

Airborne Lidar (Havadan Lidar) Verilerinin Jeofizik - Gravite Verileri ile Birlikte Değerlendirilmesi ve Sonuçları

Muzaffer Navruz^{1,*}

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Daire Başkanlığı, 06800, Ankara.

Özet

Uzaktan algılamada Airborne (havadan) lidar yöntemi ile nokta bulutu üretimi yeni bir ivme kazanmıştır. Airborne (Havadan) Lidar ile üretilen sınıflandırılmış nokta bulutu verilerinden üretilen sayısal Arazi Modeli (SAM) çok disiplinli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Zaman verisi ile 4D (X,Y,H,T) veri toplama yöntemi olan LiDAR (Light Detection and Ranging) klasik yöntemlere göre hızlı bir yöntemdir. Erişilemeyen noktalarda veri elde edilmesi bir üstünlük olarak görülmektedir. Harita Genel Komutanlığı'nın Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemlerinin özel yazılımları ile sınıflandırılmış nokta bulutları elde edilmiştir. Bu veri seti ve DTED2 veri setlerinden Global Mapper 17 yazılımı kullanılarak 5m grid aralıklı yükseklik(H) verileri elde edilmiş ve iki veri setinin karşılaştırılması yapılmıştır. Veri seti yersel ölçüler ile arazi uygulamasında GNSS ve Gravimetri ölçüleri yapılarak değerlendirilmiştir. Bu veri setinin ülkemize kazandırılması ile Mühendislik projelerinde kullanım talebi artacak ve uzun süreli uygulama projelerinde zaman ve maliyet azaltıcı bir yöntem olarak önemli katkıları olacaktır.

Anahtar Sözcükler

GNSS, Yer Çekimi, Havadan Lidar, Nokta Bulutu,

Abstract

In remote sensing, point cloud production has gained a new impetus with the Airborne lidar method. Digital Terrain Model (SAM) produced from classified point cloud data generated by Airborne Lidar is used at multidisciplinary engineering applications. LiDAR (Light Detection and Ranging), which is a 4D (X, Y, H, T) data collection method with time data, is a faster method compared to classical methods. It is seen as an advantage to obtain data at unreachable points. Point clouds classified by special softwares of Optech's Pegasus HA-500 and Riegl's LMS-Q1560 LIDAR systems were obtained at two different elevations (1200m and 2600m) in the Bergama test area of General Command of Mapping. Using the Global Mapper 17 software from this data set and DTED2 data sets, the height (H) data of 5m grid intervals were obtained and the two data sets were compared. The dataset was compared with topographic measurements at field applications. The dataset was evaluated by terrestrial gauges and GNSS and Gravimetry measurements. By bringing this dataset to our country (TURKEY), the usage demands in engineering projects will increase and it will be an important contribution as a time and cost reduction method in long time application projects.

Keywords

GNSS, Gravity, Airborne Lidar, Point Cloud,

1.Giriş

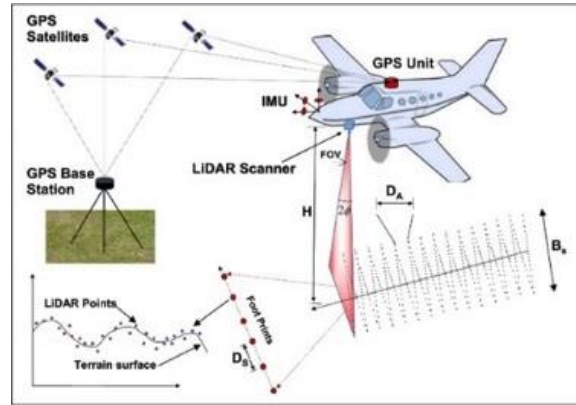
Sayısal Arazi, Modeli (SAM); fiziksel yeryüzünün, düzenli aralıklarla bölünerek, tanımlı bir düşey datuma indirgenmiş yükseklik değerlerini bulunduran sayısal ve -kartografik gösterim yöntemidir. SAM üretimi için, arazi yüzeyinde uygun dağılımlı, konum ve yükseklik (X, Y, H) bilgilerini içeren kontrol noktaları gerekmektedir. Kontrol noktaları yardımıyla, uygun bir enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan model üzerinde yeni noktalar üretilir. Konum ve yükseklik bilgileri hesaplanan bu yeni noktalar ile arazi sayısal olarak gösterilir. Zaman verisi ile 4D (X,Y,H,T) veri toplama yöntemi olan LiDAR (Light Detection and Ranging) klasik yöntemlere göre hızlı bir yöntemdir. Erişilemeyen noktalarda veri elde edilmesi bir üstünlük olarak görülmektedir. Harita Genel Komutanlığı (HGK) Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemlerinin özel yazılımları ile sınıflandırılmış nokta bulutları elde edilmiştir. Çalışma alanına ait verinin dağılımı, m2 deki nokta yoğunluğu, enterpolasyon ve grid aralığı SAM 'i etkiler. Nokta yoğunluğu yüksek ve istenilen doğrulukta sayısal yükseklik verisi, kısa zamanda geniş alanlarda veri eldesi düşük maliyeti LIDAR (Light Detection and Ranging) yöntemi tercih nedenidir.

2.Havadan Lidar (Airborne Lidar)

LIDAR sistemi 1960'ların sonlarında geliştirilmiş ve SYM üretiminde kullanılabilirliği üzerine çalışmalar 1994'de başlamıştır (Petzold vd., 1999). LIDAR 3 grupta sınıflandırılmaktadır. Hava (airborne) LIDAR sistemleri, yersel

* Sorumlu Yazar E-posta: muzaffer.navruz@mta.gov.tr (Muzaffer Navruz)

(terrestrial) LIDAR sistemleri ve mobil (mobile) LIDAR sistemleri. Şekil 1’de belirtilen Bir hava LIDAR sistemi, , kompakt lazer tarayıcı, küresel konum belirleme sistemi (GPS) ve Inertial Measurement Unit (IMU) oluşturmaktadır.



Şekil 1: Havadan Lidar (Airborne Lidar)

Uçak, helikopter vb. bir hava aracına monte edilen tarayıcı, lazer ışının yol ve gidiş dönüş süresini kaydederek yer objeleri ve algılayıcı (sensör) arasındaki mesafeyi hesaplar (Meng vd., 2010). Hesaplanan bu mesafe temel alınarak GPS ile platformun o anki konumu kaydedilirken IMU ile uçağın durumu kaydedilerek ölçülen objenin konumu hesaplanmaktadır. LIDAR sistemler, lazer ışınlarını elektromanyetik dalgalar halinde göndererek veri elde etmektedir. Yeryüzüne saniyede binlerce ışın göndererek GPS/INS özelliği ile yeryüzüne ilişkin zaman verisi ile üç boyutlu (3B) veri elde edilmektedir. LIDAR sistemi, yüksek yoğunluklu ve geometrik özellikli sayısal yükseklik verisini daha hızlı elde etmektedir. Hava LIDAR sistemi veri yoğunluğu, doğruluk, hız ve maliyet avantajları sebebiyle topografik haritalama, kübaj hesaplamaları madencilik faaliyetleri, yerbilim araştırmaları, ormancılık, tarımsal uygulamalar, yol, enerji nakil hatları, demir yolları güzergâhları, kıyı çizgisi tespiti, 3B şehir modelleme gibi daha birçok alanda kullanılmaktadır.

3.Bergama Test Alanı

Karar verilen test alanı orman, yerleşim, su, tarımsal alan gibi detayların bulunduğu özellikleri dikkate alınarak puanlamaya tabi tutulmuştur. Tablo 1’ de görüldüğü gibi.

Tablo 1: Detay puanlama kriterleri

Not Değeri	Açıklama
3	“...”Test alanı ilgili ölçütü tam oranda içermektedir
2	“...”Test alanı ilgili ölçütü büyük oranda içermektedir
1	“...”Test alanı ilgili ölçütü az miktarda içermektedir
0	“...”Test alanı ilgili ölçütü içermemektedir

Ayrıca test alanları Tablo 2’ de görüldüğü gibi detaylara göre puanlamaya tabi tutulmuştur.

Tablo 2: Detaylara göre puanlama

Test Alanı	Ener Nak Hat	Orman	Yerleşim	Su	Tarım	Fay Hattı	Eğim ve Yükseklik Değişimi
Bolu	2	3	3	3	0	3	3
Aydın	2	3	3	3	3	3	3
Bergama	2	3	2	3	0	3	3

* Sorumlu Yazar E-posta: muzaffer.navruz@mta.gov.tr (Muzaffer Navruz)

Puanlama sonucu test alanının belirlenmesine karar verilmiş ve Şekil 2’de belirtilen Bergama test alanı Havadan Lidar (Airborne Lidar) için uygun bulunmuştur.



Şekil 2: Bergama Test Alanı

Lidar veri kümesinin yükseklikleri elipsoidaldır. Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli BALIKESİR J18 d3 paftası için Şekil 3’de belirtilen Geoid 38.37m’dir.

BALIKESİR J18-d3 Paftasına Ait Düzeltme Değerleri

Pafta Adı	Enlem Düz. (")	Boylam Düz. (")	Yukarı Değer Düz.(m)	Sağa Değer Düz.(m)	Yükseklik Düz.(m)
BALIKESİR J18-d3	3.69	1.73	186.3	41.6	38.37

Şekil 3: Yükseklik İndirgemesi

Mevcut LİDAR verisi günceldir. DTED2 verileri çalışma alanındaki güncel topoğrafyayı temsil etmemektedir. Özellikle madencilik faaliyetlerinde yapılan üretimler topoğrafik yapıyı bozmaktadır. Bu tip yerlerde alınan malzemenin kütlesi Gravite yöntemi için önemli bir sorundur. Araştırma alanında Jeofizik-Gravite yönteminde kullanılan HGK tarafından üretilen 1*1 sn lik Yükseklik verileri DTED2 ile Havadan Lidar verileri belirlenen alanda aynı grid aralığında (5m) karşılaştırılmış sonuçta Tablo 3’de görüldüğü gibi belirtilen Yükseklik Farkları ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 3: Yükseklik farkları

SN	DTED2			LİDAR			FARK
	Y	X	H	Y	X	H	
1	519390	4326340	47.522	519390	4326340	33.154	-14.368
2	519385	4326340	46.629	519385	4326340	32.479	-14.15
3	519035	4326800	39.556	519035	4326800	25.994	-13.562
4	519035	4326805	39.387	519035	4326805	25.891	-13.496
5	519430	4328875	43.888	519430	4328875	30.507	-13.381
6	519435	4328880	43.888	519435	4328880	30.508	-13.38
7	519035	4326795	39.565	519035	4326795	26.195	-13.37
8	519390	4326345	46.154	519390	4326345	32.864	-13.29
9	519440	4328880	43.888	519440	4328880	30.608	-13.28
10	519380	4326340	45.699	519380	4326340	32.431	-13.268

Ve her iki veri seti değerlendirme sürecinde kullanılmıştır. Gravite yönteminde topoğrafyadan gelen düzeltme miktarının etkisi araştırılmıştır.

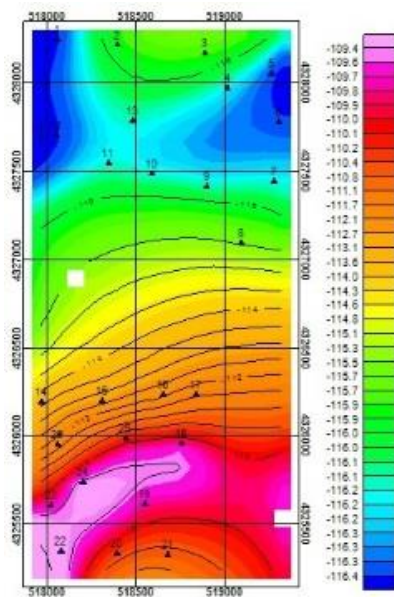
4.Uygulama

Bu çalışmada, özellikle gravite etütlerinde (Terrain Correction-TC) topoğrafik etki düzeltilmesi yapmak için kullanılan koordinat değerlerinin hassasiyeti ile anomali değeri ve konturların konumlarındaki olası değişimlerin izlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için aynı bölgeye ait olmak üzere LiDAR (Light Detection and Ranging) verisi ile DTED2 verisi-koordinatları kullanılmıştır. Öncelikle Bergama test alanında koordinatları Tablo 4’de görüldüğü gibi 26 noktada herhangi bir ölçü aralığına bağlı kalmadan gravite ölçüleri alınmıştır. Ölçüler CG-5 gravimetre cihazı ile alınmıştır. Alınan ölçülere ait koordinat değerleri yerinde Topcon GR-5 GNSS alıcısı ile TUSAGA-AKTİF sisteminde ölçülmüştür. Gravite verileri işlenirken hem DTED2 verisi kullanılarak düzeltme değeri (TC) hesaplanmış hem de LİDAR verisi kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Bağlı değişimi görebilmek için her iki hesaplamada da aynı yoğunluk ve iç-dış zon yarıçapı kullanılmıştır. Geosoft Oasis Montaj 8.3 yazılımı kullanılmıştır.

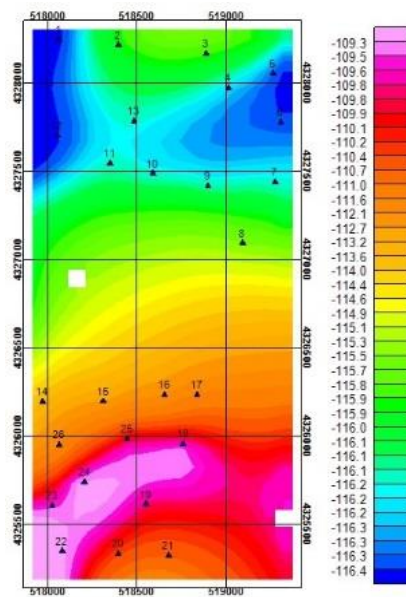
Tablo 4:Bergama test alanı GNSS ölçü noktaları

GNSS			
Y	X	H	NN
518057.01	4328242.00	35.30	BL1
518394.15	4328212.51	34.14	BL2
518887.77	4328165.73	32.45	BL3
519014.45	4327969.29	31.60	BL4
519264.25	4328051.88	30.84	BL5
519306.98	4327778.13	31.05	BL6
519275.93	4327439.37	29.25	BL7
519093.21	4327092.42	30.62	BL8
518896.40	4327416.29	31.10	BL9
518588.01	4327485.64	31.57	BL10

Çalışma alanını kapsayan ve 5 metre aralıklı olarak gridlenen bölgenin DTED2 verisi ve Havadan Lidar verileri ile topoğrafik haritaları oluşturulmuştur. Şekil 4’da belirtilen DTED2 verisi kullanılarak oluşturulan Bouguer anomali haritası, Şekil 5’de belirtilen LİDAR verisi kullanılarak oluşturulan Bouguer anomali haritası verilmiştir.

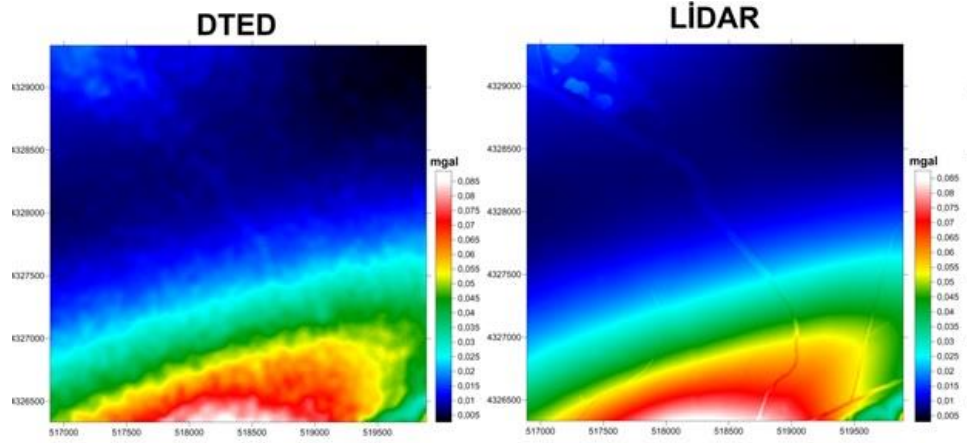


Şekil 4: DTED2 Bouguer haritası



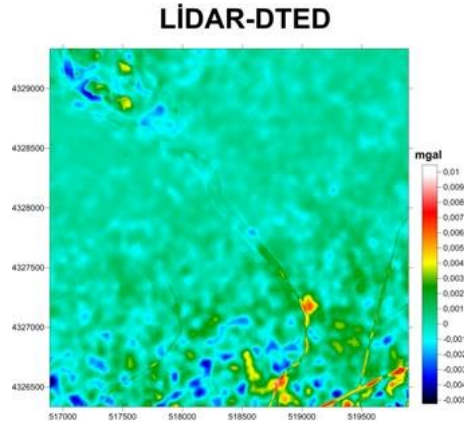
Şekil 5: LİDAR Bouguer haritası

DTED ve LİDAR ikili veri seti kullanılarak, Şekil 6'da belirtilen verilerinin karşılaştırmasında yükseklik etkisi indirgeme işlemine ait sonuçlarda daha net görünmektedir. Yan salınımlar rahatlıkla izlenebilmektedir. LİDAR verisi bu işlem sonucunda daha net sonuçlar vermiştir.



Şekil 6: DTED2 ve LİDAR verilerinin görsel karşılaştırması

Lidar verisi net sonuç kabul edilip iki veri kümesinin birbirinden farkı hesaplandığında Şekil 7'da belirtilen (LİDAR-DTED), +0.015 ile -0.005 mgal genlik bandında hata olduğu gözlemlenmiştir. Topografyanın bozuk, yükseltinin fazla olduğu alanlarda artmaktadır. Küçük boyutlu ve yüzeye yakın yapıların/nesnelerin aranması durumunda bu farklar görece büyük yanılgılara neden olabilir.



Şekil 7: LİDAR ve DTED2 verilerinin farkları

5.Sonuç ve Öneriler

Her iki veri seti kullanılarak oluşturulan görsel karşılaştırmada LİDAR verisi kullanılarak elde edilen haritanın, daha net olduğu dere yataklarını dahi gösterecek kadar veri kalitesi sağladığı gözlemlenmektedir. 5m aralıklı olarak gridlenen DTED2 verisinden üretilen haritanın ise türetme yaptığı görülmektedir. Kaldı ki 5 metreye gridlenen LİDAR verisinin gridlenmemiş ham hali dahi bundan çok daha küçük aralığa sahiptir. 9 Km²'lik alanda 5*5 grid aralığındaki 361201 noktadan 228429'u (%63.24) 'ü Lidar noktalarına göre 1m ile 14.37m aralığında değişen yükseklik farkları meydana getirmektedir.

Test alanında alınan noktaların rastgele alınmış olması ve ölçü aralıklarının düzensiz olmasına ilaveten alanın geniş olması nedeniyle Bouger anomali değerleri arasında 8-9 mGal kadar fark ölçülmüştür. Oluşturulan anomali haritaları yaklaşık 0.5

* Sorumlu Yazar E-posta: muzaffer.navruz@mta.gov.tr (Muzaffer Navruz)

mGal ile çizdirildiğinde, daha küçük değişimleri izlemek zorlaşmaktadır. 0.1 mGal olarak haritayı çizdirmek istediğimizde ise 80-90 kadar kontur çizdirilecektir bu durumda da haritayı anlamayı güçleştirecektir.

Yalnızca farkın yüksek olduğu noktalara baktığımızda ise bu noktaların 18,24 ve 25 nolu ölçü noktaları olduğu görülmektedir. Bu noktalar da göreceli olarak yakın civarlarında topoğrafik yükseklik farkının olduğu yerlerdir.

Gravite etüdlerinde 0.1 veya 0.2 mGal'lık farkın önemli olduğu çalışma konuları vardır (Detay maden etütleri, Zemin Etütleri, Arkeojeofizik, boşluk etüdü, Obruk Etüdü gibi). Bununla birlikte daha eğimli ve yüksek topoğrafik farkların olduğu yerlerde, gridlenen verinin kalitesinden kaynaklanacak farkın ne olacağına da bakmak gerekir.

Veri kalitesinin artması ile doğru sonuca daha güvenle ulaşılacağı açık olmakla beraber, ihtiyaç duyulan, güvenilir veri setinin belirlenmesi için, benzer çalışmanın fazla gravite verisinin bulunduğu önceden çalışılmış eğimi ve topografik kot farkı fazla olan bir sahada Lidar ve benzer yöntemlerle hassas sayısal arazi verisi elde edilmiş bir çalışmanın yapılması ve sonuçların paylaşılması gerekmektedir.

Teşekkür

Havadan Lidar verilerini Üniversitelerimiz, kamu kurum ve kuruluşlarımız için Ülkemize kazandırılmasının test edilmesi amacıyla üretimini sağlayan ve araştırmacılarla veriyi paylaşan HARİTA GENEL KOMUTANLIĞINA,

BARKOK' ta görev yapan tüm kamu kurum kuruluşları ile üniversitelerin temsilcilerine,

Bu testin gerçekleştirilmesinde büyük emekleri ve katkıları olan NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti'ne,

Bergama Test alanında Gravite ve GNSS noktalarının ölçülmesini destekleyen, eleman, alet ve araç olanaklarını sağlayan MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜNE,

Karşılaştırmalı yükseklik verilerinin etkilerini Jeofizik Gravite yönteminde kullanılabilirliğini yorumlayan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı elemanlarından Dr. Muzaffer Özgü Arısoy ve MTA Orta Anadolu I. Bölge Müdürlüğü (Sivas) Elemanlarından Jeofizik Y. Mühendisi Atakan Alaca'ya,

Arazi çalışmalarında katkı koyan Harita Mühendisi Aydın Ayrancı, İzzettin Alan ve Hasan İlden' e teşekkür ederim.

Kaynaklar

HGK-BHİKPK, (2014),Bakanlıklar arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulunun Bilimsel Araştırma ve koordinasyon Komisyonu 2013-2014 Faaliyet Raporu

HGK-BHİKPK 2015 Yılı Olağan Genel Kurul Toplantısı Sonuç Raporu. 22 Haziran 2015

Harita Genel Komutanlığı, A.Yılmaz, O.Alp, A.OKUL, O.Eker, M.Erdoğan TÜRKİYE İÇİN HASSAS YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ

Kayı, A., Erdoğan, M., Eker O., 2015. Optech HA-500 ve Riegl LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LiDAR Test Sonuçları, Harita Dergisi Sayı 153, sayfa 42-46.

Meng, X., Currit, N. ve Zhao, K., (2010). Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues . Remote Sensing, 2 (3), 833860

Optech firmasının (NİK Sistem Ltd.Şti.) Pegasus HA-500 ve Riegl (Seza Teknik Cihazlar Ltd. Şti.) firmasının LMS-Q1560 LiDAR

Petzold, B., Reiss, P., and Stossel, W. (1999). Laser scanning-surveying and mapping agencies are using a new technique for the derivation of digital terrain models. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54, 95–104.