



Maden Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Fotogrametrik Yöntemle Haritalanması

Adem Kabadayı*¹ 

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati MYO, Mimarlık Şehir Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA,
Uzaktan algılama,
Fotogrametri,
Kamera kalibrasyonu.

ÖZ

Uzaktan algılama ve fotogrametri tekniği yardımıyla üretilen veriler her alanda kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte farklı bir platform olarak insansız hava araçları (İHA) ile veriler üretilmeye başlandı. Özellikle küçük alanlarda tercih edilmesinde tekrarlanabilir uçuş kabiliyeti, hızı, yüksek çözünürlüğü ve düşük maliyeti gibi nedenler önemli rol oynamaktadır. Ayrıca insan ulaşımında güçlük çekilen alanlarda, kayalık ve eğimin çok yüksek olduğu alanlarda da İHA'lar etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Optik hataları (eğrilik, döndürme ve yükseklik farkı gibi) fotogrametri tekniği ile ortadan kaldırılarak ve dikey izdüşüm haline getirilerek 3 boyutlu, koordineli sayısal veriler üretilmektedir. Bu çalışmada, açık maden ocağında İHA tabanlı haritalama uygulaması yapılmış ve İHA uygulamalarının avantajlarına yer verilmiştir. Bu kapsamda İHA fotogrametrisi ile üretilen ortofoto haritalar ve Sayısal Yükseklik Modelleri (DEM) verileri yardımıyla açık maden ocağının haritalanması gerçekleştirilmiştir.

Mapping of the Mine Site by Photogrammetric Method with the Help of Unmanned Aerial Vehicle

Keywords

UAV,
Remote sensing,
Photogrammetry,
Camera calibration.

ABSTRACT

The data produced with the help of remote sensing and photogrammetry techniques are used in every field. With the development of technology, data started to be produced with unmanned aerial vehicles (UAV) as a different platform. Reasons such as repeatable flight capability, speed, high resolution and low cost play an important role in being preferred especially in small areas. In addition, UAVs are used effectively in areas where human transportation is difficult, in rocky areas and in areas with very high slopes. By eliminating optical errors (such as curvature, rotation and height difference) with photogrammetry technique and transforming them into vertical projection, 3-dimensional, coordinated numerical data are produced. In this study, UAV-based mapping application was made in the open pit mine and the advantages of UAV applications were given. In this context, mapping of the open pit mine was carried out with the help of orthophoto mapping and Digital Elevation Model (DEM) data produced by UAV photogrammetry.

1. GİRİŞ

Her gün gelişen ve sınır tanımayan teknoloji, insan yapımı uçakların ve ilgili endüstrilerin hızla değişmesine olanak sağlamıştır. Dünyayı kuşbakışı görme hayali ile başlayan, yolcu ve eşya taşımacılığı amacıyla devam eden havacılık serüveni, Birinci Dünya Savaşı ile birlikte farklı bir anlam kazanmıştır. Çünkü bu büyük savaşta uçaklar ilk kez askerlik hizmetine girmiş ve savaş boyunca taarruz, savunma ve keşif amaçlı hizmet vermiştir (Kabadayı vd., 2020).

Tarihte ilk kez, ilk insansız hava saldırısı olarak kaydedilen askeri bir olayda insansız araç kullanıldı. Bu olay 1849'da Avusturyalıların İtalya'nın Venedik kentine patlayıcı dolu insansız balonlar göndermesiyle gerçekleşti. Gerçekten uzaktan yani insansız uçmak amacıyla uçakların geliştirilmesi ve üretilmesi, ilk kez Birinci Dünya Savaşı ile örtüşmektedir. Burada içinde insan bulunmayan ve bir haberleşme sistemi sayesinde yerden kontrol edilebilen uçan araçlar olarak tanımlanan İnsansız Hava Araçları, kısaca İHA'lar, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ulvi vd., 2020).

Günümüzde kullanılan İHA'ların en basit örnekleri drone'lardır. Askeri amaçlar dışında sıklıkla sivil amaçlar için kullanılan ve özellikle 2000'li yıllarda doğan günümüz genç nesli tarafından kullanılan drone'lar, birçok alanda insanlardan daha iyi performans göstermeleri nedeniyle tercih edilmektedir. Sivil havacılık insansız hava araçları gazetecilik, gösteri dünyası, pazarlama, tarım, kargo, sağlık, acil yardım, iletişim, haritacılık ve yangına müdahale gibi alanlarda büyük faydalar sağlamaktadır.

Gelişen teknoloji ve talepler İHA'ların gelişimini hızlandırmış ve özellikle son yıllarda farklı misyon ve amaçlara ulaşmak için birçok çalışma yapılmıştır. Sivil havacılıktan ziyade askeri amaçlarla kullanıldığı keşfedilen bu uçaklar, günümüzde sağladıkları sayısız avantajlar nedeniyle savunma sektörüne hizmet ediyor. Askeri havacılık alanında İnsansız Hava Araçları, hedef belirleme ve yem olarak, keşif ve gözetleme çatışmalarında ve yüksek riskli görevlerde kullanılmaktadır.

İHA'lar düşük üretim, satın alma, yakıt ve uçuş maliyetleri nedeniyle normal uçaklara göre büyük avantaj sağlar (Yiğit vd., 2020; Ceylan & Uysal, 2021). Daha da önemlisi, bu araçlar mürettebatsız oldukları için görev sırasında yaralanma veya can kaybı riski taşımamaktadır. Aynı nedenle, geleneksel uçaklardan daha hafiftirler ve aynı miktarda yakıtla havada daha uzun süre kalabilirler (Karabacak, 2020).

Öte yandan İHA'ların dezavantajları ise tehlike algılama yeteneklerinin bir insan kadar güçlü olmaması, yer kontrol bağlantısının kopması durumunda tehlike oluşturabilmeleri ve insanlı uçakların hava saldırılarına karşı savunmasız olmalarıdır. Ancak veri aktarımı ve yapay zekâ teknolojilerinde Ar-Ge faaliyetleri ile bu dezavantajlar en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Öte yandan, uçuş sürelerinin daha da artırılması, bu araçların yakın gelecekte yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlayacaktır (Ulvi vd., 2019).

Bugün ülkemiz savunma sanayinde kendi yazılımını ve teknolojisini üreten bir ülke olmayı başarmıştır. Savunma sanayiinin yanı sıra sanal gerçeklik ve üç

boyutlu (3D) model üretimi gibi uygulamalarda İHA'lar kullanılmaktadır. Ayrıca İHA'lar afet henüz gerçekleşmeden yapılacak tespitlerde ve afet sonrası incelemelerde, turizm, mimari alanlarda ve 3 boyutlu şehir planlamasında, yapıların 3 boyutlu modellenmesinde etkili ve verimli olarak kullanım sağlamaktadır (Bryson & Sukkarieh, 2004).

Geleneksel hava fotogrametrisinden elde edilen görüntülere kıyasla, İHA'lar yardımıyla düşük irtifada yapılan uçuşlarda düşük maliyetle yüksek hassasiyetli görüntüler üretilebilir (Esposito vd., 2014; Alptekin vd., 2019).

İHA'lar, geleneksel hava fotogrametrisinde kullanılan uçaklardan farklı olarak cisme yakın ve alçak irtifalarda uçuş imkânı sunar. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı uçakların kullanılmadığı bazı durumlarda alternatif bir yöntem olarak İHA'lar tercih edilmektedir. Ayrıca küçük ölçekli konvansiyonel hava fotogrametrisi uygulamalarında gereksiz veri hacmi ve yüksek maliyete rağmen İHA'lar kullanılarak büyük oranda tasarruf sağlanabilmektedir. İHA'lar yardımıyla gerçekleştirilen çalışmalar yersel fotogrametrisinin hassasiyetine yaklaşmakta ve veri işleme sürecinin kısa sürede tamamlanabilmesi nedeniyle birçok farklı alanda uygulama imkânı bulmaktadır (Eisenbeis, 20009). Yirmi yıl önce robotik total station sıklıkla kullanılıyordu (Yakar, 2009). Ancak son yıllarda İHA teknolojisi birçok disiplin tarafından farklı amaçlarla (harita yapımı, hacim hesaplamaları, 3 boyutlu model yapımı, kültürel mirasın belgelenmesi ve hobi amaçlı vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uysal ve diğerleri (Uysal vd., 2015), Şahitler Kayası Höyüğü'nün Dijital Arazi Modelini (DTM) İHA fotogrametrik teknikleri kullanarak üretmeyi ve Afyonkarahisar'ın merkezindeki Şahitler Kayası mevkiinde yaklaşık 5 ha'lık bir alanda doğruluk analizi yapmayı amaçlamıştır. Yaptıkları çalışmada, uygulama alanında 5 homojen olmak üzere toplam 27 GCP kurmuşlar ve Stonex S9 GNSS (Global Navigation Satellite Systems - Global Positioning Satellite Systems) cihazı ile RTK yöntemi ile ITRF96 datumunda GCP'lerin koordinatlarını elde etmişlerdir. Görüntüler, İHA üzerindeki Canon EOS dijital kamera ile ortalama 60 m yükseklikten çekildi. Çalışmaları sonucunda 30 kontrol noktası ile DTM'nin doğruluğunu değerlendirmişler ve 6.62 cm'lik bir dikey hassasiyet belirlemişlerdir. İHA'lar ile fotogrametrik tekniklerin bir arada kullanılmasının bu alanda yapılacak çalışmalara doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği açısından önemli katkılar sağlayacağını ifade ettiler.

İHA'lar düşük maliyetleri ve yüksek performansları nedeniyle başta sivil ve askeri amaçlı olmak üzere birçok havacılık uygulamasında en önemli teknolojilerden biridir. İHA'lar kısa kanat açıklığına (sabit veya döner kanat) ve hafif bir yapıya sahip olmakla birlikte uçuş sırasında hassas bir yapıya sahiptir (Jung, 2004; Yakar & Yılmaz, 2008).

Şenol ve Kaya (2019), 3B model oluşturmak için modelin saha çalışmasının yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bir yapının 3 boyutlu modelini ortaya çıkarmak için veri toplama yöntemlerine İHA ile veri toplamayı dahil etmişlerdir. Özellikle İHA ile veri toplama yöntemini kullanarak saha çalışmalarını en aza indirmek istemişler ve bu amaç doğrultusunda saha

çalışmasına gerek kalmadan veri toplayabilmişlerdir. Ayrıca İHA, yersel ve engebeli alanların görüntülerinden çeşitli yazılımlarla model oluşturulabileceğini bildirdiler (Şenol & Kaya, 2019).

Klasik yersel yöntemlerle yapılan ölçümler zor, pahalı, fotogrametrik yöntemle göre çok zaman almakta ve bazı arazilerin yapısı nedeniyle mümkün olmamaktadır. İnsanların ulaşım konusunda zorlandıkları dağlık, kayalık ve engebeli arazilerde alternatif olabilecek çeşitli yöntemlerin tercih edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Klasik ölçüm yöntemleri ile bazen bataklık, dere yatakları, bazen de uçurum kenarı gibi tehlikeli yerlere yaklaşmak mümkün olmayabilir. İHA'lar ile, insanların ulaşamadığı ve görüntü almakta zorlandığı alanlara günümüzde kolaylıkla erişim sağlanabilmektedir. Araziden alınacak bindirme görüntüleri ile arazi yapısı 3 boyutlu ve koordineli bir şekilde modellenebilir (Avcı, 2020).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, engebeli alanların haritalanmasında İHA kullanımının yaygınlaştırılması birçok avantaj sağlayacaktır. Özellikle çok engebeli alanlarda haritalama işlemlerinin kısa sürede yapılması, sahada stok hareketlerinde ve kuluçka hesaplamalarında haritalama çalışması yapılması gerekmektedir. Bu çalışmanın yersel yöntemlerle yapılması iş güvenliği açısından risk oluşturabilmekte, maliyetleri artırabilmekte ve zaman kayıplarının yaşanmasına sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca, İHA'lar kullanılarak periyodik ortofoto haritaların üretimi konusunda maliyet, zaman ve personel açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca İHA ile sadece çalışmanın yapıldığı alan ya da belirli bir bölge dahilinde haritalama yapmak yerine tüm sahanın periyodik haritaları üretilebilir. Böylece çalışma alanında potansiyel tehditlerin öngörülebildiği, ileriye dönük sağlıklı kararların alınması sağlanarak optimum planlama yapılması mümkün olabilecektir.

Günümüzde İHA, kültürel miras çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Çelik vd., 2020; Şasi, 2020). Fotogrametri ve İHA'lar arazi örtüsü sınıflandırması (Öztürk & Çölkesen, 2021), heyelan modellemesi (Alptekin & Yakar, 2020; Kuşak vd., 2021), kaya düşmesi modellemesi (Alptekin vd., 2019), gölet sahası hacmi (Alptekin & Yakar, 2020), erişilemeyen jeolojik özelliklerin konumunu ölçmek (Yakar, 2011), kıyı şeridi tespiti (Ünel vd., 2020), hacim hesaplaması (Kaya vd., 2019; Şahin & Yılmaz 2021) gibi birçok mühendislik projesinde kullanılmıştır.

2. YÖNTEM

Açık ocak maden alanlarında İHA görüntülerinin elde edilmesi ve işlenmesi için çerçeve dört ana bölümden oluşmaktadır; yani, yer ağı ve uçuş güzergahı tasarımının yapılandırılması, görüntü elde edilmesi, Fotogrametrik yazılım yardımıyla YKN'ler kullanarak fotoğrafların eşlenmesi, DEM&orto-görüntülerin oluşturulması ve çizimdir.

İlk olarak, yer kontrol ağının dağılımı, Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi ile tarafından ölçülmüştür. Uçuş rotası, İHA tabanlı fotogrametrik ve havadan görüntü yönlendirmesi için özel faktörler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Otonom uçuş işlemleri sırasında hem İHA görüntüleri

hem de konum ve yönlendirme sistemi verileri elde edilmektedir. Fotogrametrik yazılım olarak kullanılan Pix4D yazılımında Ortofoto ve DEM haritaları oluşturulur. Açık maden ocağının haritalanması yapıldı ve işlem akışı şekil 1'de verilmiştir.

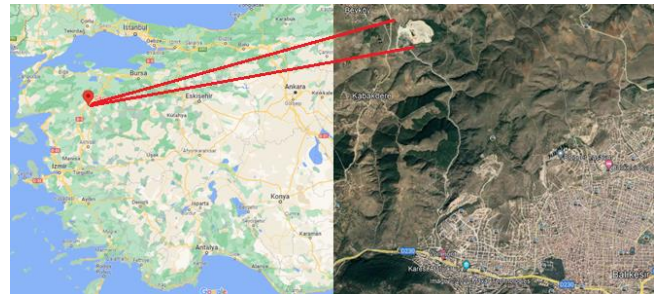


Şekil 1. İşlem akışı

2.1. Çalışma Alanı ve Veri Seti

Çalışma kapsamında, SenseFly eBee X İnsansız hava aracı yardımı ile çekilen fotoğraflardan, Fotogrametrik yöntem ile maden ocağının haritası yapılmıştır.

Maden ocaklarının Fotogrametrik yöntem ile haritasının yapılabilmesi için Balıkesir merkeze bağlı Cavlan maden ocağı taş ve kum üretim ocak sahası örnek olarak ele alınmıştır. Rakımı 430 m ile 480 m arasında değişmektedir. Uçuş yapılması planlanan alan yaklaşık 970 dekar alanı kaplamakta olup, Şekil 2' de ölçüm yapılan ocak yeri (39°700724 N, 27°843618 E coğrafi koordinatları) ve yerbulduru haritası verilmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanı haritası

2.2. Verilerin temini ve işlenmesi

Koordinatlı olarak haritalanması yapılacak olan maden ocağı içerisinde YKN'ler belirlenmiş ve GNSS alıcısı ile koordinatlandırılmıştır. SenseFly eBee X insansız hava aracı (Şekil 3) ile maden sahasının havadan fotoğrafları çekilmiş, fotoğrafların işlenmesinde Pix4D Mapper görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır. SenseFly eBee X İnsansız hava aracı ile uçuş öncesi, sayısal yükseklik modelinin (SYM) optimizasyonunda kullanılacak YKN'nin konumları belirlenmiştir. Daha sonra YKN'ler arazide tesis edilmiş ve koordinatları ölçülmüştür. İHA kalkış noktası ve uçuş planı belirlenerek fotoğraflar alınmıştır. Uçuş planı belirlenirken uçuş süresi, yüksekliği, kamera açısı ve fotoğraf bindirme oranları gibi parametreler dikkate alınmıştır. Maden ocağında yapılan çalışmalarda bir veya daha fazla uçuş yapılarak veriler toplanabilmektedir.

Elde edilen veriler tek proje olarak işlenebilmektedir. Tablo 1’de SenseFly eBee X insansız hava aracının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3. SenseFly eBee X İnsansız hava aracı

Tablo 1. SenseFly eBee X özellikleri

Özellik	Değer
Max Ağırlık/Boyut	1700gr / 116cm
Seyir hızı	110 m/saniye'e kadar
Fotoğraf kalitesi	24 megapiksel
Maksimum uçuş süresi	90 dk'a kadar
PPK/RTK	+
Radyolink mesafesi	3 km
Uydu Konumlandırma Sistemleri	+

Tablo 2. Uçuş parametresi

Parametre Adı	Uçuş
Uçuş yüksekliği	135 m
Uçuş süresi	35 dk'a kadar
Fotoğraf formatı	JPEG
Fotoğraf üst üste binme oranları	%60 enine, %60 boyuna
Fotoğraf Sayısı	165
Yer kontrol noktası	8 adet
Orto-foto çözünürlüğü	5,03 cm/pixel
Taranan alan	0,970 km ²

Uçuş yapılmadan önce, çalışma alanı ile ilgili veri alımını etkileyecek değişiklikler (yüksek katlı binalar, güçlü verici istasyonlar, elektrik iletim hatları vb.) yapılmıştır. Tablo 2’de uçuşa ait parametreler ve uçuş planı, Tablo 2’de 8 adet YKN koordinatları verilmiştir. Şekil 4’de ise bu şartlarda yapılan uçuş görseli sunulmuştur.

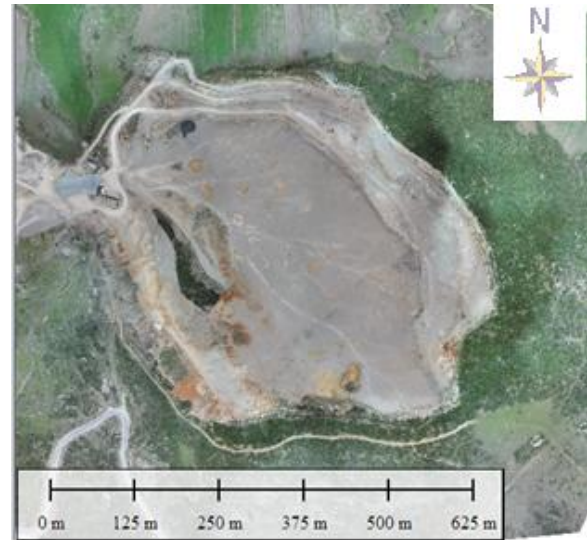
Tablo 2. YKN Koordinatları

NOKTA NO	Y	X	Z
YKN.1	571983.929	4396465.032	435.505
YKN.2	571985.035	4396832.452	458.920
YKN.3	572128.153	4396861.257	457.071
YKN.4	572241.101	4396999.562	482.065
YKN.5	572781.008	4396925.500	439.448
YKN.6	572691.159	4396480.721	461.114
YKN.7	572440.540	4396446.120	446.872
YKN.8	572412.451	4396716.261	461.677

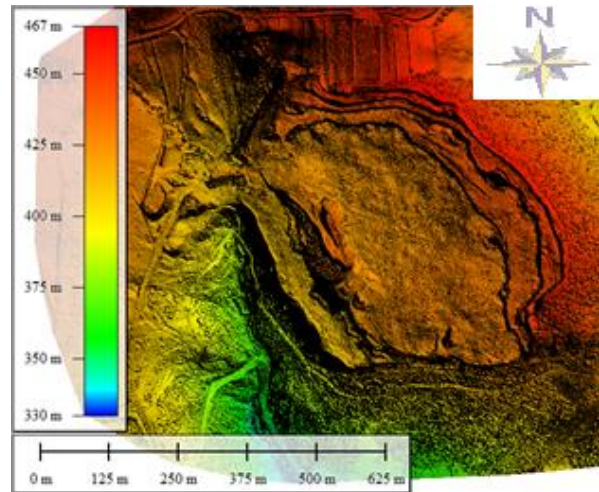
Uçuş sonrası elde edilen veriler Fotogrametrik yazılım olarak Pix4D yazılımında işlenmiştir. Değerlendirme üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada fotoğraf dengelemesi yapılmış ve YKN’ler ile optimize edilen verinin üç ekseninde toplam hatası 5cm’nin altındadır. Daha sonrasında yoğun nokta bulutundan üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Şekil 6’da ve ortofoto Şekil5’de verilmiştir.



Şekil 4. SenseFly eBee X ile yapılan uçuş planı ve fotoğrafların konumları

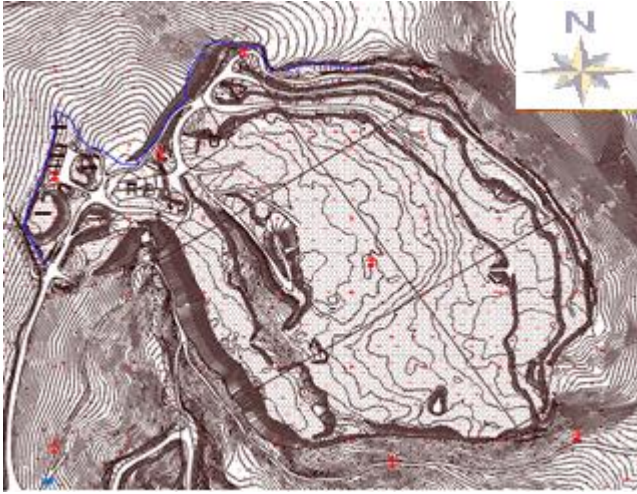


Şekil 5. Ortotofoto görüntüsü



Şekil 6. SYM verisi

Program sonuç ürünü olarak üretilen SYM ve ortofoto verileri yardımıyla Şekil 7'da verilen maden sahasının hassas koordinatlı topografik harita verisi üretilmiştir.



Şekil 7. Maden ocağı haritasından görünüm

3. BULGULAR

Dağlık ve engebeli alanlarda klasik yöntemle çalışmaların yapılması çok fazla emek ve zaman almakta ver ölçümler sırasında maden üretimine ara verilmek zorunda kalılabilmektedir. Bu durumlar iş açısından riskli durumlara sebep olabilmekte ve çalışmaların maliyetinin de artmasına yol açabilmektedir. İHA'nın üreteceği sayısal veriler, klasik yersel ölçüm yöntemlerine (Total Station, GPS) göre çok daha kısa sürede, optimum ekip sayısı ve daha az maliyetle tamamlanabilmektedir. Ayrıca çalışmada sayısal yükseklik modeli, ortofoto ve 3D model elde edilebilmekte, dolayısıyla bu ürünler aynı zamanda daha iyi çözümler de sunmaktadır. İHA'lar, başta periyodik ortofoto haritaların üretilmesi olmak üzere, maliyet konusunda stok miktarlarının hesaplanmasında ve zaman-personel açısından önemli derecede avantajlıdır. Bununla beraber İHA'lar yardımıyla kısmi haritalama yerine, alanın bir bölümünün değil tüm alanın periyodik olarak haritalanması söz konusudur.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada maden sahaları gibi arazilerin haritalanmasının, İHA yardımıyla Fotogrametrik yöntemler ile hızlı bir şekilde yapılabileceği gösterilmiştir. Düşük maliyetli İHA böyle bir arazide rahatlıkla kullanılabilir. İHA ile zor ve engebeli arazi koşullarında pratik, son derece hızlı, yüksek hassasiyetli ve ekonomik ölçümler yapılabilmektedir. Kısa sürede üretilen 3 boyutlu modeller; maden sahalarındaki ilerlemeyi izleme, tutarsızlıkları belirleme, geleceğe yönelik sağlıklı kararlar alabilme ve bu kararlar ışığında planlama açısından oldukça pratik çözüm seçenekleri sunmaktadır. Diğer maden sahalarında da bu yöntem uygulanarak maden sahalarındaki malzeme hareketliliği, stok miktarlarının hesaplanması ve yıllık üretim miktarları gibi veriler hesaplanabildiği görülmektedir.

Yazarların Katkısı

Makale tek yazarlıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Determination of pond volume with using an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 59-63.
- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Heyelan bölgesinin İHA kullanarak modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 17-21.
- Alptekin, A., Çelik, M. Ö., Doğan, Y. & Yakar, M. (2019). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1 (1), 12-16.
- Alptekin, A., Çelik, M. Ö., Kuşak, L., Ünel, F. B. & Yakar, M. (2019). Anafi Parrot'un heyelan bölgesi haritalandırılmasında kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 33-37.
- Avcı, H. (2020). Engebeli arazilerde insansız hava araçları ile üç boyutlu veri üretiminde doğruluk araştırması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bryson, M. & Sukkarieh, S. (2004). Vehicle model-aided inertial navigation for a UAV using low-cost sensors, in Proc. Australasian Conf. on Robotics and Automation, Canberra, Australia.
- Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M. & Kanun, E. (2020). Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelenmesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2 (1), 22-27. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha/issue/54200/715377>
- Ceylan, M. C. & Uysal, M. (2021). İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla ağaç çıkarımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3 (1), 15-21. DOI: 10.53030/tufod.912501
- Eisenbeis, H. (2009). UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland: ETH.
- Esposito, S., Fallavollita, P., Wahbeh, W., Nardinocchi, C. & Balsi, M. (2014). Performance Evaluation of UAV Photogrammetric 3D Reconstruction. IGARSS 2014.
- Jung, S. (2004). Design and development of a micro air vehicle (MAV): test-bed for vision-based control, Master's Thesis. *University of Florida*, 56, Florida.
- Kabadayı, A., Yunus, K., & Yiğit, A. Y. (2020). Comparison of documentation cultural artifacts using the 3D model in different software. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 51-58.
- Karabacak, A. (2021). İnsansız hava araçları (İHA) ile enerji nakil hatlarının ölçülmesi üzerine derleme. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3 (1), 1-8. DOI: 10.53030/tufod.897992
- Kaya, Y., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Akça, Ş., Ulukavak, M. & Polat, N. (2019). Hacim hesaplarında İHA

- kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1 (1), 7-10.
- Kusak, L., Unel, F. B., Alptekin, A., Celik, M. O. & Yakar, M. (2021). Apriori association rule and K-means clustering algorithms for interpretation of pre-event landslide areas and landslide inventory mapping. *Open Geosciences*, 13(1), 1226-1244. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0299>
- Öztürk, M. Y. & Çölkesen, İ. (2021). The impacts of vegetation indices from UAV-based RGB imagery on land cover classification using ensemble learning. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3 (2), 41-47. DOI: 10.53093/mephoj.943347
- Şahin, V. & Yılmaz, H. M. (2021). Hacim hesaplarında insansız hava aracı (İHA) verilerinin kullanılabilirliğinin araştırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3 (2), 36-48. DOI: 10.51534/tiha.955271
- Şasi, A. (2020). Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2 (1), 1-7.
- Şenol, H. İ. & Kaya, Y. (2019). İnternet tabanlı veri kullanımıyla yerleşim alanlarının modellenmesi: Çiftlikköy Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2019; 1(1), 11-16
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. & Kaya, Y. (2019). The use of photogrammetric techniques in documenting cultural heritage. The example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73.
- 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.
- Ünel, F. B., Kuşak, L., Çelik, M. Ö., Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Kıyı çizgisinin belirlenerek mülkiyet durumunun incelenmesi. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(1), 33-40.
- Uysal, M., Toprak, A. S. & Polat, N. (2015). DEM generation with UAV photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler Hill. *Measurement*, 73, 539- 543, doi: 510.1016/j.measurement.2015.1006.1010.
- Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Kültürel miraslardan tarihi Horozluhan'ın fotogrametrik röleve çalışması ve 3 boyutlu modellenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23:2, 25-33.
- Yakar, M. (2009). Digital elevation model generation by robotic total station instrument. *Experimental Techniques*, 33(2), 52-59.
- Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.
- Yiğit, A. Y. & Ulvi, A. (2020). İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- Yiğit, A. Y., Orhan, O. & Ulvi, A. (2020). Investigation of the rainwater harvesting potential at the Mersin University, Turkey. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 64-75.



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>