

Hava Fotogrametrisi ve Jeodezik Yöntemler ile Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi: Erzurum Aksu Köyü Örneği

Oğuzhan Konya^{1,*}, Duygu Arıcan², Melis Uzar², Hamit Onur Soysal¹, Volkan Eken¹

¹Ölçek Mühendislik Müşavirlik Ticaret Limited Şirketi, 34349, İstanbul.

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Özet

Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) sivil mühendislik çalışmaları, coğrafi bilgi sistemleri, proje planlama çalışmaları gibi bir çok alanda veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Arazi topoğrafyasını temsil eden SYM üretimi ve güncelleştirilmesi hızlı, doğru ve ekonomik olarak yapılmalıdır. SYM üretiminde hem fotogrametrik hem de jeodezik yöntemler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Erzurum ili Tortum İlçesi Aksu Köyü mevkinde hava fotogrametrisi ve jeodezik yöntemler kullanılarak elde edilen iki ayrı veri setinden SYM üretimi sağlanmıştır. İki farklı yöntem ile SYM üretimi zaman, maliyet ve doğruluk analizi bakımından irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler

SYM, GPS, GNSS, Stereo Görüntü

Abstract

Digital Elevation Models (DEM) are used as data sources in many fields such as civil engineering works, geographic information systems, project planning studies. Production and updating of DEM which represents land topography should be completed fast, accurately and economically. Both photogrammetric and geodetic methods are widely used for DEM production. In this study, DEM production was obtained from two separate data sets which obtained by using aerial photogrammetry and geodesic methods in Aksu Village of Tortum District of Erzurum. Producing DEM by two different methods has been examined about processing time, cost and accuracy analysis.

Keywords

DEM, GPS, GNSS, Stereo Image

1. Giriş

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), arazinin topoğrafyasına ait 3 boyutlu konum verisinden yararlanılarak bilgisayar ortamında oluşturulmuş temsildir. SYM'ler yersel ve uzaktan algılama veri toplama yöntemleri ile elde edilebilmektedir (Li, Z., vd. 2005).

Belirli yükseklik ve bindirme oranıyla alınan hava fotoğraflarının üç boyutlu değerlendirilmesi ile arazi yüzeyinde bulunan objelerin niteliksel ve geometrik bilgilerinin değerlendirilmesi yersel ölçmelerle harita üretimine bir alternatif oluşturmaktadır (Akgül vd. 2016).

Günümüzde SYM farklı amaçlar ve çalışmalar için bir çok alanda kullanılabilir. Şen ve Gümüş (2016), SYM doğruluğunu etkileyen mekansal enterpolasyon yöntemleri, farklı nokta dağılımları ve farklı topoğrafyaya sahip arazi tipleri açısından konumsal doğruluğunu araştırmışlardır. Makineci ve Karabörk (2016), Sentinel 1A ve Envisat uydu görüntülerinden SYM üretmek SYM üzerinde doğruluk araştırması yapmışlar, bunun sonucunda yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden daha yüksek doğruluklu SYM elde edilebileceğine değinmişlerdir.

2. Erzurum Aksu Köyü Mevki SYM Üretimi

2.1. Çalışma Alanı ve Veri Setleri

Bu çalışma Şekil 1'de konumu gösterilen Erzurum ili Tortum ilçesi Aksu köyü bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesine ait 2016 yılında jeodezik yöntem ile elde edilen veri seti ve 2013 yılında fotogrametrik yöntemlerle elde edilen veri seti olmak üzere iki veri seti kullanılmıştır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHBBÜY)'nde yersel ölçme yöntemi olarak adlandırılan yöntem bu çalışmada jeodezik yöntem olarak adlandırılmıştır. Birinci veri setine ait olan bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. İkinci veri seti ise Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen hava fotoğrafları, kamera kalibrasyon raporu ve yöneltme parametrelerinden oluşmaktadır. Kamera ve uçuşa ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

* Sorumlu Yazar E-posta: oguzhan@olcekmuhendislik.com (Oğuzhan Konya)



Şekil 1: Çalışma alanına ait Google Earth görüntüsü

Tablo 1: Birinci veri setine ait özellikler

Ölçme Aleti	Ölçme Yöntemi	Ölçme Doğruluğu	Nokta Türü	Nokta Sayısı	Oturum Sayısı	Oturum Süresi	Veri
Topcon GR-5	Statik Ölçme Yöntemi	H: 3 mm + 0.1ppm V: 3.5 mm + 0.4 ppm	C3 Pilye	2	1	2 saat	ITRF96 datumunda koordinatlar, Elipsoidal yükseklik
Topcon GR-5	GPS Nivelmanı	H: 3 mm + 0.1ppm V: 3.5 mm + 0.4 ppm	C3 Pilye	2	2	2 saat	Ortometrik yükseklik
Topcon GR-5	RTK	H: 3 mm + 0.1ppm V: 3.5 mm + 0.4 ppm	Poligon Noktası	3	2	15 dakika	ITRF96 datumunda koordinatlar
Topcon GR-5	RTK	H: 3 + 0.1ppm V: 3.5 mm + 0.4 ppm	Detay Noktalar	640	1	3 saniye	ITRF-96 datumunda koordinatlar, Elipsoidal yükseklik

Tablo 2: ikinci veri setine ait özellikler

Kamera	Odak Uzaklığı	Piksel büyüklüğü	Fotoğraf Sayısı	Uçuş Tarihi	Ortalama Uçuş Yüksekliği	Kalibrasyon Tarihi
Ultracam Eagle, S/N UC-Eagle-1-20117067	79.80 mm	15.6 µm	2	2013	6950 m	23 Mart 2012

2.2. Yöntem

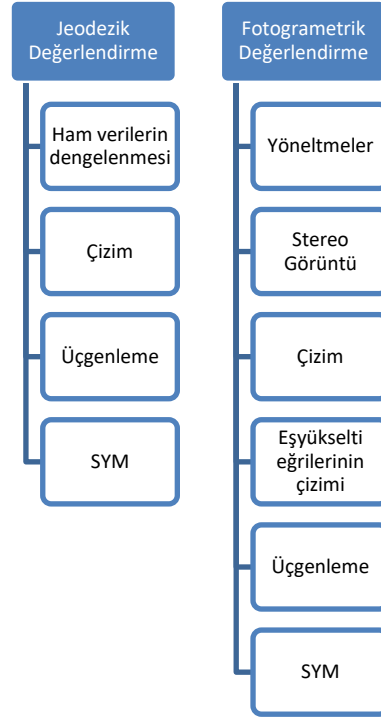
Bu çalışma için hem fotogrametrik hem de yersel yöntemlerden yararlanılmıştır. İzlenen genel işlem adımları Şekil 'te verilmiştir.

İlk olarak, jeodezik yöntemle 2016 yılına ait birinci veri seti elde edilmiştir. Bunun için çalışma bölgesinde birbirini görebilen 2 adet C3 derece pilye tesis edilmiştir. Pilyelere ait koordinat ve yükseklik bilgisi Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA)'ya bağlı pilyeler yardımı ile dayalı dengeleme yapılarak hesaplanmıştır. Tesis edilen pilyelerin ortometrik yükseklikleri GPS nivelmanı yapılarak elde edilmiştir. Çalışma bölgesinde ölçümleri gerçekleştirebilmek için sınırlara 3 adet poligon noktası tesis edilmiştir. Poligon noktalarının koordinatları ve elipsoidal yükseklikleri, çalışma alanına tesis edilen 2 adet C3 derece pilyeden birine sabit alıcı kurularak poligon noktalarının ölçümü Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (RTK) yöntemiyle yapılmıştır (Şekil 3). Sınırların içerisindeki tüm taşınmaz mallar, arazi kırık noktaları, akarsu, köprü, genel ve özel yollar gibi her türlü detay ölçülmüştür. C3 derecedeki pilyelerin TUSAGA-Aktif'teki ERZR, HORS ve UDER istasyonları sabit alınarak Topcon Tools programının yardımı ile dayalı dengelenmiş koordinatları ve elipsoidal yükseklikleri elde edilmiştir. C3 derecedeki pilyelerin ortometrik yükseklikleri çalışma alanına en yakın Harita Genel Komutanlığı nivelman noktalarının pilyelere uzaklığı 10 km'den fazla ve oluşturulacak nivelman yolunun engebeli

olmasından dolayı GPS nivelmanı yapılmıştır. Harita Genel Komutanlığından temin edilen 585 hat no'lu DN-7 ve DN-9 ana nivelman noktalarının Helmert ortometrik yükseklikleri kullanılarak, C3 derecedeki pilyelerin ortometrik yükseklikleri dayalı dengeleme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Gidiş ve dönüş şeklinde yapılan ara nivelmanda kapanma değeri BÖHHBÜY'de belirtilen aşağıdaki formüle göre hesaplanarak hata dağıtımı yapılmıştır.

$$w_{[mm]} \leq 15\sqrt{S_{[km]}} \quad (1)$$

Buna göre pilyelerin koordinat ve elipsoidal yüksekliklerinin standart sapması 5.7 mm, ortometrik yükseklik için standart sapma 5.5 mm olarak hesaplanmıştır.

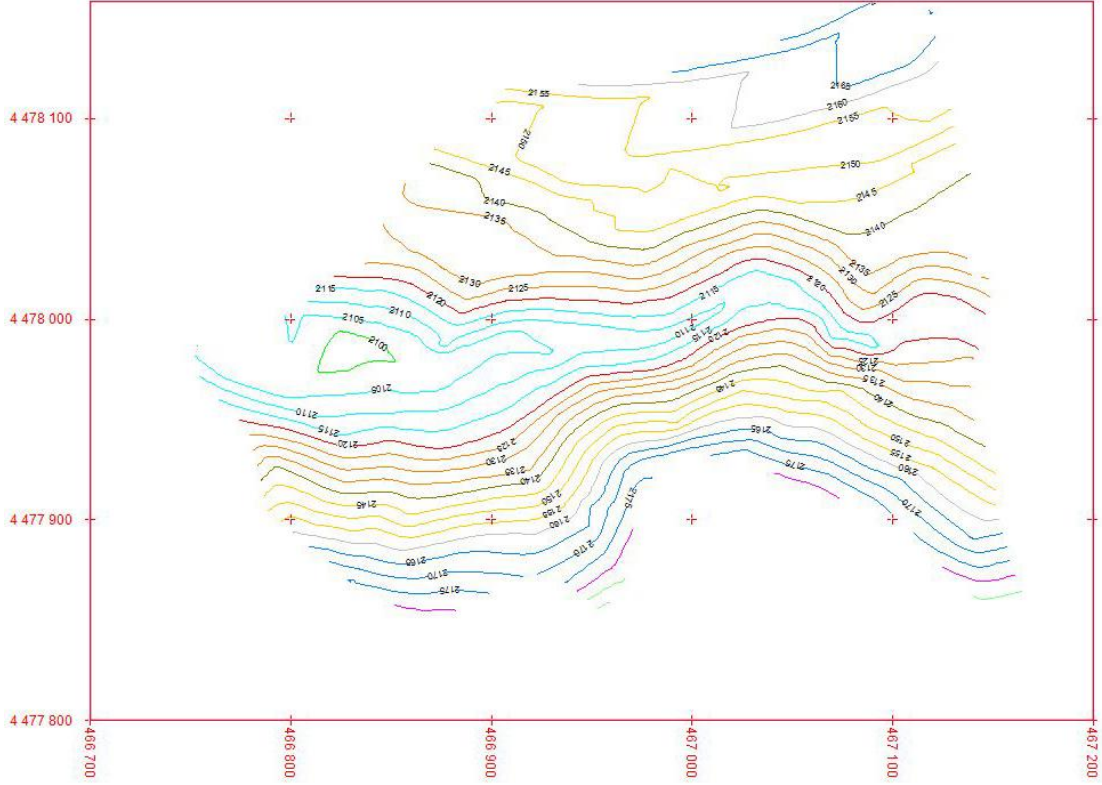


Şekil 2: Çalışma iş akışı



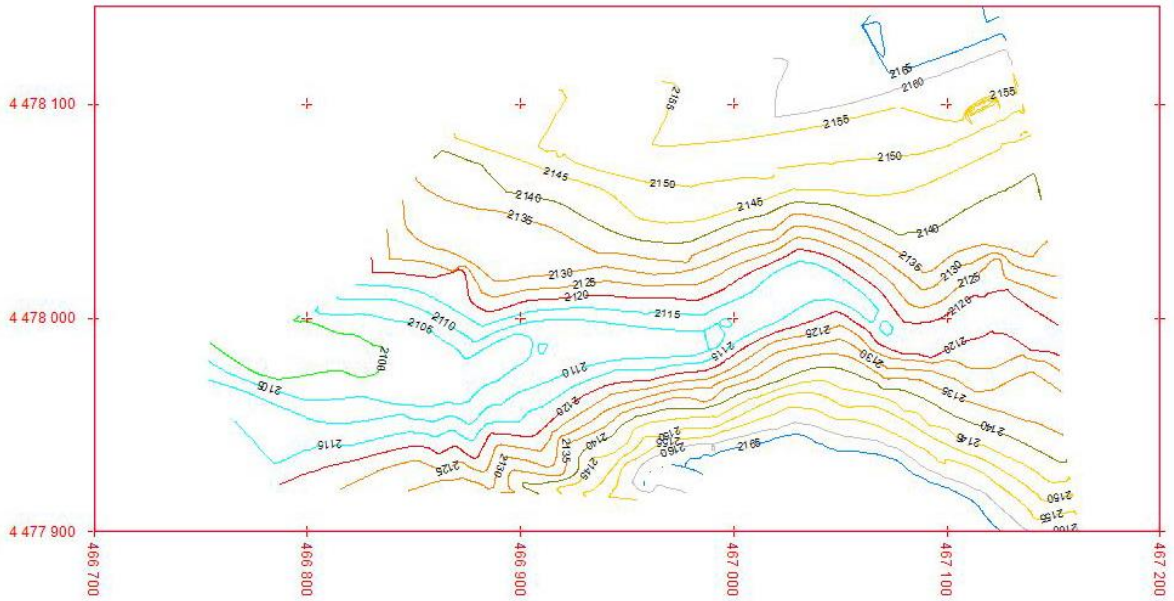
Şekil 3: Poligon noktalarının ölçümüne ait bir görüntü

Detay noktaları da pilyeler ve poligon noktaları yardımıyla GPS Format yazılımında dengelenmiştir. Bütün veri NetCAD programına aktarılmıştır. Elde edilen koordinat değerleri bilinen bütün bu noktalar, arazide ölçüm sırasında tutulan ölçü krokileri yardımıyla çizimi gerçekleştirilmiştir. Yazılımda noktalardan üçgen model elde edilmiştir. Ancak bu üçgen model elde edildikten sonra, üçgen modelin düzgün ve doğru olması için şevlere, yollara, binalara, sanat yapılarına dikkat edilerek, bozuk üçgenler düzeltilmiştir. Yükseklik eğrileri Şekil 4'te görüldüğü gibi 5'er metre aralıklarla geçirilmiştir.



Şekil 4: Jeodezik yöntem ile elde edilen yükseklik eğrileri

Fotogrametrik değerlendirme, Harita Genel Komutanlığından temin edilen bölgeye ait hava fotoğrafları ile Microstation yazılımında gerçekleştirilmiştir. Görüntüler yazılımda açıldıktan sonra stereo görüntünün oluşturulabilmesi için iç ve dış yönlendirmelerinin yapılması gerekmektedir. Bunun için öncelikle kamera kalibrasyon bilgilerine bakılarak kameraya ait odak uzaklığı, piksel büyüklüğü, distorsiyon değerleri girilerek iç yönlendirme işlemi sağlanmıştır. İç yönlendirme işlemi tamamlandıktan sonra, Harita Genel Komutanlığı'nın uçuş sırasında GPS/IMU ile elde etmiş olduğu fotoğraflara ait koordinat, eğiklik ve dönüklük parametreleri kullanılarak dış yönlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda stereo model elde edilmiştir. Çizim tamamlandıktan sonra bölgeye ait yükseklik eğrilerinin otomatik olarak Şekil 5'te görüldüğü gibi 5 metre aralıklarla geçirilmiştir.



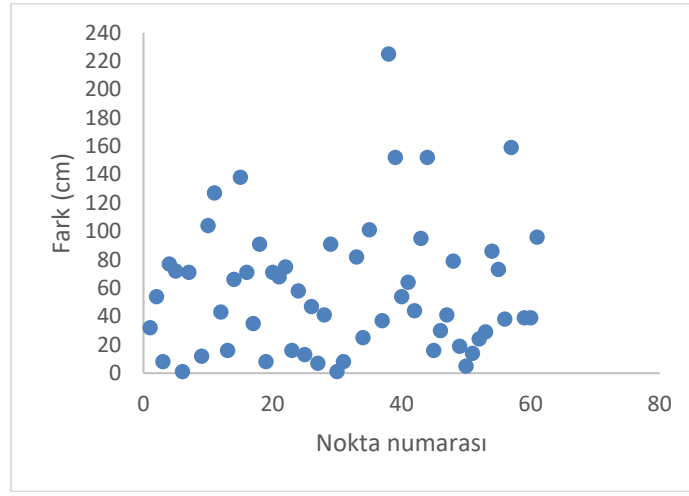
Şekil 5: Fotogrametrik yöntem ile elde edilen yükseklik eğrileri

Yükseklik eğrileri geçirilen dosya Nectad ortamında, eğriler yardımıyla üçgen model oluşturulmuş, çizim ve kontrol aşamasında bozuk üçgenler düzeltilmiştir.

Fotogrametrik yöntemle stereo görüntüler ile yapılan değerlendirmede, elde edilen ürün BÖHHBÜY'ün 73. Maddesine göre yükseklik kontrolü yapılmalıdır. Buna göre üretilen üçgen modellerin karşılaştırılması için çalışma alanı üzerinde olacak şekilde 25 metre aralıklarla karelajlar üretilmiştir. Karelajlar, iki yükseklik modeli üzerinde açılarak noktalara ait yükseklik değerleri karşılaştırılmıştır.

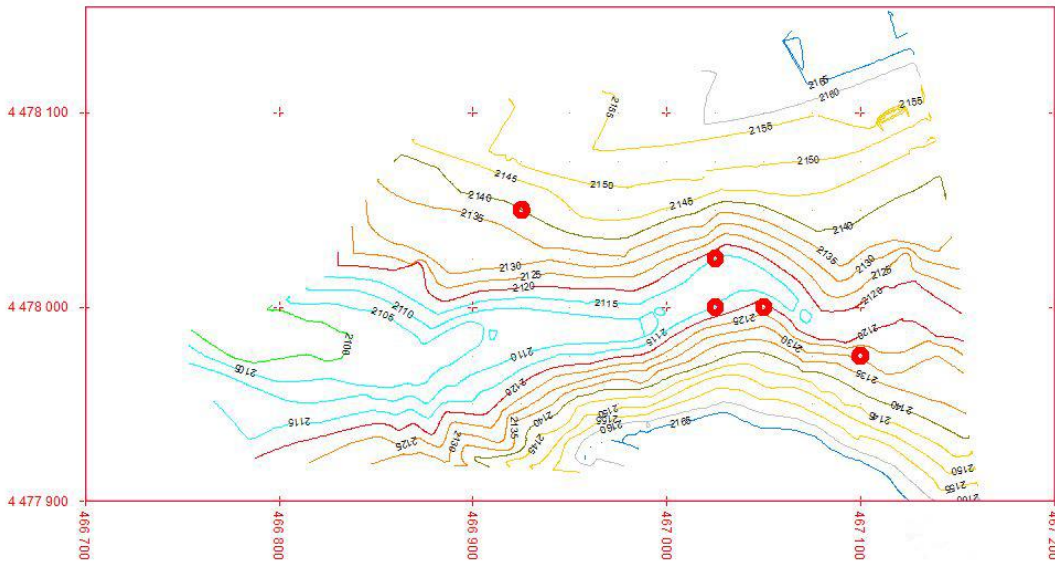
3. Sonuçlar

Bu çalışma Erzurum ili Aksu köyü bölgesinde, jeodezik ve fotogrametrik yöntemlerle üretilen SYM için doğruluk, zaman, ve maliyet analizi yapılmıştır. Çalışmanın doğruluk analizi BÖHHBÜY'ün 96. Maddesi esas alınarak yapılmıştır. Çalışma alanının üzerine gelecek şekilde 25 metre aralıklarla oluşturulan karelaj noktaları yardımı ile fotogrametrik ve jeodezik yöntemlerle üretilen SYM yükseklikleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda BÖHHBÜY'ün 96. maddesinde belirtildiği gibi karelaj noktalarının %90'ının 5 metre eşyükseklik eğrisi aralığının 1/3'ün altında olduğu görülmüştür. Bu karşılaştırma, yapılmış olan çalışmanın doğruluk sınırları içinde olduğunu göstermektedir. Şekil 6'da noktalar arasındaki yükseklik farkları görülmektedir. Üretilen SYM'lerin yükseklik farkları ortalaması 58,59 cm olduğu tespit edilmiştir.



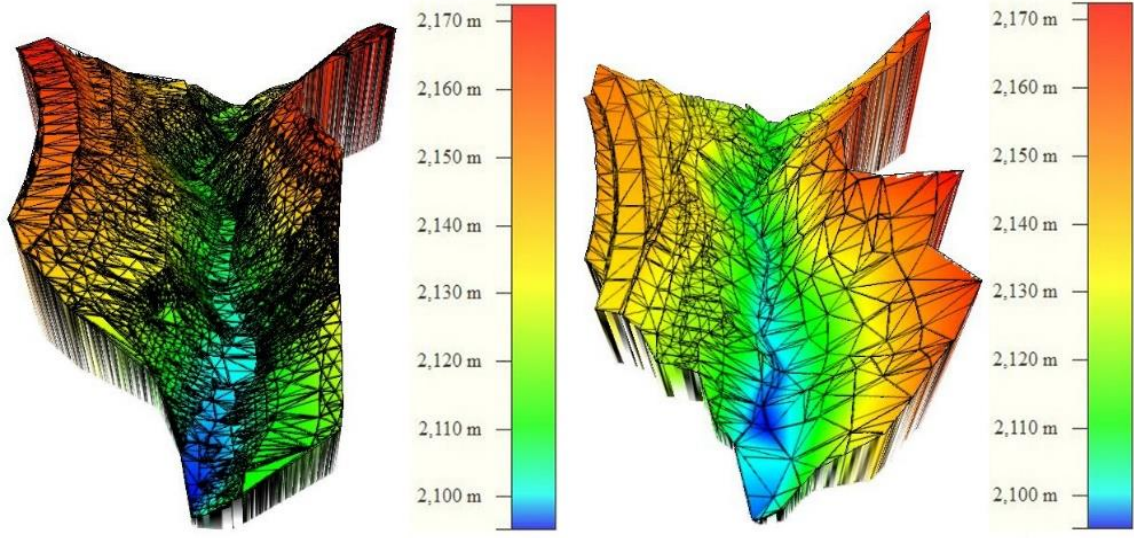
Şekil 6: Noktalara ait iki yöntem arasındaki farklar

Modellerin yükseklik farklarının Şekil 7'de gösterilen 5 noktada BÖHHBÜY'e göre sınırın üzerinde olduğu görülmüştür. Bu noktalar modeller üzerinden kontrol edilerek 4'ünün dere yatağı üzerinde olduğu görülmüştür.



Şekil 7: Modellerin yükseklik farklarının fazla olduğu noktalar

İki yöntem arasındaki farkın fazla olması ise veri setleri arasındaki zaman farkından kaynaklanmaktadır. Dere yatağında zaman içerisinde derenin debisinin artıp azalması ile deformasyonların oluştuğu tespit edilmiştir. İki yöntem ile elde edilen yüzey modelleri Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8: Fotogrametrik yöntem (solda) ve jeodezik yöntem (sağda) ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri

Bu çalışmada fotogrametrik değerlendirme için veriler Harita Genel Komutanlığı’ndan elde edildiği için saha çalışmasına gerek duyulmamış, bu nedenle de jeodezik yöntem için arazi çalışmasına daha fazla zaman harcanmıştır. Ofis işlemleri değerlendirildiğinde ise fotogrametrik değerlendirmenin daha fazla zaman aldığı görülmüştür.

Saha çalışması maliyet olarak değerlendirildiğinde, fotogrametrik yöntemde görüntüler satın alındığından dolayı uçuş ve saha çalışması için maliyet bulunmamaktadır. Ofis çalışması değerlendirildiğinde ise verilerin işlenmesine harcanan süre ve kullanılan yazılımların daha maliyeti jeodezik yönetime oranla daha fazla olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmanın oluşmasında veri temin eden Harita Genel Komutanlığına, Devlet Su İşleri 8. Bölge Müdürlüğü ve emeği geçen tüm Ölçek Mühendislik Müşavirlik Limited Şirketi çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A. E., Gülci, S., Öztürk, T., (2016), *İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları*, Journal of The Faculty of Forestry Istanbul University, 66(1): 104-118

Li, Z., Zhu, Q., Gold, C., (2005), *Digital Terrain Modeling Principles and Methodology*, CRC Press, Boca Raton, Florida

Makineci, H.B., Karabörk, H., (2016), *Farklı radar uydu verilerinden üretilen sayısal yükseklik modellerinin doğruluk araştırması*, 6. Uzaktan Alfilama-CBS Sempozyumu, Adana

Şen, A., Gümüş, K., (2016), *Sayısal yükseklik modellerinin doğruluğunu etkileyen faktörlerin varyans analizi ile istatistiksel olarak incelenmesi*, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1 (2017), 46-58