Modellenmiş Görüntü)



Şekil 10. (a)Mağara İçi Detay (Nokta Bulutu), (b)Mağara İçi Detay (Modellenmiş Görüntü)

3.2 İnsansız Hava Aracı Uygulaması

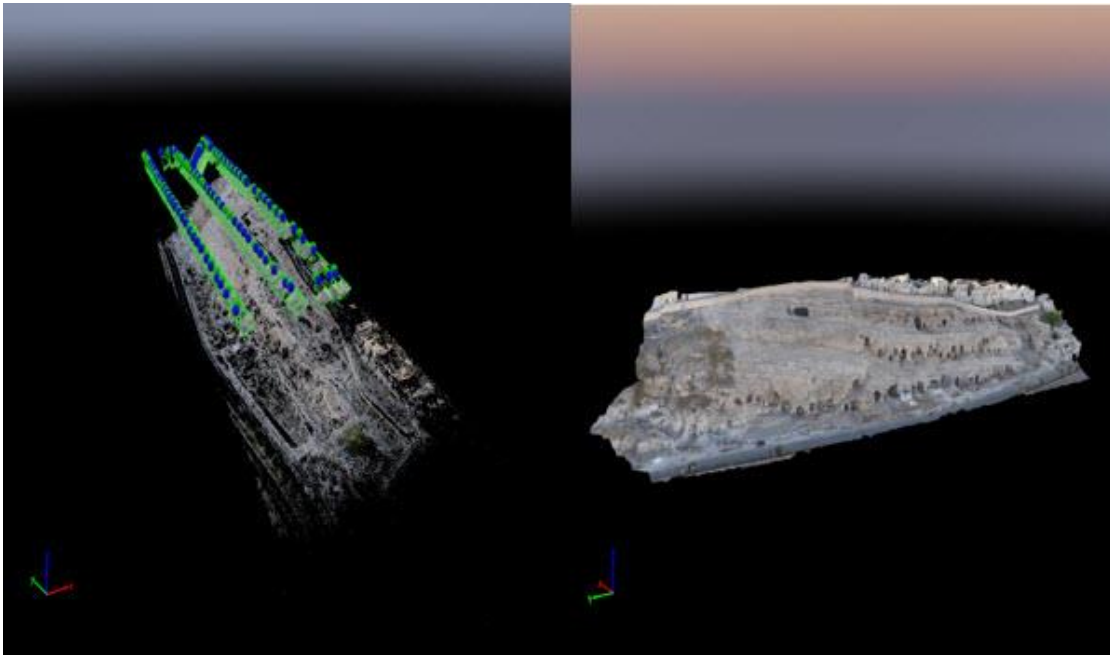
Çalışmada Turkuav firmasının Octo V3 modeli olan 8 kanatlı oktakopteri kullanılmıştır. Uygulama alanı dik ve eğimli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, İHA'nın herhangi bir yere çarpma riskini göze almamak için güvenli bir yükseklik olarak

belirlenen 50 metreden uçuşlar yapılmıştır (Şekil 11). Sabit yükseklikli uçuş yapmak verinin tutarlı ve hesaplamaların kolay yapılabilmesi için önemlidir.



Şekil 11. Uçuş Bölgesi

Uçuşlar ölçüm alanının bakısına göre gölgenin en az olduğu sabah saatlerinde yapılmıştır. Böylece güneş dik yamacın ardında kalmış ve gölge oluşturmamıştır. Uçuş yapılan bölge için daha önceden uçuş planı hazırlamak çok önemlidir. Böylece uçuş süresini, uçuşun hangi kısımlar içinde olacağını ve uçuş sırasında bir engelin var olup olmadığı tespit edilmiş ve uçuş planı buna göre hazırlanmıştır.



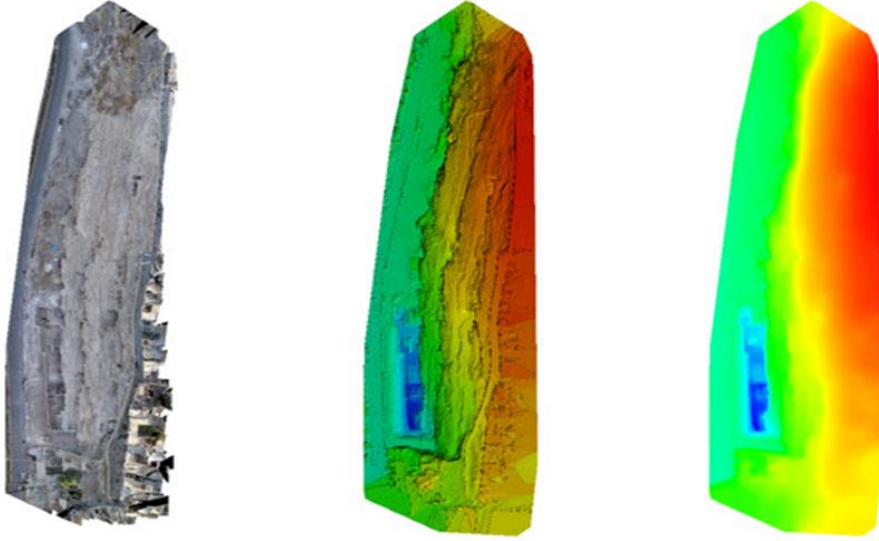
Şekil 12. (a)Elde Edilen Nokta Bulutu ve (b)Modellenmiş Görüntü

Pix4D yazılımı ile değerlendirilen çalışmada 99 fotoğraf kullanılmıştır. Uygulama alanı bu görüntülerle modellenip oluşan nokta bulutuna görüntüler giydirilerek uygulama alanı modellenmiştir (Şekil 12 ve 13).



Şekil 13. Mağaraların Modellenmiş Görüntüsü

Değerlendirme sonunda yer örnekleme aralığı 1,26 cm/piksel olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda ortofoto, sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modelleri oluşturulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. Elde Edilen (a)Ortofoto, (b)SAM ve (c)SYM

Elde edilen, görüntüler ve modeller gibi sonuç ürünlerin tarihi alanların arşivlenmesi, arkeolojik kazılarda bulunan önemli eserlerin modelinin çıkarılması ve restitüsyon projeleri için altlık oluşturması çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

4. Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Çalışma sonunda kral kaya mezarlarının hem lazer tarama cihazıyla hem de İHA ile modellemesi yapılmış ve yüksek doğruluğa sahip sonuçlar elde edilmiştir. İHA ve lazer tarama yöntemi ile tarihi eser ölçümleri eserlere zarar vermeden ve temas etmeden yapılmış ve klasik ölçüm yöntemlerine göre hem zaman hem de doğruluk açısından daha avantajlı olduğu görülmüştür. Uygulama esnasında cihazın göremeyeceği dar alanların olduğu tespit edilmiş bu problemin ise cihaza ait aparatlar kullanılarak giderilebildiği görülmüştür. Ayrıca sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modelleri ile arazi yapısı modellenmiştir.

Çalışma tarihi eserlere ışık tutmak ve var olan eserleri belgelemek açısından önem arz etmektedir. Gelecek çalışmalarda ise yüksek ayrıntı düzeyi gerektiren tarihi eserler araştırılacak ve derinlik analizi yapılması gereken yerler değerlendirilecektir.

5. Teşekkür

Çalışmalarımızda bize destek veren Şanlıurfa Müze Müdürlüğüne ve Harran Üniversitesi Arkeoloji Bölümüne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Agapiou, A., & Lysandrou, V. (2015). *Remote sensing archaeology: Tracking and mapping evolution in European scientific literature from 1999 to 2015*. Journal of Archaeological Science: Reports, 4, 192-200.
- Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2015). *DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill*. Measurement, 73, 539-543.
- Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2013). *Photo realistic 3d modeling with UAV: Gedik Ahmet pasha mosque in Afyonkarahisar*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1.2, 659-662.
- URL-1, 2011: Kızılkoyun Sırtları Canlandırma Projesi https://www.kentselstrateji.com/wp-content/uploads/V-07_Sanl%C4%B1urfa.pdf, Erişim Tarihi: 24 Ekim 2017.
- Çelik, B. (2003). *Şanlıurfa Kent Merkezinde Çanak Çömleksiz Bir Neolitik Yerleşim: Yenimahalle*. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Lerma, J. L., Navarro, S., Cabrelles, M., & Villaverde, V. (2010). *Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study*. Journal of Archaeological Science, 37(3), 499-507.