HAVA LIDAR NOKTA BULUTU VERİLERİNİN ANALİZİ VE WEB ORTAMINDA SUNUMU

Enes KALPAKOĞLU¹, Latif KILIÇ², Serkan URAL³, Berk ANBAROĞLU⁴, Sultan KOCAMAN⁵

¹Müh., Geotech Company, Çankaya, Ankara, enesklpgl@gmail.com

²Müh., SDT Uzay ve Savunma Teknolojileri, Çankaya, Ankara, lkilic@sdt.com.tr

³Arş. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, ural@hacettepe.edu.tr

⁴Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, banbar@hacettepe.edu.tr

Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu projede, son yıllarda Türkiye’de kullanımı artan lidar teknolojisi ile elde edilmiş nokta bulutu verilerinden sayısal yüzey ve arazi modelleri oluşturulup analizlerinin yapılması ve sonuçların konum hassasiyeti değerlendirmesi ile web ortamında 3B sunumu amaçlanmıştır. İlk olarak, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından sağlanan, İzmir/Bergama bölgesinde iki farklı yükseklikten (1200m-1600m) iki farklı lidar sistemi ile (Optech-Riegl) elde edilmiş lidar nokta bulutu verilerinin gürültüleri giderilmiştir. Bu aşamada verilerin bindirme oranları ve metrekaireye düşen nokta sayısı dikkate alınmıştır. Elde edilen gürültüsü temizlenmiş nokta bulutlarından sayısal arazi modeli oluşturmak için zemin noktalarının filtrelenmesinde uygulanan farklı parametreler denenmiştir. Dört farklı veri setine de en uygun zemin filtresi parametreleri belirlenerek uygulanmıştır. Metrekareye bir nokta düşecek şekilde sayısal yükseklik ve arazi modelleri oluşturulmuştur. Farklı yükseklik ve cihazlar ile toplanan lidar nokta bulutlarından elde edilen bu modeller birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Modeller arasındaki yüzey farkları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda noktalar arası en kısa mesafe metodu kullanılarak x,y ve z yönlerindeki farklılıklar bulunmuştur.

Nokta bulutu verilerinin web üzerinde görselleştirmesi için açık kaynaklı olması ve farklı veri formatlarını destekleyen zengin bir kütüphanesinin bulunması nedeniyle Cesium platformu tercih edilmiştir. Mevcut nokta bulutu veri setleri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan yüksek çözünürlüklü ortofotolar kullanılarak renklendirilmiştir. Genel lidar nokta bulutu formatı olan .las Cesium tarafından desteklenmediği için veri setleri FME yazılımı ile Cesium 3D Tile formatına çevirilip Cesium üzerine modül eklenerek görselleştirme sağlanmıştır. Verilerin hızlı yüklenmesi için tüm nokta bulutları alt kısımlara ayrılarak farklı JavaScript algoritmaları ile performans iyileştirmeleri yapılmıştır. Mevcut arayüz 3B geliştirilerek nokta bulutu web üzerinde görselleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Cesium, Lidar, sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli

ABSTRACT

ANALYSIS AND WEB PRESENTATION OF AIRBORNE LIDAR POINT CLOUD DATA

In this project, the generation, analysis, and assessment of DTMs and DSMs from airborne lidar point clouds, which are being increasingly utilized, have been carried out and the results have been presented in 3D on the web. First, the noise has been removed from the lidar point clouds provided by the General Command of Mapping which were acquired at two different altitudes (1200m-1600m) with two different lidar systems over Bergama, Izmir. At this stage, strip overlap ratios and point densities have been taken into consideration. Different parameters that are used in filtering the ground points to generate DTMs from the noise-removed point clouds have been tested. Optimum ground filtering parameters that are suitable for each of four different datasets were identified. Digital Surface Models (DSMs) and Digital Terrain Models (DTMs) with 1m ground sampling distance have been generated. The models generated from lidar point clouds acquired with different lidar systems at different altitudes have been compared with each other. Surface differences and their standard deviations have been calculated. Shortest distance method has been applied to calculate point-to-point distances in x, y, and z directions.

Cesium has been used as the web visualization platform as it is open source and has a rich library to support different data formats. The point clouds have been colored using high-resolution aerial orthophotos provided by the General Directorate of Land Registry and Cadastre. Since the .las format is not directly supported by Cesium, all datasets were converted to Cesium 3D Tile format by FME software. Each point cloud set is divided into grids for fast data load, and performance improvements have been achieved by implementation of JavaScript algorithms. The interface has been customized to present additional data on the 3D terrain surface.

Keywords: Cesium, Lidar, digital terrain model, digital surface model

1. GİRİŞ

Topografik lazer tarama sistemleri son yıllarda kayda değer gelişmelere konu olmuş ve son dönemlerde kullanılan en önemli uzamsal veri toplama teknolojilerinden biri hâline gelmiştir. Havai ve yersel platformlarda kullanılan bu sistemler, 3B verileri yüksek doğrulukla toplayabilmektedir. Nokta bulutu olarak da adlandırılan bu lidar verileri,

yüksek nokta sıklığına sahip olup yeryüzüne ilişkin pek çok ayrıntıyı sağlamaktadır. Bu veriler işlenerek şehir modelleri ve 3B haritaların üretimi gibi pek çok amaçla kullanılabilir.

Bu çalışmada 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama/İzmir test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 lidar sistemleri ile alınan ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından bu araştırma için sağlanan lidar nokta bulutu verileri kullanılmıştır. Hem uçuş yüksekliği hem de lidar sistemlerinin karşılaştırmasının yapıldığı bu çalışma, lidar veri setlerinin doğruluk analizi ve web ortamında sunumu olmak üzere iki başlık altında sunulmuştur. Kullanılan veri setlerinin özellikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir (Kayı vd. 2015). **Şekil 1**'de uçuş alanı ve yer kontrol noktalarının dağılımı; **Şekil 2**'de seçilen çalışma alanının Google Earth üzerinde görüntüsü ve **Şekil 3**'te çalışma alanından bir kesit olarak nokta bulutu örneği gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hava lidar verisi ediniminde kullanılan iki farklı sisteme ait uçuş verileri

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindime
2600m	20	150	≥2	18	%50
1200m	35	150	≥8	32	% 25

a) Optech Pegasus HA500

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindime
2600m	30	150	≥2	11	%30
1200m	30	150	≥8	29	% 50

b) Riegl LMS-Q1560

Şekil 1. Uçuş alanı ve yer kontrol noktalarının dağılımı.

Şekil 2. Seçilen çalışma alanının Google Earth üzerinde görüntüsü.

Şekil 3. Optech 2600m sayısal yüzey modeli örneği.

2. LİDAR NOKTA BULUTU ANALİZLERİ

Nokta bulutlarının analizi sayısal yüzey modeli (SYM) oluşturma, zemin filtreleme yöntemiyle sayısal arazi modeli (SAM) üretimi, nokta bulutlarının hassasiyet karşılaştırması ve mekânsal dizinleme olmak üzere farklı aşamalarda gerçekleştirilmiştir.

Zemin filtreleme, nokta bulutu verilerini yer noktalarına ve zemin olmayan noktalara ayıran, lidar veri işlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Etkin zemin filtreleme, segmentasyon, sınıflandırma ve modelleme öncesinde uygulandığında fayda sağlamaktadır. HLS (Hava Lidar Sistemi) verileri için çok sayıda zemin filtreleme algoritması geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bunların birçoğu, farklı görüş açısı ve yüksek değişkenlik gösteren çözünürlük nedeniyle YLS (Yersel Lidar Sistemi) verisine uygulandığında HLS verisinde gösterdiği performansı sağlayamamaktadır. Ayrıca, engebeli arazide birçok zemin filtreleme tekniği uygulamada sınırlıdır ve kısa bitki örtüsü, dik eğimler ve benzerleri gibi bazı nesnelerle başa çıkmada zorluk yaşarlar. Bu yüzden aynı filtre bütün zeminlerde işe yaramaz. Farklı zeminlerde yüzey özelliklerine bağlı olarak farklı filtreler uygulanması gerekebilir. Dolayısıyla, lidar verisinden SYM oluşturulmasında en önemli adımın bu olduğu belirtilmektedir (Liu 2008). Son olarak, yüksek sayıda nokta içeren nokta bulutu verilerinde veri geçişi, çoklu tekrarlamalar ve komşu arama gibi işlemler hesaplama verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Çeşitli zemin filtrelerinin performansı zemin yüzeyi, yer ve arazi koşullarına bağlı olarak bazı nesneler, arazi örtüleri ve oluşumların bulunduğu durumlarda olumsuz olarak etkilenmektedir. Özellikle bir metrenin altındaki çalılar, yol kenarı boyunca uzanan alçak duvarlar, köprüler, yapıların şekil ve ebatlarındaki çeşitlilik, kesik kenarlar vb. bulunması durumunda bu olumsuz etkiler gözlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada bütün yüzeyler için kullanılabilecek optimum bir filtre arayışına gidilmiştir. Çeşitli parametreler LASTools (2018) programında denenerek, farklı yüzeylerin parametrelerdeki değişime nasıl cevap verdiği kaydedilmiş ve kıyaslamalar sonucu bütün veri setleri için ortak parametreler belirlenmiştir. Şekil 4'te filtrelemede karşılaşılan bir hataya örnek verilmiştir.

Şekil 4. Adım boyutu (step size) 10 m seçildiğinde Optech'te 1200 m'den zemin filtreleme hatalarına örnekler.

Bütün nokta bulutları öncelikle LASTools programı ile gürültülerinden ayıklanmıştır. Elde edilen gürültüleri giderilmiş verilerden SYM ve SAM oluşturmak için farklı parametreler denenmiştir. Dört farklı veri seti için de en uygun yüzey filtresi parametreleri tespit edilerek uygulanmış ve metrekaresine bir nokta düşecek şekilde SAM ve SYM oluşturulmuştur. Karşılaştırma amaçlı seçilen çalışma alanında oluşturulmuş SAM ve SYM'lerin ekran görüntüleri **Şekil 5**'te verilmiştir.

Şekil 5. Çalışma alanındaki bir veri setinden oluşturulan SAM (solda) ve SYM (sağda) ekran görüntüleri.

Elde edilen dört SAM ve dört SYM, uçuş yüksekliğinin etkilerinin ve lidar sistemlerinin doğruluklarının incelenmesi amacıyla CloudCompare (2018) programı ile karşılaştırılmıştır. Bu analizde her bir modeldeki noktaların diğer modellerdeki en yakın noktalara olan x, y, z yönlerindeki Öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. Karşılaştırma sonuçlarının özeti **Çizelge 2**'de verilmektedir. Riegl 2600m ile Optech 2600 m veri setlerinin karşılaştırma sonucu elde edilen farkları (Öklid mesafesi) **Şekil 6**'da görselleştirilmiştir.

Çizelge 2. Dört SAM ve dört SYM'nin birbiri ile Öklid mesafesi açısından karşılaştırma sonuçları.

	SYM Karşılaştırmaları	SAM Karşılaştırmaları
<i>Optech 1200 ve Optech 2600</i>	M = 0.186m S = 0.283m	M = 0.113m S = 0.164m
<i>Riegl 1200 ve Riegl 2600</i>	M = 0.163m S = 0.287m	M = 0.351m S = 0.480m
<i>Riegl 1200 ve Optech 1200</i>	M = 0.253m S = 0.400m	M = 0.221m S = 0.381m
<i>Riegl 2600 ve Optech 2600</i>	M = 0.214m S = 0.312m	M = 0.347m S = 0.482m

M: Ortalama uzaklık S: Standart sapma

Şekil 6. Riegl 2600m ile Optech 2600 m veri setlerinin karşılaştırma sonucu elde edilen farkları (Öklid mesafesi).

3. LIDAR NOKTA BULUTLARININ WEB ORTAMINDA 3B SUNUMU

Toplanan lidar verileri genellikle terabayt büyüklüğünde olup çok sayıda nokta içerir. Lidar noktaları genellikle LAS formatında veya LAZ formatında saklanır ve dağıtılır. LAS veya LAZ dosyalarının yönetilmesi lidar verisi işlemede önemli bir yer tutmaktadır; nitekim her biri yaklaşık 200 milyon nokta içeren toplam 500 uçuş şeridinden oluşan bir veri söz konusudur. LASTools programında kullanılan mekânsal dizinleme yöntemi verilerin ikinci bir kopyasını yaratmadan, düşük bir disk alanı kullanarak ve hızlı bir şekilde .lax uzantısında dizin dosyaları oluşturur (LASTools, 2018).

Bu çalışmada nokta bulutunu görselleştirmek için açık kaynak kodlu olması ve JavaScript dili ile yazılmasından dolayı Cesium (2018) platformunun kullanılması tercih edilmiştir. CesiumJS 3B küreler ve haritaların gösterilmesi için kullanılan açık kaynaklı bir JavaScript kütüphanesidir ve Buyukdemircioglu (2018) tarafından 3B şehir modellerinin arazi modeli ile birlikte sunumu için kullanılmıştır. Görselliğin zenginleştirilmesi için çalışma bölgesine ait yüksek çözünürlüklü ortofotolar Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünden temin edilerek FME yazılımı ile renklendirilmiştir. Nokta bulutlarının Cesium’da görselleştirilebilmesi için .las formatındaki veri FME yazılımı ile Cesium 3D Tile formatına çevrilmiştir (Şekil 7).

Şekil 7. FME ile nokta bulutu format değişimleri ve nokta bulutlarının hücelere ayırımı.

Nokta bulutu verilerinin Cesium arayüzünde görselleştirilmesi format dönüşümü sayesinde gerçekleştirilmiştir ancak performans en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü veri büyüklüğü ve yoğunluğu çok yüksektir. Buna çözüm olarak arayüzde görüntülenecek nokta bulutu verilerinin belirli boyuttaki hücelere ayrılıp o şekilde çağırılması öngörülmüş ve başarı sağlanmıştır. Şekil 8’de hücelere ayırırken girilen yatay ve dikey hücre sayıları verilmiştir. Bu değerlere birçok farklı değerin denendiği ön testler sonucunda karar verilmiştir.

Şekil 8. FME’de Tiler (Hücre) parametreleri.

Veriyi hücelere ayırma yöntemi dışında sadeleştirerek de performans iyileştirmesi için testler yapılmıştır. Bu yöntem de performans açısından başarılı olmuş ancak veri kalitesinde kayıplara neden olduğu için tercih edilmemiştir (Şekil 9).

Şekil 9. %50 sadeleştirilmiş (nokta seyreltilmiş) Riegl 1200m nokta bulutu.

Cesium arayüzü özelleştirilerek renkli SAM, renksiz SYM, çalışma alanı içerisinde yer alan Bergama Antik Kenti, LASTools ile sınıflandırılmış bina ve ağaç verileri seçenekleri eklenmiştir. Tüm nokta bulutu setleri üzerinde nokta boyutu, gölgelendirme ve geometrik hata gibi seçeneklere imkân tanıyan JavaScript kodları yazılmıştır. Bergama Antik Kenti’nin Cesium platformu üzerinde sunulmuş renklendirilmiş nokta bulutu Şekil 10’da verilmiştir.

Şekil 10. Bergama Antik Kenti'nin renklendirilmiş lidar nokta bulutu (Cesium platformu üzerinde görselleştirilmiştir).

3. SONUÇLAR

Bu projede, nokta bulutu verisinin işlenmesi, işlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve bu sorunlara üretilen çözümler analiz edilerek yoğun nokta bulutu verilerinin web üzerinden sunumunda performansı arttırmak için yapılan düzeltmeler ele alınmıştır. İki farklı uçuş yüksekliğinde elde edilmiş dört farklı hava lidar nokta bulutu verisi kullanılarak bu verilerin kendi aralarında karşılaştırması yapılmıştır. Veriler, farklı cihaz ile aynı yükseklikte ve farklı yükseklikteki aynı cihazda olacak şekilde analiz edilmiştir (**Çizelge 2**). Veriler arasındaki farklar nokta yoğunluğu, nokta sayısı, nokta konumları dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. İşletim sistemi ve yüksek nokta yoğunluğu nedeniyle görselleştirmede yavaşlama olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle veri parçalara ayrılarak web ortamına açılmıştır. Veriler, FME Tiler Parametreleri ile istenilen sayıda parçaya bölünerek hızlı bir şekilde açılmaları sağlanmıştır. Bu aşama sonrasında dört farklı veri kümesinin daha hızlı açıldığı görülmüştür. Web üzerinde yapılan sunumda nokta bulutu verisi üzerinden uzunluk, eğim, bakı vb. sorgular yapılması için çalışmalar devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada veri desteğinden dolayı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Komutanlığına, ayrıca katkılarından dolayı Mehmet Büyükdemircioğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Axelsson, P., 2000. DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens., XXXIII, 110–117.

Buyukdemircioglu, M., 2018. 3 Boyutlu Şehir Modeli Oluşturma ve Web Tabanlı Görselleştirme. Yüksek lisans tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (60036), Mayıs, 89s.

Cesium, 2018. Cesium Overview. <https://cesiumjs.org/index.html> [13.05.2018]

Che, E., Olsen, M.J., 2017, Fast ground filtering for TLS data via Scanline Density Analysis.

CloudCompare, 2018, http://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Cloud-to-Cloud_Distance

FME, <https://www.safe.com/how-it-works/> (2018)

Jern M. "Smart" Documents with ActiveX 3D Data Visualization Components. In: Vince J.A., Earnshaw R. (eds) Digital Media: The Future. Springer, London

Kayı A., Erdoğan M., Eker O., 2015. OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları. Harita Dergisi, Sayı 153.

LASTools, 2018. <http://rapidlasso.com> [05.08.2018]

Liu, Xiaoye. 2008. Airborne LiDAR for DEM Generation: Some Critical Issues, Progress in Physical Geography: Earth and Environment 32 (1): 31-49.

Shan, J., Toth, C.K., 2009, Topographic laser ranging and scanning : principles and processing, 332-337.