

Yüzey araştırmalarında İHA fotogrametrisinin kullanımı: Kolankaya Siperleri örneği

Eren Can Seyrek¹, Ömer Gökberk Narin¹, Talat Koçak², Murat Uysal^{1,3}

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve CBS Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yüzey Araştırması
Kolankaya
İHA Fotogrametrisi

ÖZ

Günümüz ismiyle Afyonkarahisar, coğrafi konumundan dolayı her dönem fethedilmek istenmiş bir konumdur. Geçmişten günümüze kadar birçok savaş ve medeniyet görmüştür. Bunlardan en sonuncusu da İstiklal Savaşıdır. Yunanlıların son durağı olan Afyonkarahisar'da kuvvetli çarpışmalar olmuştur. Bu çarpışmalardan günümüze kalan siperlerin ve savaş alanlarının bulunduğu bölgelerde yüzey araştırmaları çok önem göstermektedir. Yüzey araştırmalarından çıkan kalıntılar kültürel, tarihi ve bilimsel anlamda birçok konu için önem arz etmektedir. Bu çalışmada İnsansız Hava Aracı (İHA) ile İstiklal Savaşında önemli yeri olan Kolankaya siperlerinin üç boyutlu modeli ve ortofotosu üretilmiştir. Üretilen yoğun nokta bulutu üzerinden siperleri ait en kesitler çıkartılmıştır. Çalışmada 268 görüntü kullanılmış ve modelin doğruluğu Y ve X koordinat değerleri için sırasıyla $\pm 2,48$ cm ve $\pm 1,87$ cm olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bölgede tahrip olmuş siperlerin devamlılığı ortofoto ile daha iyi bir şekilde kestirilebilmiştir. Siperlerin yapımında bölgede bulunan malzemeler kullanıldığı için ortofoto üretiminden sonra yersel ölçümler ile birlikte siperlerin doğrulanması daha kolay hale gelmiştir. Sonuç olarak siperlerin tespiti ve dokümantasyonu noktasında ortofotonun katkısının çalışma özelinde iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

The use of UAV photogrammetry in archaeological surveys: The case of Kolankaya Trenches

Keywords

Archaeological Survey
Kolankaya
UAV Photogrammetry

ABSTRACT

Afyonkarahisar (Turkey), with its current name, is in a position that has always been desired to be conquered due to its geographical location. It has seen numerous wars and civilizations to the present day. The last of these wars is the Turkish War of Independence. There were strong clashes in Afyonkarahisar, where become the last stop of the Greeks. Surface surveys are very important in the areas where trenches and battlefields remain from this war. The relics existing from the archeological surveys are important for many cultural, historical, and scientific issues. In this study, a 3D model and orthophoto of the Kolankaya Trenches were produced with an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which had an important place in the Turkish War of Independence. There are 268 images were used in the study. The root mean squared error for measured coordinates from orthophoto was calculated as ± 2.48 cm and ± 1.87 cm for Y and X coordinate values, respectively. The cross-section profiles of the trenches were extracted from the dense point cloud of the area. In addition, the continuity of the destroyed trenches in the region could be predicted better with orthophoto. Since the materials found in the region were used in the construction of the trenches, it became easier to verify the trenches with field surveys after the orthophoto production. As a result, it can be said that the contribution of the orthophoto in the detection and documentation of the trenches yields satisfying results for this study.

*Sorumlu Yazar

^{*}(ecseyrek@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1300-4898
(gokberknarin@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9286-7749
(talatkocak@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4030-7966
(muysal@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-5202-4387

Kaynak Göster:

Seyrek E C, Narin Ö G, Koçak T & Uysal M (2021). Yüzey araştırmalarında İHA fotogrametrisinin kullanımı: Kolankaya Siperleri örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(2), 69-75

1. Giriş

Afyonkarahisar Millî Mücadele'nin her safhasında önemli bir kent olmuştur. Sadece Büyük Taarruz değil, öncesinde yapılan Kütahya-Eskişehir Muharebelerinde de çok fazla can kaybının yaşandığı mühim çatışmalar yine bu coğrafyada vuku bulmuştur. Kolankaya Mevkii de bu alanlardan bir tanesidir.

15 Mayıs - 25 Temmuz 1921 tarihleri arasında cereyan eden bu muharebelerde kanlı çarpışmalar yaşanmıştır. Yunanlar, İkinci İnönü yenilgisinden sonra işin ciddiyetinin farkına varmıştır. Anadolu'daki Yunan Ordusu Komutanı Korgeneral Papulas, hükümetine gönderdiği bir raporda: "...kuruluş halinde bulunan Türk Ordusunun Doğu ve Güney Anadolu'dan takviye kuvvetleri olarak daha çok kuvvetlenmesine meydan vermeden tekrar taarruz etmek zorunda bulunduğunu" açıkladıktan sonra, "başarılı bir taarruz için Anadolu'daki kuvvetin daha 52.000 askerle takviyesini..." istiyordu. Yunan Genelkurmayı da Korgeneral Papulas'la aynı kanaatteydi (Türk İstiklal Harbi, 1974).

Türk Genelkurmayı Yunanların böyle bir hazırlık içinde olduklarının farkındaydı. Batı cephesinde asker sayısını artırmak için Güney Cephesi Komutanlığı lağvedilerek, kuvvetler Batı cephesine kaydırıldı. Bu yaklaşan muharebe için yapılan ilk ciddi hamleydi. Yaklaşık 200 kilometreyi bulan bir cephe hattı ve 100 kilometreyi bulan bir derinlikte cereyan eden çatışmalarda Kolankaya stratejik öneme sahip bir mevkiilerden biriydi (Duman, 2021).

Kütahya-Eskişehir Muharebelerinde Batı Cephesi Komutanlığı'nın 23 Mayıs'ta verdiği emirde "*Yazılıçal - Kolankaya hattının tutulmasının*" ehemmiyetinden bahsedilmiştir. Nitekim 13 Temmuz'da Kolankaya alınan tüm tedbirlere rağmen düşmüş, 14 Temmuz sabahı 37. Alay ve 2. Alaydan katılan iki bölük ve 57. Tümen Hücum Taburunun katılması ile yapılan bu karşı taarruzla geri alınmıştı (Türk İstiklal Harbi, 1974).

Kolankaya, Sakarya Savaşının ünlü Mangal Dağı Muharebelerinin kilit mevkiilerindedir (Erdoğan, 2021a). Bununla birlikte Büyük Tarruzda da Kolankaya hattının Türk ordusu tarafından yeniden ele geçirilmesi Yunan direnişinin kırılmasına vesile olmuştur (Erdoğan, 2021b). Bu siperlerin öneminden dolayı bölgenin dokümantasyon çalışmasının yapılması kültürel ve bilimsel açıdan önem arz etmektedir.

Son yıllarda gelişen teknolojik araçlar ve yöntemler sayesinde belgeleme yöntemlerine yeni bakış açıları kazandırılmaya başlanmıştır. Günümüzde gelişen teknolojiler, belgelenmesi gerçekleştirilecek tarihi yapıların, arkeolojik alanların ve korunacak yapıların daha hassas ve hızlı bir şekilde belgelenmesi ve gelecek nesillere aktarılmasına olanak sağlamaktadır (Yiğit ve Ulvi, 2020). Dijital belgeleme çalışmalarında genellikle yersel lazer tarama gibi menzile dayalı sistemler ve özellikle Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure from Motion - SfM) tekniği gibi fotogrametrik yöntemleri içeren görüntü tabanlı sistemler kullanılmaktadır (Remondino ve ark., 2012). Bahsi geçen sistemler geleneksel belgeleme çalışmalarında çalışma süresini kısaltmak, eksiksiz ve yüksek kaliteli 3 boyutlu (3B)

modeller oluşturmak konusunda daha yüksek doğruluk sağlamaktadır (Ulvi, 2021).

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) düşük maliyetli alternatifler olması sebebiyle, bu araçların dijital belgeleme çalışmalarında kullanımı giderek yaygın hale gelmektedir. İHA'larda kullanılan donanım ve yazılımlardaki teknolojilerin hızla gelişmesi sayesinde tam otonom şekilde fotogrametrik uçuş görevlerinin gerçekleştirilmesi ve fotogrametrik maksatla kullanılacak şekilde bindirmeli görüntülerin elde edilmesi mümkün kılınmıştır (Bakirman ve ark., 2020). Kullanıcılar elde ettikleri bindirmeli görüntüleri genellikle yaygın olarak kullanılan SfM tabanlı yazılımlar kullanılarak değerlendirmektedir.

Kültürel mirasların ve arkeolojik alanların dijital belgelenmesinde İHA'ların kullanımına dair birçok çalışma mevcuttur. Polat ve ark. (2021) çalışmasında Şanlıurfa'nın güneyinde yer alan ve Şuayip Şehri olarak bilinen alanda İHA fotogrametrisi kullanılarak üretilen ürünlerin yüzey araştırmasına olan katkısını incelemişlerdir. Çalışma bölgesinde antik yerleşimle modern köyün iç içe olması sebebiyle alanın tahribatının çok hızlı olduğuna, dolayısıyla en kısa sürede gerçekleştirilmesi gereken dokümantasyon çalışmasının İHA fotogrametrisi ile çok hızlı şekilde tamamlandığına değinmişlerdir. Bakirman ve ark. (2020) İHA ve Ultra Hafif Drone (UHD) kullanarak İstanbul'daki Otağ-ı Hümayun'un dokümantasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Pix4Dmapper yazılımıyla SfM yöntemiyle İHA ve UHD verileriyle üretilen nokta bulutlarını yersel lazer tarama ile elde edilen nokta bulutuyla karşılaştırmışlardır. İHA ve UHD için maksimum standart sapmalar sırasıyla $\pm 0,62$ cm ve $\pm 1,87$ cm olarak hesaplanmış olup, UHD'lerin kültürel miras dokümantasyonunda düşük maliyetli bir alternatif olarak kullanılabilirliğine değinilmiştir. Toprak ve ark. (2018) Afyonkarahisar'ın İhsaniye ilçesinde, Frig döneminden kalan Aslantaş kaya mezarının 3B modelleme çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kamera olarak Canon A-810, İHA olarak DJI Phantom ve fotogrametrik değerlendirme yazılımı olarak Agisoft Photoscan kullanmışlardır.

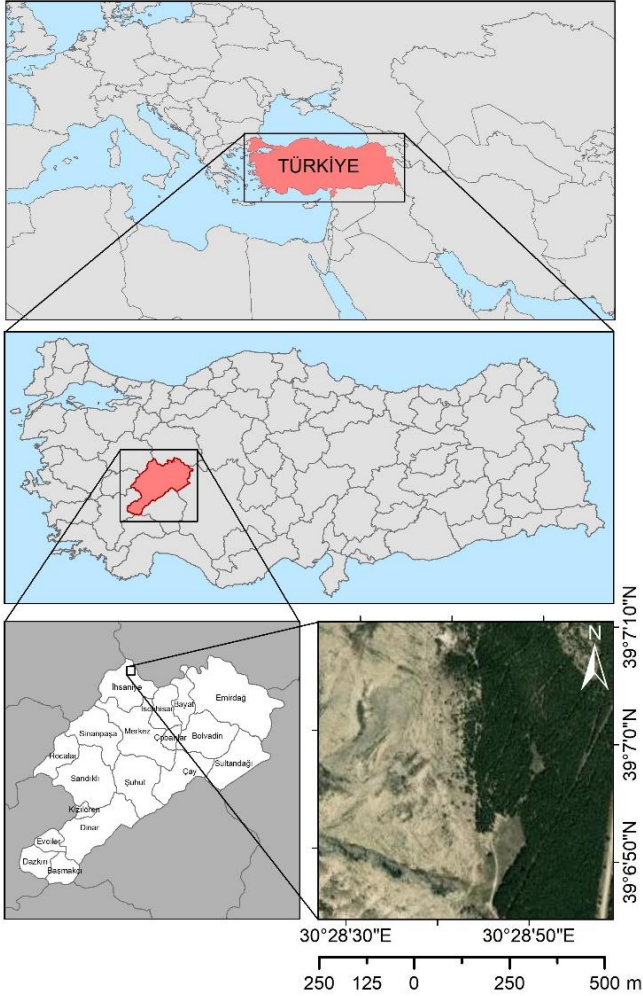
Bu çalışmada, İHA fotogrametrisi tekniğiyle Kolankaya Siperlerinin belgelenmesi çalışmasını kapsamaktadır. Çalışma kapsamında siper alanlarının öncelikle askeri arşivlerden mevkii belirlenmiştir. Sonrasında, tespit edilen alanların yersel gözlem ve ölçümlerle tespiti gerçekleştirilmiştir. Fakat siperlerin zamanla bazı yerlerinin tahrip olması sebebiyle İHA teknolojilerinden faydalanılarak oluşturulacak ortofoto ile siper hatlarının güzergahlarının daha iyi belirlenip belirlenemeyeceğine araştırılmıştır. Ayrıca 3B model oluşturularak siperlerin yüksekliği hakkında detaylı bilgiler elde edilip dokümantasyon çalışmalarına katkısı irdelenmiştir. Bu kapsamda alanda siperlere ait daha fazla detay alabilmek için döner kanatlı İHA ile 100 metre yükseklikten uçuş gerçekleştirilerek görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler 7 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılarak Pix4Dmapper yazılımında değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, bölgede gelecekte yapılacak olan çalışmalarda kullanılacak topoğrafik altlıklar oluşturulmuştur. Üretilen

fotogrametrik ürünler üzerinden yersel ölçülerle karşılaştırarak siper alanlarının belirlenmesinde ve modellenmesinde İHA fotogrametrisinin faydalarına değinilmiştir.

2. Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Kolankaya tepesi Afyonkarahisar ili İhsaniye ilçesinde Sarıcaova ve Bayramaliler köyleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Bölgenin merkezi coğrafi koordinatları 39°06'53.3" Kuzey paraleli, 30°28'37.3" Doğu meridyenindedir.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Ekipman

Çalışma alanında tespit edilen siperlerin ve tesis edilen YKN'lerin koordinatlarının ölçümü Stonex S8N Plus GNSS alıcısıyla TUSAGA-Aktif CORS sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arazinin görüntüleri DJI Phantom 4 Pro İHA ile çekilmiştir. Cihaza ve cihazın üzerinde bulunan dahili kameraya ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan İHA'nın ve dahili kamerasının teknik özellikleri (URL-1)

Özellik	Değer
Ağırlık	1388 gr
Çapraz boyut	350 mm
Maksimum uçuş süresi	~30 dk
Maksimum çıkış hızı	5 m/s (P modda)
Maksimum iniş hızı	3 m/s (P modda)
Maksimum hız	50 km/s (P modda)
Uydu konumlandırma sistemleri	GPS ve GLONASS
Batarya Kapasitesi	5870 mAh
Gimbal	Var (3 eksenli)
Kamera sensör boyutu	1"
Kamera çözünürlüğü	20 Mega piksel
Kamera diyafram aralığı	f/2.8 - f/11
Kamera ISO aralığı	100-3200
Kamera Elektronik perde hızı	1/8000

2.3. Yöntem

Çalışma kapsamında yüzey araştırması ve dokümantasyon çalışması için 3B olarak modellenilecek alanda öncül bir arazi çalışması yapılmıştır. Arazi çalışmasında Kolankaya Tepesinde siper alanlarının tespiti askeri arşivler ışığında uzmanlar tarafından bölgede yaşayan halk ve bilirkişiler ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tespit edilen siperlerin alımı eş zamanlı şekilde GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif sistemi kullanılarak ITRF96 TM30 (Epok: 2005.0) (EPSG:5254) koordinat sisteminde yapılmıştır. Bunun yanı sıra, Fotogrametrik uçuşun gerçekleştirileceği arazi çalışması için de bölge topoğrafyasının tespiti ve YKN dağılımıyla ilgili öncül çalışmalar yapılmıştır. Tesis edilen YKN'lerin koordinatları Tablo 2'de verilmiştir. Üretilen ortofotonun yatayda ve düşeyde doğruluğunu kontrol etmek amacıyla 16 adet homojen olarak dağılmış detay noktası ölçülmüştür. Detayların Karesel Ortalama Hatası (KOH) Y ve X koordinat değerleri için sırasıyla $\pm 2,48$ cm ve $\pm 1,87$ cm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Tesis edilen YKN'lerin koordinatları

YKN No	Y	X	h (Elipsoidal)
1	541447,954	4331298,088	1256,520
2	541447,960	4331193,781	1251,239
3	541324,312	4331216,285	1250,056
4	541384,865	4331355,763	1271,723
5	541321,520	4331394,896	1288,570
6	541318,315	4331511,640	1291,503
7	541289,469	4331495,757	1288,674

Fotogrametrik uçuş planlaması ve otonom fotogrametrik uçuş görevi için Pix4Dcapture isimli mobil yazılım kullanılmıştır. Yapılan uçuş planlamasına ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Fotogrametrik uçuş planlaması bilgileri

Parametre	Değer
Uçuş Tarihi	21/09/2021
Konum	39,114529° K 30,478195° D
Alan Boyutu	383 × 504 m
Bindirme	80%
Kamera Açısı	90°
Uçuş Yüksekliği	100 m
Görüntü Sayısı	268

Pix4Dcapture yazılımı, çalışmada kullanılan DJI Phantom 4 Pro İHA ile tam uyumlu olarak çalışmakta olup, cihazın üzerindeki dahili kameraya uygun bir şekilde uçuş planını gerçekleştirmektedir. Öncül olarak “.kml” dosyası şeklinde hazırlanan çalışma bölgesi sınırlarından faydalanılarak 100 metre yükseklikten (Şekil 2) olacak şekilde uçuş planı hazırlanmıştır. Uçuş öncesinde UAV Forecast isimli mobil uygulama kullanılarak bölgenin İHA uçuşuna uygun olduğu teyit edildikten sonra, İHA'nın kendi kontrol yazılımı olan DJI GO 4 ile cihazın pusula ve atalet ölçüm birimi (internal measurement unit – IMU) kalibrasyonlarının kontrolü gerçekleştirilmiştir. Ardından sırasıyla 13 dakika 30 saniye (Şekil 2) süren otonom uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuş esnasında bir adet batarya kullanılmış olup 268 adet görüntü elde edilmiştir.

**Şekil 2.** Pix4Dcapture ile otonom fotogrametrik uçuş planlaması

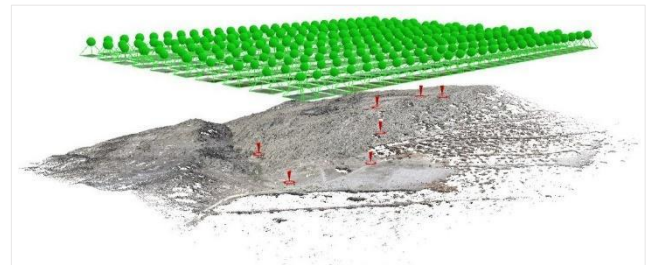
İHA ile elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan yazılımlar genellikle SfM tekniği üzerine kuruludur. SfM tekniği, geleneksel fotogrametride olduğu gibi nesnenin üç boyutlu yapısını elde etmek için bindirmeli olarak çekilmiş görüntüleri kullanmaktadır. Ancak sahnenin geometrisi, kamera konumları ve oryantasyonu, bilinen öncül parametrelere gerek kalmadan otomatik olarak çözülür. SfM tekniğinde birden fazla bindirmeli çekilmiş görüntüde eşleşen özellikler kullanılarak demet dengelemesi ile problem çözülmektedir (Eroğlu ve Narin, 2021; Snavely ve ark., 2008; Westoby ve ark., 2012). Klasik bir SfM sürecinde görüntü yöneltme üç ana adımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; (1) bağımsız görüntüler için özellik çıkarımı, (2) görüntü çiftleri için özellik eşleştirme ve (3) demet dengelemesinin iteratif olarak yinelenmesiyle bilinmeyen parametrelerin çözümü şeklindedir (Jiang ve ark., 2020).

SfM tekniğinde seyrek nokta bulutu oluşturulması aşamasında Ölçek Değişmez Özellik Dönüşümü (Scale-Invariant Feature Transform – SIFT) algoritması yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu süreçte oluşturulan seyrek nokta bulutu görecelidir ve kontrol noktaları kullanılarak

gerçek boyutlara kalibre edilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin ardından bir diğer aşama ise yoğun nokta bulutu oluşturmaktır. Bu işlem için de Yoğun Çoklu Görünüm Stereo (Dense Multiview Stereo – DMVS) algoritması kullanılmaktadır (Şenol ve ark., 2021).

SfM tekniğiyle seyrek nokta bulutu, yoğun nokta bulutu, 3 boyutlu model, sayısal yüzey modeli ve ortofoto üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Bahsi geçen ürünlerin üretimi esnasındaki görüntü işleme adımları ciddi zaman alabilmektedir. Bu sebeple SfM ile bu ürünlerin üretim sürecinin efektif bir şekilde tamamlanabilmesi için yüksek performanslı bilgisayar kullanımı özellikle önerilmektedir (Siebert ve Teizer, 2014). SfM tekniğini kullanan yazılımlar jeomorfolojik analiz (Cook, 2017), sayısal yükseklik modeli üretimi (Uysal ve ark., 2015), arkeoloji (Kaya ve ark., 2021), kültürel mirasların dokümantasyonu (Ulvi ve ark., 2020), ve tarım (Radoglou-Grammatikis, 2020) gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında fotogrametrik değerlendirme yazılımı olarak Pix4Dmapper kullanılmıştır. Pix4Dmapper, İsviçre'deki Computer Vision Lab'de geliştirilmiş olup, hafif İHA veya uçakla alınan binlerce görüntüyü coğrafi referanslı 2 boyutlu veya 3 boyutlu yüzey modellerine ve nokta bulutlarına dönüştürmek için kullanılmaktadır (URL-2). Pix4Dmapper yazılımı temelde SfM yöntemi ile fotogrametrik süreci yürütmektedir. Fotogrametrik değerlendirme işlemlerine başlamadan önce görüntüler incelenmiştir. İncelenen görüntülerde bulanık veya kullanılmayacak görüntüler olmadığı teyit edildikten sonra ilerleyen aşamalara geçilmiştir. Yöneltme işlemi gerçekleştirildikten sonra ve YKN'ler işaretlenip seyrek nokta bulutu yeniden optimize edilmiştir Optimizasyon sonucunda kameraların ve YKN'lerin konumları Şekil 3'te gösterilmiştir.

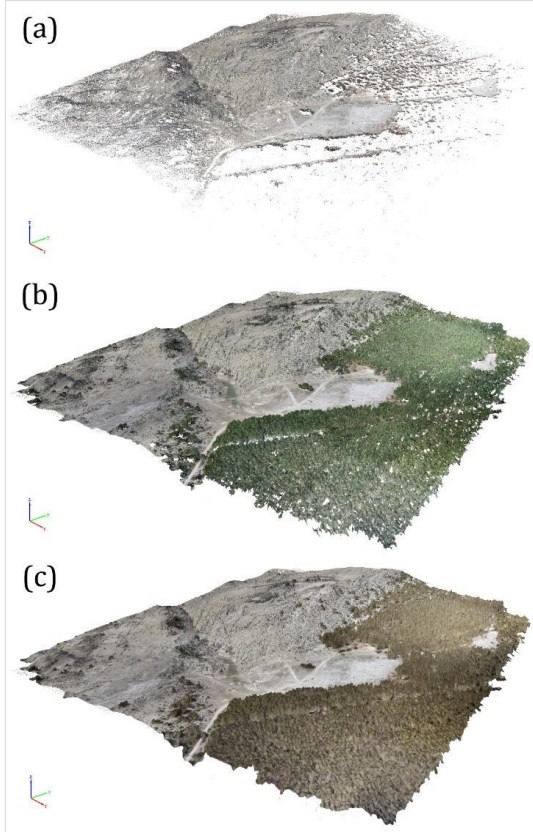
**Şekil 3.** Kameraların ve YKN'lerin hesaplanan konumları

Fotogrametrik değerlendirme süreci yoğun nokta bulutu üretiminden son aşamaya kadar yaklaşık olarak 5 saat 42 dakikada tamamlanmıştır. Oluşturulan seyrek nokta bulutu, yoğun nokta bulutu ve doku giydirilmiş 3B yüzey modeli Şekil 4'te gösterilmiştir.

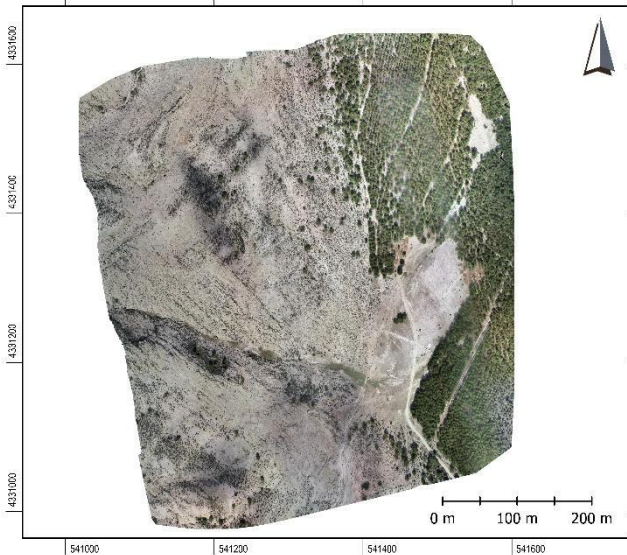
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın amacı olan Kolankaya siperlerinin tespiti ve dokümantasyonu için, alanı bütün olarak görerek siperlerin yıkılan yerlerinin tespit edilebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Polat ve ark. (2021) yılında yaptıkları çalışmada yüzey araştırması için ortofoto üretimi ile kolay şekilde izlenebildiğini ve kalıntıların tespitinin kolay olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca

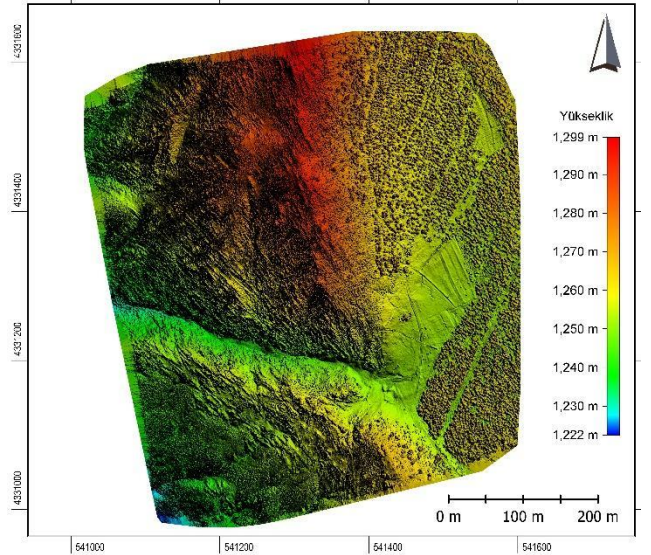
ürettikleri SYM yardımı ile yükseklik değişimlerinin ciddi anlamda kolaylık sağladığını belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında siperler için yüksek çözünürlüklü ortofoto (Şekil 5) ve SYM (Şekil 6) üretilmiştir. Fakat siperlerin bulunduğu bölge savaş alanı olması, siperlerin oluşturulurken bölgede bulunan malzemelerden kullanılması ve arazide kamufler olması istenmesi sebebiyle ortofotoda renk bazlı bir sınıflandırma yapmak mümkün olmamıştır. Ayrıca siperlerin bulunduğu bölge seçilirken doğal siperlerin de çok fazla olması sebebiyle şekil bütünlüğü de çok iyi şekilde seçilememiştir (Şekil 7). Fakat GNSS ölçümleri ile ortofotoyu birleştirerek siperlerin bütünlüğü daha anlaşılır hale gelmiştir.



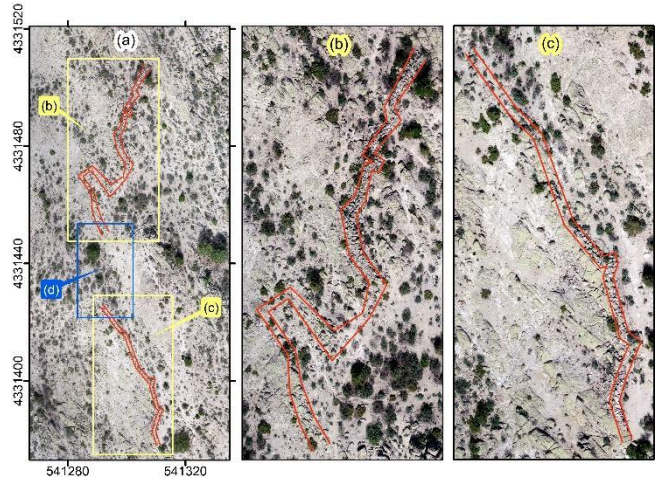
Şekil 4. Çalışma bölgesine ait (a) seyrek nokta bulutu, (b) yoğun nokta bulutu ve (c) doku giydirilmiş 3B model



Şekil 5. Bölgenin ortofoto görüntüsü



Şekil 6. Bölgenin sayısal yükseklik modeli

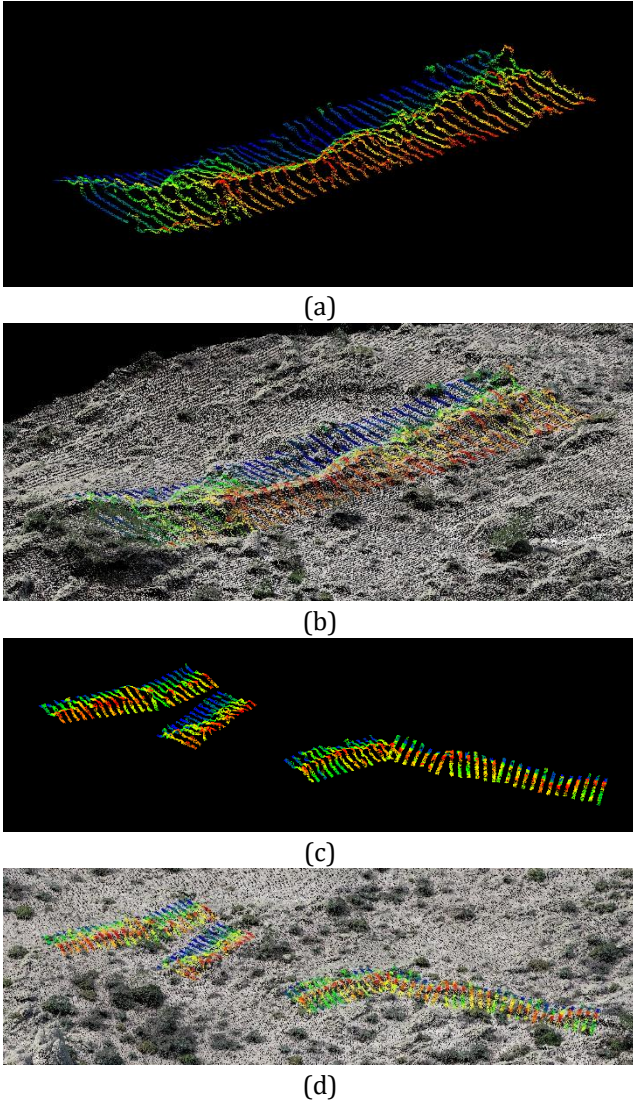


Şekil 7. GNSS ölçümleri ile belirlenen siperlerin ortofoto üzerinde görünümü (kırmızı poligonlar)

Şekil 7'de görüldüğü üzere (d) ile gösterilen alan tahrip olmuştur. Arazi çalışmalarında bölge topografyasının engebeli ve kayalık yapısı sebebiyle, söz konusu tahrip edilen alanın tespiti yapılamamıştır ve (b) ve (c) ile gösterilen parçalı siperlerin birbirine nasıl bağlandığı konusuna tereddüt yaşanmıştır. İHA ile üretilen ortofoto ve nokta bulutu yardımı ile siperlerin tespiti daha detaylı bir şekilde tespit edilmiş olup yüzey araştırmalarından sonra yapılacak restorasyon çalışmaları için iyi bir altlık oluşturmuştur.

Siperlerin yükseklikleri ile ilgili detaylı bilgi alabilmek ve restorasyon çalışmalarına veri sunabilmek için siperin en kesitleri elde edilmiştir (Şekil 8).

GNSS ölçümlerin yanı sıra oluşturulan ortofoto ve en kesitler yardımıyla siperlerin tahrip olan alanlarının tespiti ile birlikte siperlerin yükseklikleri devam edebileceği muhtemel alanlar hızlı bir şekilde haritalar üzerinden okunabilir ve restorasyon çalışmalarına iyi bir yol gösterici olacaktır.



Şekil 8. Siperler için oluşturulan renklendirilmiş en kesitler

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Kolankaya Siperlerinin turizme kazandırılması için yapılması düşünülen restorasyon çalışmalarına altlık olması için bölgenin yüzey karakteristiğini yansıtan topografik ürünler üretilmiş ve analizler yapılarak sonuçlar sunulmuştur. Yersel ölçümlerin yetersiz kaldığı düşünülerek bölgede İHA ile ortofoto üretilmiş ve veriler eşleştirilerek tahrip edilen siperlerin daha bütüncül şekilde ele alınabilmesi mümkün hale gelmiştir. Ayrıca nokta bulutundan elde edilen en kesitler yardımı ile siperlere ait yükseklik bilgisi daha detaylı şekilde incelenmiş ve alanda yapılacak çalışmalara daha detaylı bilgi sunmuştur. Ayrıca siperlerin bulunduğu bölgenin sit alanı olmadığından dolayı bölgede insanların ve otlamak için gelen hayvanların rahat bir şekilde gezebildiği gözlemlenmiştir. Kültürel mirasın korunumu açısından ortofoto görüntüsünün ve nokta bulutunun üretilmiş olması önemlidir.

Teşekkür

Yazarlar Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğüne ve Afyonkarahisar Müzesi Müdürlüğüne teşekkür ederler.

Araştırmacıların katkı oranı

Eren Can Seyrek: Literatür Taraması, Fotogrametrik işlem adımları, Sonuçların çıkarılması, Makale yazımı; **Ömer Gökberk Narin:** Kurgu, Yersel ölçümler, Sonuçların yorumlanması, Makale yazımı; **Talat Koçak:** Tarihi belgelerin ve bölgenin önemini gösteren bilgiler; **Murat Uysal:** İHA uçuşu, Genel kontrol, Dil kontrolü

Çatışma beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Bakirman T, Bayram B, Akpınar B, Karabulut M F, Bayrak O C, Yigitoglu A & Seker D Z (2020). Implementation of ultra-light UAV systems for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*, 44, 174-184.
- Cook K L (2017). An evaluation of the effectiveness of low-cost UAVs and structure from motion for geomorphic change detection. *Geomorphology*, 278, 195-208.
- Duman S (2021). Kütahya - Eskişehir - Kurtuluş Savaşı'nın Unutulan Muharebeleri. İstanbul, Kronik Kitap.
- Erdoğan S (2021a). Sakarya. İstanbul, Kronik Kitap.
- Erdoğan S (2021b). Büyük Taarruz. İstanbul, Kronik Kitap.
- Eroğlu M M & Narin Ö G (2021). İnsansız hava aracı ile üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre verilerinin karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 24(2), 545-551.
- Jiang S, Jiang C & Jiang W (2020). Efficient structure from motion for large-scale UAV images: A review and a comparison of SfM tools. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167, 230-251.
- Kaya Y, Polat N, Şenol H İ, Memduhoğlu A & Ulukavak M (2021). Arkeolojik kalıntıların belgelenmesinde yersel ve İHA fotogrametrisinin birlikte kullanımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3 (1), 9-14.
- Polat N, Çokoğullu S, Memduhoğlu A, Ulukavak M, Şenol H İ, Oral M, Karaçizmeli M & Marangoz Ö (2021). İHA Fotogrametrisinin Arkeolojik Yüzey Araştırmalarına Katkılarının İncelenmesi. *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, 28 (28), 175-186.
- Radoglou-Grammatikis P, Sarigiannidis P, Lagkas T & Moscholios I (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks*, 172, 107148.
- Remondino F, Del Pizzo S, Kersten T P & Troisi S (2012). Low-cost and open-source solutions for automated image orientation—A critical overview. In Euro-

- Mediterranean Conference (pp. 40-54). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Siebert S & Teizer J (2014). Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in construction*, 41, 1-14.
- Snively N, Seitz S M & Szeliski R (2008). Modeling the world from internet photo collections. *International journal of computer vision*, 80(2), 189-210.
- Şenol H İ, Yiğit A Y, Kaya Y & Ulvi A (2021). İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 29-36.
- Toprak A S, Polat N & Uysal M (2019). 3D modeling of lion tombstones with UAV photogrammetry: a case study in ancient Phrygia (Turkey). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(5), 1973-1976.
- Türk İstiklal Harbi / II'nci Cilt / Batı Cephesi / 4'ncü Kısım / Kütahya, Eskişehir Muharebeleri. (1974). Ankara, Genelkurmay Basımevi.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit 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.
- Ulvi A (2021). Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. *International Journal of Remote Sensing*, 42(6), 1994-2021.
- Uysal M, Toprak A S & Polat N (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539-543.
- Westoby M J, Brasington J, Glasser N F, Hambrey M J & Reynolds J M (2012). Structure-from-Motion'photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- Yiğit A Y & Ulvi A (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- URL-1.
<https://www.dji.com/phantom-4-pro/info/>
[Erişim Tarihi: 10/10/2021]
- URL-2.
<https://www.pix4d.com/>
[Erişim Tarihi: 18/10/2021]



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>