

SİLİFKE ROMA KÖPRÜSÜNÜN İHA FOTOGRAMTERİSİ İLE 3B MODELLENMESİ

M. Yakar^a*, Y. Doğan^b, C. Alyılmaz^c, S. Alyılmaz^c, Ş. Bozduman^d

^a Mersin Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Yenişehir, Mersin, Türkiye -myakar@mersin.edu.tr

^b Mersin Üniversitesi, Teknoloji Transfer Ofisi, Yenişehir, Mersin, Türkiye

^cUludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Bursa, Türkiye

^dİstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

ANAHTAR KELİMELEER: İnsansız Hava Aracı, 3B Model, Fotogrametri, Tarihi Köprü

ÖZET:

Günümüzde bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarihi ve kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi önemli bir konudur. Birçok tarihi ve kültürel miras ilgisizlik ve doğal etkenlerden kaynaklanan nedenlerle zarar görmektedir. Bu eserlerin mevcut durumlarının tespit edilmesi ve belgelenmesi bunların korunması ve gelecekte yapılabilecek yenileme çalışmaları için önemlidir. Sayısal yersel fotogrametri de kültürel ve tarihi mirasların belgelenmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Bu çalışmada Mersin ilinde Silifke Roma Köprüsünün belgeleme amaçlı fotogrametrik çalışması yapılacaktır. Restorasyon çalışmalarına altlık oluşturulacak proje hazırlanması ve 3B nokta verilerinin ve fotomodelin oluşturulması amacıyla GNSS cihazı ile kontrol noktaları ölçülecektir. 3B modelin oluşturulması PhotoScan yazılımlarında gerçekleştirilecektir.

KEY WORDS: UAV, 3D Model, Photogrammetry, Historical Bridges

ABSTRACT:

Protection and documentation of cultural and historic heritages are very important issue in Turkey as it is important in the world. Lots of cultural and historic heritage are damaged because of indifference and natural effects. Determination and documentation of current situation of these monuments are important for conserving and the possible renewal works. Digital terrestrial photogrammetry is an important method in documentation of cultural and historical heritage. In this case, a photogrammetric surveying for documentation of the Roman Bridge of Silifke will be done in Mersin province. The control points will be measured with GNSS device to prepare surveying project as a base for restoration studies and to create 3D point data and photomodel. 3D model of the ancient site will be generated by using PhotoScan programme.

1. GİRİŞ

UNESCO'ya göre miras geçmişten bize kalan, bugün yaşadığımız ve gelecek nesillere aktaracağımız şeylerdir. UNESCO Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunmasına İlişkin Toplantısında (1972) (Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage) kültürel ve doğal mirasın tanımı, korunması ve fonlanmasına yönelik kararlar alınmıştır (Unesco, 1972). Kültürel mirasların artan bir şekilde gerek doğal sebeplerle gerekse beşeri sebeplerle yok olma veya tahrip olma tehdidi altında kalması bunların yüksek önemle korunmasını gerektirmektedir. Son elli yılda dünya genelinde ulaşım ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle beraber dünya halkları arasında daha çok temas kurulması sağlanmıştır. Bunun bir sonucu olarak turizm faaliyetleri oldukça artmış ve artmaya da devam etmektedir. Bu yüzden kültürel mirasın korunması ülkeler için büyük bir sorumluluk olması yanında turizm gelirlerini artırması açısından oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Kültürel mirasın doğal afetlerden ve savaşlardan kaynaklanan yıkıntılardan korunmasının yanı sıra zamanın aşındırıcı faktöründen de korunması gerekmektedir. Hiçbir şey zamana karşı koyamaz ve sonunda yıpranarak bütünlüğünü yitirir. Bu sebeple insanlığın geçmişine ışık tutan ve sürekli birikerek artan kültürel mirasın korunması için belirli

periyotlarda yenileme, onarma çalışmaları yapılması gerekmektedir. Özellikle doğanın yıpratıcı ve aşındırıcı etkisine maruz kalan tarihi yapılarda yenileme çalışmaları bir gereklilik halini almaktadır. Birçok tarihi yapı günümüzde kullanım dışı olarak tutulup sit alanları içerisinde korumaya alınmıştır. Ancak bu eserlerin büyük çoğunluğunun restorasyon, restitüsyon gibi işlemlerle yenilenerek ayakta durması sağlanmalıdır. Bunların yanında halen kullanımı devam eden tarihi yapılar (köprü, kale, saray, konak, amfi tiyatro) da mevcuttur ki korunması adına yapılması gereken bütün işlemlerin usulüne uygun bir şekilde icra edilmesi oldukça hayati bir önem arz etmektedir.

Koruma, yenileme ve sağlamlaştırma çalışmaları için atılacak ilk adım belgeleme çalışmalarıyla başlamaktadır. Restorasyon ve restitüsyon çalışmaları için altlık olarak kullanılan rölöveler belgeleme ve envanter çalışmaları için önemli bir konumdur. Rölövenin altlık olarak kullanılacak olması ise çalışmaların yüksek hassasiyet ve doğrulukla sonuçlandırılmasına ihtiyaç duyulduğunun bir göstergesidir. Fotogrametri tekniği yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlayarak yıllardır arkeolojik ve tarihi yapı ölçümlerinde kullanılagelen bir yöntemdir. Dijital görüntü işleme tekniklerinin ve algoritmaların gelişmesiyle beraber yapıların 3 boyutlu modelleri oluşturularak araştırma, belgeleme

* Corresponding author. This is useful to know for communication with the appropriate person in cases with more than one author.

ve yenileme gibi birçok çalışmada kullanılmaya başlanmıştır. Kültürel mirası belgelemek için kullanılan fotogrametri tekniğinde yersel ölçüm teknikleri kullanılarak nesneye ait bindirmeli fotoğraflar üzerinden foto model oluşturulması söz konusudur. Foto modelden, cisim üst yüzeyi fotografik doku ile kaplanmış üç boyutlu bir geometrik model (genellikle bir CAD-Vektör modeli) anlaşılmaktadır (Kraus, 2007). Dengelenmiş fotoğraflar üzerinden yapılan çizimlerle oluşturulan foto modellerin yanı sıra son zamanlarda yaygın olarak kullanılan görüntü işleme algoritmalarından SfM (Structure from Motion) yöntemiyle nesnelerin üç boyutlu nokta bulutları oluşturulmaktadır. Fotoğraf çiftlerinden elde edilen nokta bulutu RGB (Kırmızı-Yeşil-Mavi) renk değerlerine de sahip olup bu nokta bulutundan yüzey geçirilerek foto model oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu 3B modeller yardımıyla yapıların veya cisimlerin rölövelerinin daha sağlıklı bir şekilde üretilmesi amaçlanmaktadır.

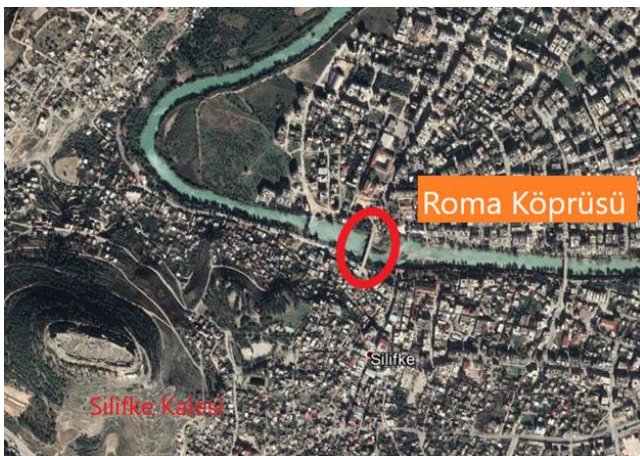
Son on yılda gelişen İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojisi sayesinde İHA'lara erişimin artması ve kolay bir kullanıma sahip olmaları fotogrametri çalışmalarında yaygın olarak kullanılmalarına yol açmıştır. Fotogrametri tekniği, son yüz yıldır hava fotoğrafları kullanılarak uygulanan bir teknik olması sebebiyle İHA teknolojisine çabuk uyum sağlamıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Çalışma Alanı

Silifke şehir merkezinin ortasından geçen Göksu (Kalykadnos) Nehri'nin üzerindedir. İ.S. 77-78 yıllarında Kilikia valisi L. Octavius Memor tarafından dönemin imparatoru Vespasianus ile oğulları Titus ve Domitianus adına yaptırmış olduğu, 1870 yılında Silifke Mutasarrıfı Mehmet Ali Paşa tarafından yapılan onarında bulunan taş kitabeden anlaşılmıştır (Çalışkan ve ark., 2009). Yapılan onarımda köprünün kuzey yakasındaki üç gözünden başka yerleri temellerine kadar yıkılarak, halkın da para ve ekmek yardımıyla yeniden yapılmış ve iki yanına korkuluklar konulmuştur (Bakar ve Demir). 1972 yılında ise köprü üzerinde genişletme çalışmaları yapılarak üzerine asfalt dökülmüş ve araç geçişine uygun hale getirilmiştir. 2016 yılında köprünün ayaklarının yıpranması sebebiyle restorasyon kararı alınmış ve çalışmalara başlanmıştır. Restorasyon tamamlandıktan sonra köprünün taşıt trafiğine kapatılıp sadece yaya geçişine açılması planlanmaktadır (Silifke Belediyesi, 2017).



Şekil 2.1 Roma Köprüsünün şehir içindeki konumu

2.1.2 Donanım

Arazinin fotoğrafları, 12 MP (4000x3000) çözünürlüklü kameraya sahip DJI Phantom 3 Standard İHA ile çekildi. İHA'nın sahip olduğu 3-eksenli gimbal kendisine bağlı olan kameranın titreşimini $\pm 0.02^\circ$ eğik titreşim aralığında olacak hassasiyette engellemektedir.



Şekil 2.2. DJI Phantom 3 Standard İHA

En çok 6000 m yüksekliğe çıkabilen aracın uzaktan kumanda ile iletişim uzaklığı yaklaşık 120 m'dir. Ağırlığı 1216 g ve hava şartlarına bağlı olarak yaklaşık uçuş süresi 25 dk olan araç en çok 16 m/s'ye ulaşan hızlara çıkabilmektedir. Ayrıca araçta dâhili bir GPS alıcısı bulunmaktadır ve havada iken konum doğruluk aralığı yatayda ± 1.5 m, düşeyde ± 0.5 m'dir. Araçta kullanılan kamerada 1/2.3" CMOS sensör ve diyaframı f/2.8, FOV (Field of View – Görüş Alanı) 94° , odak uzaklığı 20 mm (35 mm eşdeğeri) lens bulunmaktadır (DJI-Co., 2017).



Şekil 2.3. South S82-V GNSS konum ölçme cihazı

Yer Kontrol Noktalarının ölçümü South S82-V GNSS cihazı ile TUSAGA-Aktif CORS Sistemi kullanılarak yapıldı. Cihaz 6 farklı GNSS sisteminin (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS ve SBAS) tüm sinyallerini kullanabilmektedir. Cihazın Post-Process hassasiyeti: Statik & Hızlı Statik

- Yatay: 2.5 mm + 0.5 ppm
- Düşey: 5 mm + 0.5 ppm olarak belirtilmektedir (GeoTeknik-San.Ltd.Şti, 2014)

2.2 Yöntem

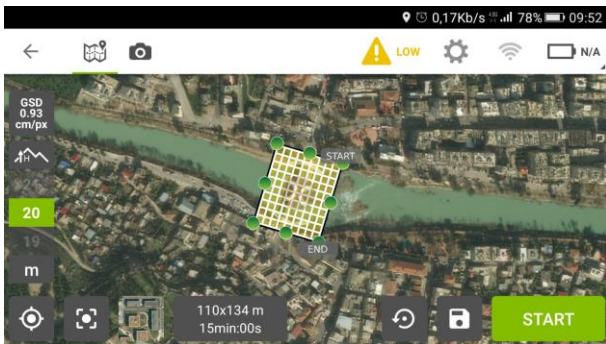
2.2.1 Arazi Çalışması

Arazi istikşafı ile belirlenen noktalar araziye hava fotoğraflarında rahatlıkla görülebilecek şekilde işaretlenerek tesis edilmiştir. YKN'lerin araziye homojen olarak dağılmasına özen gösterilmiştir. Obje veya arazi büyüklüğüne göre YKN'lerin sayısı da değişkenlik gösterir, çalışmamızda köprü üzerine altı tane nokta tesis edilmiştir.



Şekil 2.4. Hava fotoğraflarında YKN'lerin görünüşü

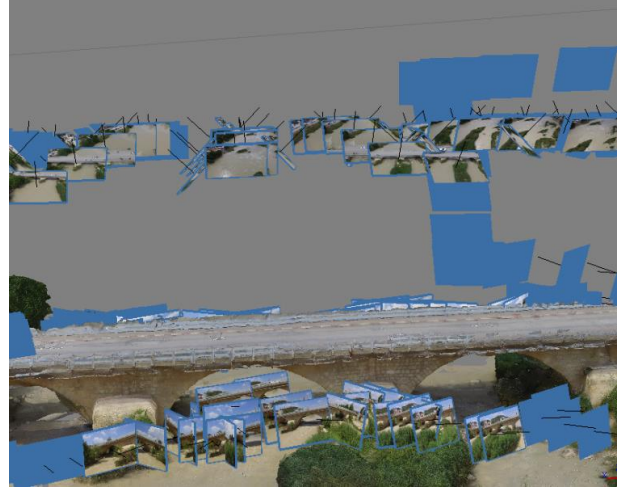
Köprünün görüntüleri DJI Phantom 3 Standard İHA tarafından çekilmiştir (Şekil 2.2 ve 2.4). İHA, 12 MP (4000x3000) çözünürlüklü kamerası ile sahip olmakla beraber 3-eksenli gimbal kendisine bağlı olan kameranın titreşimini $\pm 0.02^\circ$ eğik titreşim aralığında olacak hassasiyette engellemektedir. Ayrıca kamera açıları 0° ve 90° derece arasında değiştirilebilir olduğundan objenin görüntüleri her açıdan ve keskin olarak elde edilebilmektedir. Cihaz bu görüntüleri kamerası üzerinde bulunan mikro SD karta kaydetmekte ve görüntüler anlık olarak cihaz ile uyumlu mobil uygulamalar üzerinden de görülmektedir.



Şekil 2.5. Pix4D Capture mobil uygulaması ile yapılan uçuş planı

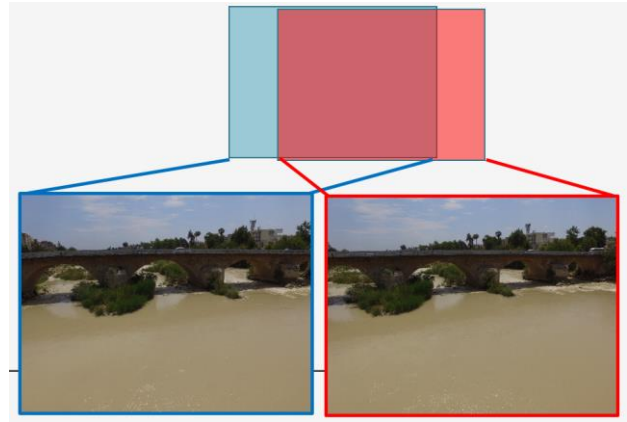
Obje görüntüleri daha iyi 3B model üretebilmek için çift grid modu ile çekilmiştir (Şekil 2.5). Bu mod ile İHA yatay düzlemde hem kuzey-güney hem de doğu-batı doğrultusunda uçarak eğik fotoğraflar çekmek suretiyle görevini

gerçekleştirmektedir. Bununla beraber objenin daha detaylı görüntüsünü elde edebilmek için serbest çekim yapılarak köprünün yan yüzeylerinin fotoğrafları da elde edilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Köprü fotoğraflarının çift grid ve serbest mod ile çekimi

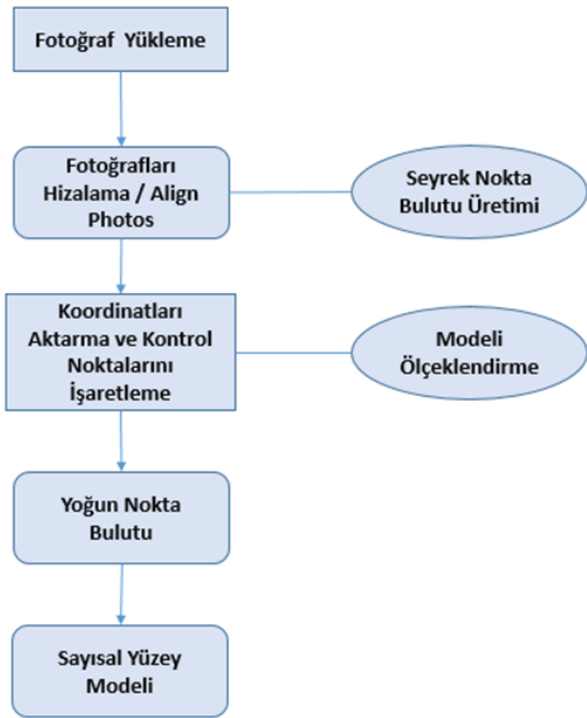
3B veri elde edebilmek için iki fotoğrafın en az %60 oranında bindirmeli çekilmesi gerekmektedir. Arazi şartlarının uygun olmaması sebebiyle otomatik uçuş planı yerine manuel uçuş ile fotoğraflar çekilmiştir. Bu yüzden bindirme oranını el ile ayarlamak mümkün olmadığından fotoğraflar yatay ve düşey hareketlerde 1 m arayla çekilmiştir. Bu ise %60'tan fazla bindirme oranında görüntü elde etmemizi sağlamıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Köprünün batı cephesinin bindirmeli görüntüleri

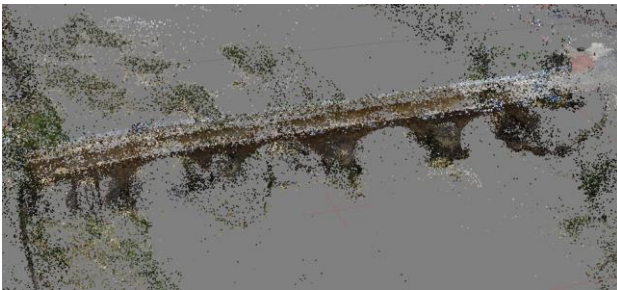
2.2.2 Ofis Çalışması

Görüntülerin değerlendirilmesi için Agisoft PhotoScan programı kullanılmıştır. Bu program bir dizi bindirmeli fotoğraf ve konum koordinatlarını kullanarak jeoreferanslı nokta bulutu, doku yüzeyli model, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto-mozaiik oluşturmaya olanak sağlar (Agisoft, 2019).



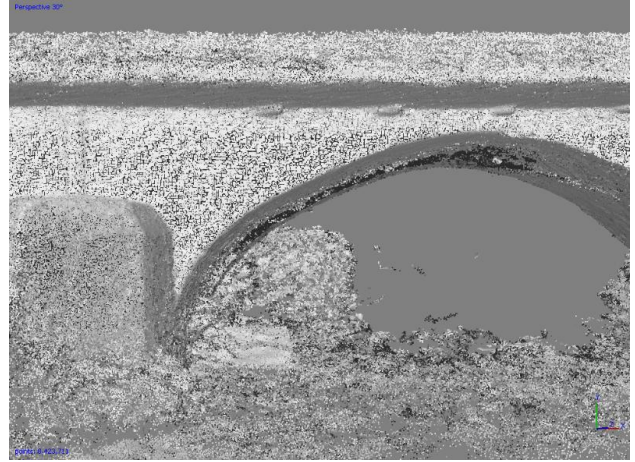
Şekil 2.8 İş akışı

Şekil 2.8’deki iş akış şemasında görüldüğü üzere araziden elde edilen YKN koordinatları ve hava fotoğrafları Agisoft PhotoScan programına yüklendi. Kamera kalibrasyon parametreleri bilinmeden, program ilk aşamada fotoğraf çiftlerinden ortak noktalar bularak fotoğrafları dengeleyip nokta bulutunu oluşturdu (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Seyrek Nokta Bulutu

Program, kamera kalibrasyon parametrelerini bu aşamada görüntülerden çözümledi. Ardından programa YKN koordinatları aktarıldı ve noktaların bulunduğu fotoğraflarda işaretleme işlemi yapıldı. Fotoğraflar optimize edilerek nokta bulutunun yüksek doğruluklu konuma getirilmesi sağlandı. Bu aşamadan sonra yoğun nokta bulutu oluşturuldu (Şekil 2.10). Yoğun nokta bulutu kullanılarak 3B sayısal model üretildi.



Şekil 2.10. Yoğun nokta bulutu



Şekil 2.11. Silifke Roma Köprüsünün 3B Sayısal Modeli



Şekil 2.12. Silifke Roma Köprüsünün görüntü giydirilmiş yüksek çözünürlüklü 3B Sayısal Modeli

3. SONUÇ

Bu çalışmada Silifke Roma Köprüsünün fotogrametrik yöntemle üç boyutlu modelinin oluşturulması amacıyla GNSS konum ölçme aletiyle yer kontrol noktalarının alımı yapılmıştır. Fotogrametrik çalışmanın en önemli ayağı olan fotoğrafların elde edilmesi döner kanatlı İHA ile elde edilmiştir. Yerleşim yerlerinde yapılan İHA uçuşları kanunen izne tabi olduğundan uçuşlar, köprünün şehir merkezinde olması sebebiyle yerel yönetimin izni alınarak gerçekleştirilmiştir. Köprü yoğun bir insan ve araç trafiğine sahip olduğundan fotoğraf çekimi için

daha sakin zamanlar tercih edilmesi gerektiği anlaşılmış ve buna göre görüntü alınmıştır. Fotogrametrik görüntü işleme algoritmaları fotoğrafları üzerlerindeki sabit noktalara göre eşleştirmektedir. İnsan ve araç gibi nesneler hareketli olduklarından görüntü işleme adımında hatalara sebep olduğu görülmüş ve daha sakin saatlerde alınan görüntüler işlenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki köprü gibi yapıların yüksek doğruluk ve hassasiyette 3B modellenmesi için uygun uygun ışıkla birlikte en uygun konumdan görüntü alınması gerekmektedir. İHA sistemleri esnek zamanlarda kullanım olanağı ve istenilen herhangi bir konumdan görüntü alma yeteneği sayesinde fotogrametride avantajlı bir konumdur. Köprülerin kemerlerinin altının görüntüsünü elde etmesi bu avantajlı konumun değerini artırmaktadır. Böylece restitüsyon ve restorasyon çalışmaları için detaylı altlıkları sağlama konusunda da avantajlı olmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için 2018-3-AP4-3036 no.lu proje ile destek veren Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

URL-1, 2017.

<http://www.dji.com/phantom-3-standard/info#specs>

URL-2, 2019.

http://www.geoteknikltd.com/web_6750_1/product_tree_focus.aspx?category_id=242&product_id=5290

- Agisoft, 2019, Orthomosaic and DEM Generation with Agisoft PhotoScan, <https://www.agisoft.com/>: [07 Ocak].
- Bakar, N. ve Demir, Ö., Tarihi Yapıların Tarih, Kültür ve İnanç Turizmine Etkileri: Silifke Örneği.
- Çalışkan, M., Aydın, A., Aydınoglu, Ü. ve Kerem, F., 2009, Mersin: Ören Yerleri, Kaleleri, Müzeleri, *İstanbul*, Mersin İl Özel İdaresi, p.
- DJI-Co., 2017, Phantom 3 Standard Specs, <https://www.dji.com/phantom-3-standard/info#specs>: [16 Nisan].
- GeoTeknik-San.Ltd.Şti, 2014, South S82-V Plus, http://www.geoteknikltd.com/web_6750_1/product_tree_focus.aspx?category_id=242&product_id=5290: [16 Nisan].
- Kraus, K., 2007, Fotogrametri: Fotoğraflardan ve Lazer Tarama Verilerinden Geometrik Bilgiler, *Ankara*, Nobel Yayın Dağıtım, p.
- SilifkeBelediyesi, 2017, Taş Köprü Restorasyona Hazırlanıyor, <http://www.silifke.bel.tr/guncel/haber/470-tas-kopru-restorasyona-hazirlaniyor.html>: [4 Ocak].
- Unesco, 1972, Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage: adopted by the General conference at its seventeenth session, Paris, 16 November 1972, Unesco, p.