

AKÜ FEMÜBİD 20 (2020) 035503 (465-471)

AKU J. Sci. Eng. 20 (2020) 035503 (465-471)

DOI: 10.35414/akufemubid.679005

Araştırma Makalesi / Research Article

Yersel ve Fotogrametrik Yöntemler ile Kaya Bloklarının Hacimlerinin Hesaplanması: Selime Örneği, Aksaray

Müge AĞCA*¹, Efdal KAYA², Hacı Murat YILMAZ³¹ İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir.² İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, İskenderun.³ Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray.* Sorumlu yazar e-posta: mugekaan@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0190-7280>efdal.kaya@iste.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5553-0143>hmuraty@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9725-5792>

Geliş Tarihi: 23.01.2020

Kabul Tarihi: 16.06.2020

Öz

Anahtar kelimeler

İnsansız hava aracı (İHA); Yersel lazer tarama (YLT); 3B Modelleme; Kaya blokları.

Kapadokya bölgesinde bulunan peri bacaları ve kayalık alanlar, yağmur, rüzgâr, sıcaklık ve diğer fiziki etmenler nedeniyle sürekli deformasyona maruz kalmaktadır. Bu deformasyonlar ve kayaç yapıları nedeniyle bölgede çok fazla kaya düşmesi olayı meydana gelmektedir. Bu çalışmada, düşen ve düşme potansiyeli olan kaya bloklarının hacimleri haritacılıkta gelinen en son teknolojik ölçme tekniği olan insansız hava aracı (İHA), yersel lazer tarayıcı (YLT) ve klasik yöntemler (fotoğraf ölçeklendirme ve çelik şerit metre) ile hesaplanmıştır. Çalışmada düşme potansiyeli olan kaya blokları belirlenmiş ve üç boyutlu (3B) olarak modellenmiştir. Çalışma alanı sınırları içerisinde seçilen dört farklı kaya bloğunun hacimleri üç farklı yöntemle hesaplanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, tüm yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır. Kaya bloklarının formu, hacmi ve şekli alan üzerinde düşecek olan bloğun sıçrama ve ilerleme mesafesinin hesaplanmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, ortaya çıkacak olan zararın büyüklüğünü belirleyecektir. Bu nedenle bu tür çalışmalarda hassas modelleme ve hacim bilgileri oldukça büyük öneme sahiptir.

Calculating the Volume of Rock Blocks with Classical and Photogrammetric Methods: A Case Study of Selime, Aksaray

Abstract

Fairy chimneys and rocky areas in the Cappadocia region are subject to constant deformation due to rain, wind, temperature and other physical factors. Due to these deformations and rock structures, many rock falls occur in the region. In this study, the volumes of fallen rock blocks were calculated by using the latest technological measurement technique, unmanned aerial vehicle (UAV), terrestrial laser scanner (YLT) and classical methods (photo scaling and tape measurement). Detailed 3D model of study area was created. The volumes of selected four different rock blocks were calculated by three different methods and the results were compared in this study. In addition, advantages and disadvantages of all methods are discussed. The form, volume and shape of the rock blocks play an important role in the calculation of fallen rock's jump and advance distance over the area. It will also determine the magnitude of the damage that will occur. Therefore, precise modeling and volume information are of great importance in such studies.

Keywords

Unmanned aerial vehicle (UAV); Terrestrial laser scanning (TLS); 3D Modelling; Rockmass.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Ülkemiz konumu itibari ile jeolojik, morfolojik ve iklimsel konumu gereği birçok doğal afet tehdidi

altındadır. Doğal afetlerden dolayı uğradığımız maddi zarar, Gayri Safi Milli Hâsılamızın yaklaşık %3-4 oranındadır. Ülkemizde oldukça sık rastlanan kaya

düşmeleri büyük oranda yapısal hasara ve can kayıplarına neden olabilecek potansiyele sahip doğal tehlikelerdendir. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2008 yılında hazırladığı rapora göre, 82 afet olayı ile en fazla kaya düşmesi olan ilçe, Nevşehir iline bağlı Ürgüp'tür. Türkiye genelinde en çok kaya düşmesi olayının görüldüğü 20 ilçe içerisinde 15.sırada Aksaray iline bağlı Güzelyurt ilçesi yer almaktadır. Meydana gelen kaya düşmeleri kültürel ve doğal miras üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Afet riskinin belirlenmesi ve kaya düşme tehlikesinin boyutlarının ortaya konulması tarihi ve turistik yerlerin korunması açısından önem arz etmektedir.

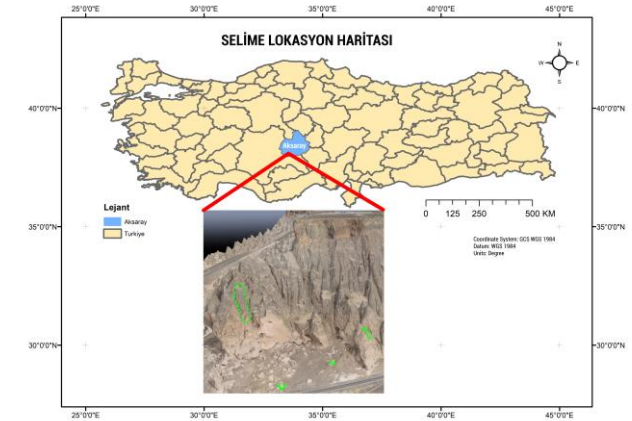
Son yıllarda gelişen teknoloji ile klasik fotogrametrik uçuş tekniklerinin kullanımı yerine daha hızlı ve daha az maliyetli olan İHA sistemleri kullanılmaktadır. Sürekli gelişen İHA sistemleri ile üretilen haritaların hassasiyetleri de yersel ölçme tekniğine giderek yaklaşmaktadır. Hassasiyetteki bu yaklaşma neticesinde İHA'lar birçok farklı disiplinde kullanılabilir (Ebbinghaus 1979, Remondino et al. 2011, Yakar vd. 2009, Yılmaz vd. 2005, Wang et al. 2012, Santana et al. 2012, Öztürk vd. 2017, Akgül vd. 2016).

YLT sistemleri lazer darbeleri kullanarak objeye ait X, Y ve Z koordinatlı veriler temin edilmektedir. Bu sistem ile taranan hedefin çok hassas yüzey ve yükseklik bilgileri elde edilebilmektedir. YLT sistemleri hızlı ve tekrarlanabilen veri üretimi için önemli bir sistemdir. YLT sistemlerinin bu önemli özelliği sayesinde birçok farklı disiplin tarafından farklı uygulamalar için kullanılmaktadır (Akgül et al. 2016, Larsson and Kjellander 2006, Danson et al. 2007, Dunning et al. 2009, Ergincan et al. 2010, Yastıklı 2007, Milan et al. 2007). Ayrıca, YLT sistemi ile topografyaya ait 3B sayısal yükseklik modeli (SYM) ve sayısal arazi modeli (SAM) hassas olarak elde edilebilmektedir (Güllü vd. 2018, Zeybek vd. 2015). YLT sistemlerinden elde edilen veriler farklı fotogrametrik ve uzaktan algılama verileri ile entegre edilebilmekte ve daha hassas modeller oluşturulabilmektedir (Karasaka 2012, Gümüş 2008).

Bu çalışmada düşmüş ve düşme potansiyeli olan kaya bloklarının hacimleri YLT, İHA ve klasik ölçme yöntemleri ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, her bir sistemin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

2. Çalışma Alanı

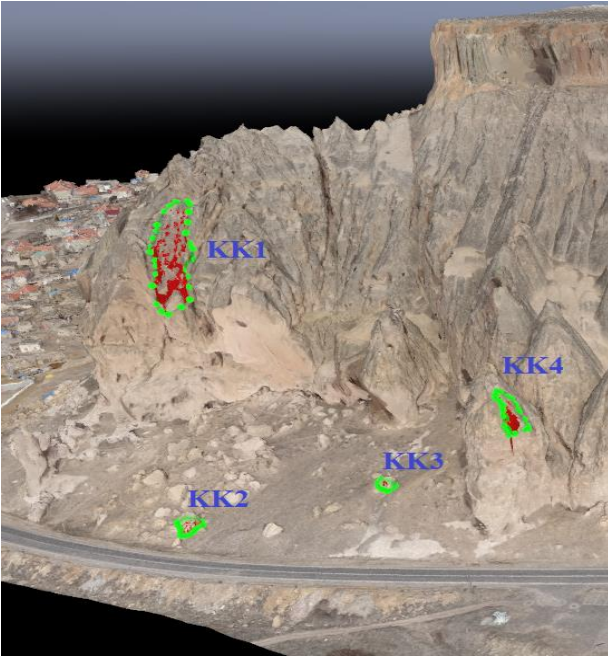
Çalışma alanı olarak Aksaray ilinin Güzelyurt ilçesine bağlı Selime beldesi seçilmiştir. Çalışma alanı, Aksaray şehir merkezine yaklaşık 30 km uzaklıkta olup 38°18'04.24" kuzey enlemi ile 35°15'28.10" doğu boylamı arasında konumlanmıştır. Aksaray ilinin güneydoğusunda ve deniz seviyesinden yüksekliği 1160 m'dir (Şekil 1) (Int Kyn. 1). Selime beldesinin batısında Aksaray merkez, doğusunda Niğde iline ait Çiftlik ilçesi, kuzeyinde Gülağaç, güneyinde ise Niğde iline bağlı Altunhisar ilçesi bulunmaktadır. Çalışma alanı Aksaray ili içerisinde önemli turizm merkezi olan İhlara vadisine giriş olarak da kabul edilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, kaya bloklarının hacim hesaplamalarında İHA, YLT ve klasik ölçme yöntemleri olmak üzere toplam üç farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışma alanında toplam dört adet Kaya Kütle (KK) seçilmiştir (Şekil 2). KK'lerin ikisi ulaşılması zor, askıda ve düşme tehlikesi olan bloklardan (KK1 ve KK4) diğer ikisi ise yere düşen bloklardan (KK2 ve KK3) seçilmiştir.



Şekil 2. KK1, KK2, KK3, KK4 sırasıyla üç boyutlu modellenen kaya bloklar.

3.1. İnsansız Hava Aracı ile Veri Üretimi

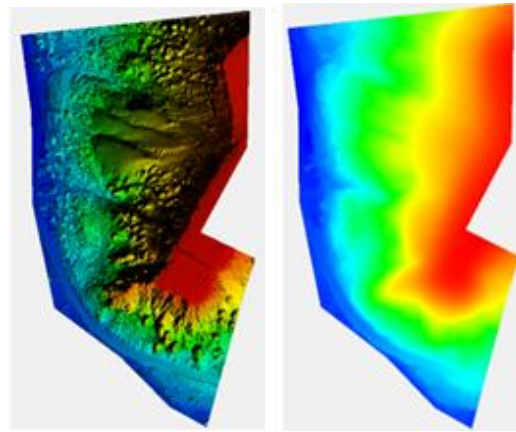
İHA içerisinde uçuş ekibi olmadan, aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip araçlardır (Saripalli et al. 2003). Bu çalışma kapsamında Parrot Group tarafından üretilen SenseFly eBee Rtk model uçak kullanılmıştır. Bu uçağa ait teknik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çalışmada uçuş planı ve tüm simülasyonların yapılması için e-Motion 2.4.13 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada yer örnekleme aralığı (YÖA) 4 cm olarak seçilmiştir. Yatay ve düşey yönde bindirme oranı % 75 olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kamera modeli ise 10.6 mm odak uzaklığı olan SODA markasıdır. Ön hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra sabit Global Positioning System (GPS) aleti kurulmuş ve veriler WGS-84 koordinat sisteminde toplanmıştır.

Çizelge 1. SenseFly eBee RTK model uçağın özellikleri (Int Kyn. 2).

Ağırlık (Kamera ile birlikte)	Yaklaşık 0,73 kg
Kanat Genişliği	96 cm
Motor	Elektrikli pervane, 160 W fırçasız DC motor
GNSS/RTK alıcısı	L1/L2, GPS & GLONASS
Batarya	11,1 V, 2150 mAh
Maksimum uçuş zamanı	40 dakika
Belirlenen uçuş hızı	40-90 km/s
Radyolink mesafesi	3 km’ye kadar
Kullanılabileceği maksimum rüzgâr	45 km/s’e kadar

İniş doğruluğu	Yaklaşık 5 m hassasiyetle
3B Çizim programı	Pix4D, Menci Software

Çalışma alanı üzerinde toplam 178 adet fotoğraf çekilmiş ve fotoğraf başına ortalama 5592 adet bağlama noktası (tie point) atılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak çalışma alanına ait Ortofoto üretilmiştir. Bağlama noktaları oluşturulduktan sonra 15,362,722 adet yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Elde edilen nokta bulutu kullanılarak çalışma alanına ait SYM ve SAM verileri hassas olarak üretilmiştir (Şekil 3). Raster formatında oluşturulan SYM ve SAM verileri için Inverse Distance Weighting (IDW) ve Triangulation yöntemleri ayrı ayrı kullanılmıştır. Tüm verilerin analizi için Pix4D Mapper Pro yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3. İHA ile üretilen SYM (soldaki) ve SAM (sağdaki).

3.2. Yersel Lazer Tarama Sistemi ile Veri Üretimi

YLT sistemleri klasik ölçme yöntemlerine göre çok daha hızlı bir veri toplama tekniğidir (Altuntaş ve Yıldız 2008). Lazer ile mesafe ölçümü için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunlar üçgenleme, faz farkı ölçümü, ışığın gidiş/dönüş zamanı ölçümü ya da puls metotlarıdır. YLT sistemlerinde kısa zaman aralıklarıyla lazer ışınlarının gönderilmesi ve ölçülmesi esasına dayanan puls metodu kullanılmaktadır (Lichti and Gordon 2004). YLT sisteminin, hızlı ve obje ile temas kurmadan ölçme, alana ait detaylı veri toplama, lazer ölçülerinin var olan başka tür ölçülerle kolayca entegrasyonu, daha güvenli veri toplama imkânı, hassas veri üretimi gibi avantajları vardır (Sharp et al. 2002). Çalışmada kullanılan YLT sistemi özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. TOPCON GLS-1000 lazer tarayıcıya ait teknik özellikler (Int Kyn. 3).

Tipi	Lazer darbe
Lazer sınıfı	1.Sınıf
Tarama sıklığı	Saniyede 3000 nokta
Tarama yoğunluğu	Nokta büyüklüğü: 130 derecede 0,24" (40 metre mesafede 6 mm)
Görüş açısı	Yatayda: 360 derece Düşeyde: 70 derece
Kamera	2 mega piksel
Batarya	4 batarya ile 4 saat
Çalışma sıcaklığı	0 – 40 derece
Boyutları	24 x 24 x 56,6 cm
Ağırlık	16 kg
Batarya ağırlığı	245 gram (1 Batarya)
3B Çizim programı	Polyworks

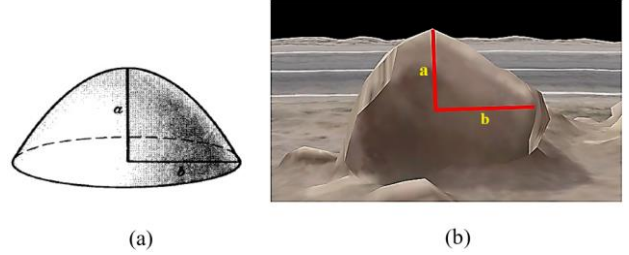
Çalışma alanındaki kayalık bölge YLT sistemi ile iki farklı oturum ile bindirmeli olarak taranmış ve alanın 3B modeli oluşturulmuştur. Her iki oturumdan toplam 7,263,564 adet lazer noktaları elde edilmiştir. Nokta bulutlarını birleştirmeden önce renklendirme, kayıt ve analiz işlemleri için Topcon Scanmaster 2.4.1, CloudCompare yazılımları kullanılmıştır. Nokta bulutları Scanmaster yazılımında ptx formatında kaydedildikten sonra Cloud Compare v2.8.1 yazılımına aktarılmıştır. Bu çalışmada iteratif en yakın nokta yöntemini kullanarak lazer verileri Cloud Compare V2.8.1 birleştirilmiştir. Birleştirilen nokta bulutu yerel koordinat sisteminden küresel koordinat sistemine (WGS-84) dönüştürülmüştür. Daha sonra koordinatlandırılan nokta bulutu verisi üzerinde gürültü noktaları temizlenmiştir. Belirlenen çalışma yüzeyi kesilerek diğer alanlar temizlenmiştir. Çalışma alanının jeolojik özellikleri nedeni ile yüzeyinde herhangi bir ağaç, çalı gibi yüzey modeline etki edecek detaylar bulunmamaktadır. Temizlenen birleştirilmiş nokta bulutlarından SYM üretilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. TLS sistemi ile elde edilen SAM verisi.

3.3. Klasik Ölçme Sistemlerinden Veri Üretimi

Fotogrametrik yöntemler dışında, arazide yerinde ölçüm ya da ölçeklendirilen fotoğraflar üzerinden ölçümler gerçekleştirilerek hacim hesaplamaları yapılmaktadır. Arazi çalışması sırasında Nikon D7200 marka fotoğraf makinesi ile yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekilmiştir. Çelik şerit metre ile düşen kaya bloklarına (KK2 ve KK3) ait yarıçap ve derinlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yere düşen kaya bloklarının benzerlik gösterdiği en yakın geometrik şekil paraboloidtir (Şekil 5). Bu nedenle, Formül 1 kullanılarak KK2 ve KK3'ün hacimleri hesaplanmıştır.



Şekil 5. (a) Paraboloid şekli, (b) çalışma alanındaki düşen kaya bloğu (KK3).

$$V = \frac{1}{2} \pi b^2 a \quad (1)$$

Eşitlikte yer alan değerler;

- *b* çember yarıçapı,
- *a* derinlik
- π Pi değeri

Ayrıca, araziden elde edilen ölçümler kullanılarak fotoğraflar ölçeklendirilmiştir (Binal ve Ercanoğlu 2010; Topal vd. 2007). Ölçek 1:100 olarak belirlenmiştir. Bu ölçeklendirme neticesinde fotoğraf üzerinden metrik bilgi alınabilmektedir (Şekil 5). Özellikle askıda bulunan kaya bloklarına (KK1 ve KK4) ait hacim bilgileri bu metrik bilgiler kullanılarak hesaplanmıştır.

4. Bulgular

Bu çalışmada, kaya bloklarının hacim hesaplamaları için üç farklı yöntem kullanılmıştır. İHA ve YLT sistemleri kullanılarak çalışma alanının üç boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Ulaşılması zor olan bölgede bulunan ve düşme tehlikesi olan KK1 ve KK4 kaya bloklarını ve yere düşen KK2 ve KK3 bloklarının hacimleri fotogrametrik ve klasik yöntemlerle hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında 4 örnek kaya

bloğu için hesaplanan hacim değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Hacim sonuçlarının karşılaştırılması.

Kaya Kütlesi (KK)	Ölçme Tekniği			Hacim Farkı	
	YLT (m ³)	İHA (m ³)	Klasik Ölçme	YLT-İHA	YLT-KÖ
KK-1	462.39	464.73	476.44	-2.34	-14.05
KK-2	39.22	44.5	35.24	-5.28	3.98
KK-3	16.67	20.14	24.41	-3.47	2.26
KK-4	23.22	24.88	26.36	-1.66	-3.14

Bu tür alanlarda klasik yöntemler ile ölçümler hala yaygın olarak kullanılmaktadır. İleri teknolojilerin kullanımı benzeri alanlarda büyük avantajlar sağlamaktadır. Yakar (2009), Yakar vd. (2009b), Yakar vd. (2010a), Yakar vd. (2010b), Yakar (2011a), ve Yakar vd. (2011b) tarafından yapılan bilimsel çalışmalarda YLT sisteminden elde edilen hacim hesaplamalarının klasik yöntemlerden elde edilen hacim hesaplamalarına göre daha doğru olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan tüm yöntemlerden elde edilen hacim hesaplamalarının doğruluk analizleri için YLT sisteminden elde edilen hacim sonuçları kullanılmıştır.

Tablo 3’de verilen değerler incelendiğinde KK1’in hacim değeri klasik yöntemle yapılan ölçümde 476.44 m³ olarak hesaplandığı ve bu değer YLT sisteminden elde edilen değerden 14.05 m³ daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışma alanının mevcut durumu ve kaya bloklarının şekli göz önüne alındığı zaman YLT’nin gerçeğe daha yakın sonuç verdiği görülmektedir. KK1 çok fazla girinti çıkıntıya sahip, oldukça büyük ve askıda olan bir kaya bloğudur. Klasik yöntemle, ölçeklendirilmiş fotoğraf üzerinden yapılan ölçümler kaya bloğunun mevcut durumunu özellikle bloğun üzerinde bulunan girintileri tam olarak yansıtamamaktadır. Daha çok kaba taslak bir hesaplama yapılmaktadır. KK1 için İHA sisteminden elde edilen değer YLT sisteminden elde edilen değerden 2.34 m³ daha fazladır. Hesaplamalar arasında çok ciddi farklılıklar bulunmamaktadır. KK2’nin hacim değerinin İHA sistemi ile 44.5 m³ olarak hesaplandığı ve bu değer YLT hesaplamalarından 5.28 m³ daha fazla olduğu görülmektedir. KK2 kaya bloğunun bulunduğu yer ve bloğun şekli dikkate alındığı zaman İHA’dan elde

edilen ölçümün gerçeği daha çok yansıttığı düşünülmektedir. Şöyle ki; KK2 yere düşen bloklardan biridir. Arazinin topografyasından dolayı YLT sistemi ile KK 2’nin ön, yan ve hatta tepe kısmından detaylı veri temini elde edilememiştir. KK2’nin arka kısmına düşen alanda YLT sistemini kuracak uygun alan ve doğru tarama açısı bulunamamıştır. İHA sistemi alçak uçuş mesafesinde bu bloğu olduğu gibi görüntüleyebildiği için KK2’ye ait detaylı veri bu sistem ile elde edilebilmiştir. Bu nedenle, KK2 için İHA’dan elde edilen hacim değerinin gerçeğe daha yakın olduğu düşünülmektedir. Aynı durum KK3 kaya bloğunun hesaplanmasında da görülmektedir. Çalışmada yapılan diğer tüm hesaplamaların birbirine yakın olduğu ve aradaki farkların yukarıda bahsedilen sebeplerden olduğu görülmektedir. Genel olarak, klasik yöntemle yapılan hacim ölçümlerinden yüksek sonuçlar elde edilmiştir. KK1 ve KK4 askıda bulunan bloklardır. Bu iki bloğun hacimlerini hesaplamak için ölçeklendirilmiş fotoğraflar kullanılmıştır. Aynı zamanda, yere düşmüş olan KK2 ve KK3 kaya bloklarının hacimleri de arazide çelik şerit metre kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak hem çelik şerit metre hem de ölçeklendirilmiş fotoğraflar kullanılarak yapılan ölçümlerde mevcut kaya bloklarında bulunan girinti çıkıntılar ve blokların tam şekli belirlenememekte ve kabaca hacim formülleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu durum hacim hesaplamalarında fazla tahminlemeye neden olmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma ile farklı yöntemler kullanılarak düşmüş ve düşme tehlikesi olan kaya blok hacimleri hesaplanmıştır. Genel olarak elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman ileri teknolojilerin klasik yöntemlere oranla gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu tür çalışmalarda topografya dikkate alınarak en doğru yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Yüzeyin detaylı olarak modellenmesi ve alanın SYM bilgilerinin hassas bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir. Bu tür veriler 3B kaya düşme modellemelerinde ve simülasyonlarında en önemli girdi parametresidir. Gerek yüzeyde gerekse askıda bulunan kaya

bloklarının formu, hacmi ve şekli alan üzerinde düşecek olan bloğun sıçrama ve ilerleme mesafesini ve ortaya çıkacak olan zararın büyüklüğünü belirleyecektir. Bu nedenlerden dolayı hassas modelleme ve hacim bilgileri oldukça büyük öneme sahiptir. Çalışmada kullanılan sistemlerin topografyaya bağlı olarak avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Çalışmada hesaplanan kaya bloklarının yüzeyleri düzgün bir geometriye sahip değildir bu nedenle klasik yöntemle yapılan hacim hesaplamalarında blokların yüzeyleri parabolik bir yüzey olarak kabul edilip hesaplanmıştır. YLT sistemi tarama doğru tarama açısı elde edilirse ve arazide sistem doğru bir şekilde kurulabilirse ve doğru tarama açısı elde edilebilirse detay ve hacim hesaplamalarında hassas ölçümler yapabilmektedir. Fakat bazen bu sistem arazide istenilen uzaklığa ve noktaya kurulamayabilir. Bu durumda kaya bloklarının özellikle tepe veya arka bölgelerinden veri elde edilemeyebilir.

İHA sistemleri gelişen teknolojiye paralel olarak yoğun bir şekilde SYM ve SAM kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada İHA sisteminin genel olarak YLT sisteminin ve klasik ölçme yöntemlerinin eksik kaldığı noktalarda daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Diğer yöntemler ile askıda olan blokların arka kısmı başka bir açıdan taranamadığında ya da fotoğraf çekimi yapılamadığında kaya blokları tam olarak modellenememektedir. Buna karşın dışa dönük yüzeylerin modellenmesinde İHA sistemi daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Aynı zamanda İHA sistemi ile daha hızlı veriler elde edilebilmekte ve ofis ortamında değerlendirmeler yapılabilmektedir. İHA sistemleri, çalışma alanını bir bütün olarak ortofoto üzerinden ele alıp nokta bulutu ve diğer topografik verileri ürettiği için kendi içinde daha doğru bir veri ürettiği düşünülmektedir. İHA sistemi ile uçuş planlamasında kolonlar arası mesafe, fotoğraf çekim açısına ve uçuş yüksekliğine oldukça dikkat etmek gerekmektedir. Sabit kanatlı İHA sistemlerinde tarama açısından dolayı bazen kör noktalar oluşabilmektedir. Bu noktalarda uzak mesafelerin ölçümü için kullanılabilen YLT sistemi ile entegrasyonu sağlanarak daha sağlıklı veriler üretilebilir. Üretilen verilerden hassas üç boyutlu

modeller oluşturulabilir. Hassas bir şekilde kaya blokları üç boyutlu modellendikten sonra hacim hesaplamaları hassas bir şekilde gerçekleştirilir. Hassas bir şekilde hacim hesaplamaları yapıldıktan sonra önemli derecede kazı-dolgu hesabı gerektiren büyük inşaat projelerinde, yol projelerinde, maden ölçmelerinde ve jeolojik çalışmalarda kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışmayı destekleyen Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP-Proje No: 2016-043) teşekkürlerimizi sunarız.

6. Kaynaklar

- Altuntaş, C. ve Yıldız, F., 2008. Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi*, **1**, 98-117.
- Besly, P.J. and McKay, N.D., 1992. A Method for Registration of 3-D Shapes, *IEEE Trans. On Pat.Anal. and Mach.Intelligence*, **14**, 239-256.
- Binal A. and Ercanoğlu M., 2010. Assessment of rockfall potential in the Kula (Manisa, Turkey) Geopark Region, *Environmental Earth Sciences*, **61**, 7, 1361-1373.
- Godin, G., Laurendeau, D. and Bergevin, R., 2001. A Method for the Registration of Attributed Range Images, *International Conference on 3D Imaging and Modelling*, **1**,179-186.
- Gümüş, K., 2008. Yersel Lazer Tarayıcılar ve Konum Doğruluklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 124.
- Karasaka, L., 2012. Mobil Yersel Lazer Tarama Sistemlerinin Fotogrametrik Rölöve Projelerinde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 245.
- Lichti, D.D. and Gordon, S.J., 2004. Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording, *Proceedings of FIG Working Week*, s.on CD, Athens, Greece, 2-27.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. and Sarazzi, D., 2011. UAV photogrammetry for mapping

- and 3d modeling—current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **1**, 22-38.
- Santana, D., Corominas, J., Mavrouli, O. and Garcia-Sellés, D., 2012. Magnitude–frequency relation for rockfall scars using a Terrestrial Laser Scanner, *Engineering Geology*, **4**, 145–146.
- Saripalli, S., Montgomery, J.F. and Sukhatme, G.S., 2003. Visually guided landing of an unmanned aerial vehicle, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, **3**, 371-380.
- Sharp, G.C., Lee, S.W. and Wehe, D.K., 2002. ICP Registration Using Invariant Features, *IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **24**, 90-102.
- Topal T., Akin M. and Özden U.A., 2007. Assessment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. *Environment Geology*, **1**, 191–200.
- Wang, X., Zhang, L., Wang, S., Agliardi, F., Frattini, P. and Crosta, G.B., 2012. Field investigation and rockfall hazard zonation at the Shijing Mountains Sutra caves cultural heritage (China). *Environmental Earth Sciences*, **66**, 1897-1908.
- Yakar, M., 2009. Digital Elevation Model Generation By Robotictotal Station Instrument, *Experimental Techniques*, March/April 2009, doi: 10.1111/j.1747-1567.2009.00375.x
- Yakar, M., Yılmaz, M.H., ve Mutluoğlu, Ö., 2009b. Hacim Hesaplarında Lazer tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11- 15 Mayıs 2009, Ankara.
- Yakar, M., Yılmaz H.M., ve Mutluoglu O., 2010a. Close range photogrammetry and robotic total station in volume calculation, *International Journal of the Physical Sciences*, **5**, 086-096.
- Yakar, M., Yılmaz, H.M. and Yurt, K., 2010b. The Effect Of Grid Resolution In Defining Terrain surface, *Experimental Techniques*, doi: 10.1111/j.1747-1567.2009.00553.
- Yakar, M., 2011a. Using Close Range Photogrammetry to Measure the Position Of Inaccessible Geological Features, *Experimental Techniques*, doi:10.1111/j.1747-1567.2009.00583.
- Yakar, M. and Yılmaz, H.M. 2011b. Determination Of Erosion On A Small Fairychimney, *Experimental Techniques*, doi: 10.1111/j.1747-1567.2010.00661.
- Yılmaz, M., Yakar, M.H., Karabörk, H. and Bayrak, T., 2005. Dijital Yersel Fotogrametri ile Hacim Hesabı, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 23- 25 Kasım 2005. İTÜ – İstanbul.
- Zhang, Z.Y., 1994. Iterative Point Matching for Registration of Free-Form Curves and Surfaces, *International Journal of Computer Vision*. **13**,119-152.

İnternet Kaynakları

- 1-www.selime.bel.tr/tr, (07.03.2017)
- 2-www.paksoytekni.com.tr/index.php/paksoy-topcon/iha/sensefly-ebeex, (31.05.2019)
- 3-www.topconcare.com/en/hardware/scanning/gls_1000/, (31.05.2019)