

LiDAR Verilerinden Enerji Nakil Hatlarının Otomatik Tespit Edilmesi Çalışmaları

(Studies on the Automatic Detection for Power Transmission Line from LiDAR Data)

Mehmet ERBAŞ

Kara Harp Okulu Komutanlığı, Bakanlıklar, 06654, Ankara
merbas@kho.edu.tr

ÖZ

Enerji nakil hatları (ENH), enerji ihtiyacının karşılanması için tesis edilmektedir. Her ne kadar insanoğlu için önemli bir yer tutsa da ENH aynı zamanda alçak irtifa uçuşu icra eden sivil ve askeri hava araçlarının görev ve faaliyetlerine mani olabilecek engellerden de birisidir. Hat şeklinde olan bu düşey engeller, çizgisel yapıda olan ve belirli bir hat doğrultusunda devam eden düşey engellerdir. Bu engellerin önceden tespit edilmesi alçak irtifa uçuşu yapan hava araçları için hayati öneme sahiptir. Yüksek doğrulukla konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemi olan LiDAR bu engellerin tespit edilmesinde kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında, ham LiDAR verilerinden ENH'nin otomatik olarak tespit edilmesi için ArcObject yazılım geliştirme aracı ve C# programlama dili kullanılarak yeni bir ArcGIS yazılım eklentisi (ArcGIS add-in) geliştirilmiştir. Geliştirilen eklenti ilk olarak 3x2 km boyutundaki alanda test edilmiştir. Daha sonra Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen bütün LiDAR verilerinin kapsadığı 21x18 km'lik alanda ENH'nin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda 15 m'den yüksek olan toplam 39.17 km uzunluğunda ENH tespit edilmiştir. Bu hatlardan 23.07 km uzunluğundaki hat ise 30 m'den yüksek olduğu için düşey engel kapsamında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: LiDAR Verileri, Düşey Engel, Görüntü İşleme, Elektrik Hatları

ABSTRACT

Power Transmission Lines (PTL) are established for meeting the energy needs. Although PTL is very important for human beings, in the meantime, it is a kind of obstacle that can prevent low altitude flying aircrafts performing military or civilian purposes. Line shaped vertical obstacles are linear and continuing throughout a specified line. Early detection of these obstacles is very vital for low altitude flying aircrafts. LiDAR, which is a kind of laser scanner sensing system used to collect high precise spatial information, can be used to detect vertical obstacles.

In this study, a new ArcGIS Add-in is developed to detect PTL automatically from raw LiDAR data by using ArcObject Software Development Kit and C# programming language. First, the add-in is tested for an area of 3 km long and 2 km wide. Then, detection of PTL is made for an area of 21 km long and 18 km wide which covers all data obtained from General Command of Mapping. As a result of the analysis, total of

39,17-km-long PTL higher than 15 m is detected. 23,07-km-long of them is evaluated as vertical obstacles for being higher than 30 m.

Keywords: Vertical Obstacle, LiDAR, Image Processing, Power Lines.

1. GİRİŞ

ENH, genel itibariyle elektrik enerjisinin üretildiği yer ile tüketildiği yer arasında birleştirilen hattır. Diğer bir ifade ile elektrik santralinde kontrollü ve planlı olarak elde edilmiş elektrik enerjisinin santrallerden dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan hatlardır. Elektrik enerjisinin bu hatlar sayesinde istenilen yere iletilmesi sağlanmaktadır. Elektrik iletim hatları yüksek ve düşük gerilim olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek gerilim hatları genellikle santral ile yerleşke arasında döşenmekte, düşük gerilim hatları ise şehir içi elektrik dağıtımında kullanılmaktadır (MEGEP, 2011). ENH elektrik enerjisinin aktarılması için önemli bir rol oynasa da aynı zamanda alçak irtifada uçan hava araçları için tehlike riski taşımaktadır. Bu sebeple tesis edilen ENH'den yükseklikleri Askeri Coğrafya Hizmetleri Yönetmeliğinde belirtilen değerlerden yüksek olanlar aynı zamanda düşey engel olarak değerlendirilmektedir.

Düşey engel, alçak irtifa uçuşu icra eden sivil veya askeri, insanlı veya insansız hava araçlarının görev ve faaliyetlerine mani olabilecek nitelikte olan insan yapımı engellerdir. Bu engeller, Bakanlar Kurulunun 15.08.2000 tarihli ve 200/1176 sayılı kararı ile yürürlüğe konan Askeri Coğrafya Hizmetleri Yönetmeliğince yerleşim yerlerinde 60 m'den, yerleşim yerleri dışında 30 m'den yüksek olan tesisler (anten, bina, baca, kule vb.) ile atma-indirme (30 m altındaki engeller) harekât birliklerinin görevini engelleyecek nitelikte olan ve insanlar tarafından yapılan her türlü tesisleri (enerji iletim ve dağıtım hatları, telefon hatları vb.) ifade etmektedir (Akın, vd., 2013; Hrt.Gn.K.lığı, 2014; Soyer, vd., 2012).

Düşey engel bilgilerinden toplanması, uygun veri tabanı altlığında saklanması, ihtiyaç duyulabilecek analizlerin saptanması ve gerekli uygulamaların geliştirilerek uygun platformlarda

sunulması alçak irtifa uçuşu yapan hava araçları için önem arz etmektedir. Bu kapsamda düşey engel verisi tesis eden, ettiren ya da tesisine izin veren birçok kamu kurum ve kuruluşu tesis ettikleri bu engelleri Harita Genel Komutanlığına (HGK) bildirmektedir (Akın, vd., 2013; Hrt.Gn.K.İği, 2014; Soyer, vd., 2012). Günümüzde kamu kurum ve kuruluşlarından gönderilen düşey engel bilgileri HGK'da toplanmakta ve düşey engel veri tabanında saklanmaktadır.

Bu engellerin alçak uçuş esnasında önceden tespit edilmesi hayati önem arz etmektedir. Geçmişte sadece hat şeklindeki düşey engellerin sebep olduğu üzücü olaylar yaşanmıştır. Özellikle iç güvenlik bölgesinde askeri helikopterlerin yapmış olduğu görev uçuşlarının çoğunlukla alçak irtifa uçuşu olarak icra edildiği düşünüldüğünde bu engellerin erkenden teşhis edilmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Düşey engellerin tespit edilmesinde kullanılabilir olan yöntemlerden bir tanesi de havadan elde edilen LiDAR (Laser imaging Detection And Ranging) verilerinin analiz edilmesidir.

a. LiDAR Verileri

Yüksek doğruluklu konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemlerinden bir tanesi de LiDAR (Laser imaging Detection And Ranging) teknolojisidir (Uzar ve Yastıklı, 2011). Çalışma prensibi radar sistemlerine benzer olan LiDAR sistemi aktif bir uzaktan algılama sistemidir (Ekercin ve Üstün, 2004). Lazer ışınları kullanılarak, yeryüzündeki nesne ve taşıyıcı platform arasındaki mesafeyi ölçerek, nesnelerin yüksekliklerini hesaplamaya imkân vermektedir (Özdemir, 2013).

Bir LiDAR sisteminde lazer, GPS ve IMU olmak üzere üç farklı teknoloji aynı anda kullanılmaktadır. Günümüzde LiDAR teknolojisi uzaydan, havadan, yersel, mobil, batimetrik ve koridor haritalama gibi farklı kullanım alanları bulmaktadır. LiDAR ölçümleri sonucunda çok farklı ürünler elde edilmekte ve bu ürünler farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Şehsuvaroğlu, vd., 2014).

Havadan LiDAR uygulamalarında uçağa takılan lazer tarayıcı tarafından gönderilen lazer ışınları ile uçak-yer arasındaki gidiş dönüş zaman farkı hassas olarak ölçülmekte ve o andaki uçağın konumu ile beraber kayıt edilmektedir. Kayıt işlemlerinden sonra her noktanın üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ölçüm anındaki uçak

konumu ve uçak-yer vektörleri yardımıyla hesaplanmaktadır (Duran ve Üstündağ, 2008; Ussyshkin, vd., 2011). Lazer tarama sonucunda x, y koordinatlarına ve z yüksekliğine sahip çok sayıda noktadan oluşan bir veri seti elde edilmektedir. Bu veri seti lazer noktalarının bilgilerini içerdiği için nokta bulutu olarak adlandırılmaktadır. Bu verilerden zeminden yansıyanlar tespit edilerek "sayısal yükseklik modeli (SYM)" ve en üst değere sahip olanlar kullanılarak da "sayısal yüzey modeli (SSM)" üretilebilmektedir (Özdemir, 2013).

Hava LiDAR teknolojisi ile hassas ölçümler yapılabilmektedir. LiDAR, arazi yüzeyi haritalandırılmasında uzaktan algılama ve diğer hava sistemlerinin çok ötesinde harita verileri sunmaktadır. Bu teknoloji, üç boyutlu (x-y-z) mesafe ölçmede ve yer yüzeyinin tanımlanmasında en güçlü tarama sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Lazer yükseklik ölçmelerinin ilk versiyonları, lazer yansımanın tek bir dönüşünü ölçmekteydi. Daha sonraki lazer sensörleri, her bir lazer için çok sayıda yansımayı ölçmektedir. Bu yeni kabiliyetle, yer yüzeyindeki çok sayıda özellik belirlenebilmektedir. Örneğin, ağacın farklı yükseklikteki dalları ve yapraklarının yükseklikleri ölçülebilir.

Uzaktan Algılama yöntemleri içerisinde yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu uygulamaların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Lazer tarama sistemi olan LiDAR ile diğer fotogrametrik ve uzaktan algılama verilerin CBS ortamında bütünleştirilerek oluşturulacak çok yönlü değerlendirme yöntemleri sayesinde; doğal kaynak yönetimi, afet yönetimi, orman yönetimi, çevresel etkilerin izleme ve değerlendirme metodları için olumlu sonuçlar alınabilmektedir (Duran ve Üstündağ, 2008).

Günümüzde LiDAR verileri havadan veya karadan elde edilmekte ve elde edilen veriler "*.las" formatında kayıt edilmektedir (Graham, 2012). Bu kapsamda çeşitli haritacılık yazılımlarının da artık LiDAR verilerini görüntüleme yeteneği bulunmaktadır.

LiDAR nokta bulutu verisinde bütün noktaların koordinat ve yükseklik bilgileri bulunmaktadır. LiDAR verilerinin en önemli avantajları hassas konum doğruluğunun olması ve bütün verilere ait bilgi içermesi olarak genellebiliriz. Önemli olan husus, nokta halinde bulunan verilerin analiz edilerek istenen bilgilerin elde edilmesidir. Uydu görüntülerinde nesnelere doğadaki şekilleri ile görüntülenmektedir. LiDAR verilerinde ise her bir noktaya ait konum ve yükseklik bilgileri

bulunmaktadır. İki veri arasındaki en önemli fark LiDAR verilerinin anlamlı hale getirilmesi için analiz işlemlerine tabi tutulma zorunluluğunun olmasıdır.

b. Literatür Özeti

1960'lı yılların sonunda kullanılmaya başlanan LiDAR sistemi 1993'de topoğrafik haritalama amaçlı piyasaya sürülmüştür (Uzar ve Yastıklı, 2011). Geçen zaman içinde LiDAR verilerinin kullanım alanları teknolojik gelişmelere bağlı olarak artmıştır (Ackermann, 1999; Hopkinson, vd., 2007). Günümüzde LiDAR verileri haritacılık alanından, üç boyutlu modellemeye kadar farklı alanlarda kullanılmaktadır. LiDAR verilerinin kullanıldığı alanlardan bazıları; ormancılık (Cheng, vd., 2014; Goodwin, vd., 2006; Maguya, vd., 2013; Mutlu, vd., 2008; Ontiveros, vd., 2005; Popescu, vd., 2002; Popescu, 2007; Zimble, vd., 2003), enerji sektörü (Road, 2004; Ussyshkin, vd., 2011; You, Han, Wang, & Tang, 2013) modelleme ve simülasyon (Chaput, 2007), haritacılık (Demir, 2014; Mutlu, vd., 2008), deformasyon belirleme (Heggy, vd., 2010; Jian-qing ve Ting-chen, 2010), şehir planlama (Gao, vd., 2014; Hare, vd., 2014) şeklinde sıralanabilir.

LiDAR verileri yüksek gerilim hatlarının tespit edilmesinde de kullanılmaktadır (Ussyshkin, vd., 2011). Bu kapsamda hava LiDAR verileri kullanılarak, enerji nakil hatlarının tespit edilmesine yönelik olarak Voxel tabanlı sınıflandırma (Jwa, vd., 2009), en küçük kareler yöntemi (Liang ve Zhang, 2011) ile tespit çalışmaları yapılmıştır (You, vd., 2013). Ayrıca sınıflandırma çalışmaları (Jwa, vd., 2009), (Liang ve Zhang, 2011) (You, vd., 2013), otomatik bina çıkarım çalışmaları (Demir, 2013) da LiDAR verilerinin kullanıldığı diğer alanlar olarak ön plana çıkmaktadır. Karasal LiDAR verileri kullanılarak, kentsel alanlardaki enerji nakil hatlarının tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Cheng, vd., 2014).

ENH'den alçak irtifa uçuşu icra eden sivil veya askeri, insanlı veya insansız hava araçlarının güvenli uçuşu için engel teşkil etmektedir. Söz konusu ENH'nin uçuş esnasında pilotlar tarafından tespit edilememesi telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol açmaktadır. Son yıllarda sadece ENH sebebiyle personel kayıplarına yol açan uçuş kazaları da meydana gelmiştir (URL-1; URL-2; URL-3; URL-4; URL-5;).

Çalışmanın ikinci bölümünde yeni geliştirilen uygulama, üçüncü bölümünde ise sonuçlar ve gelecek çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

2. UYGULAMA

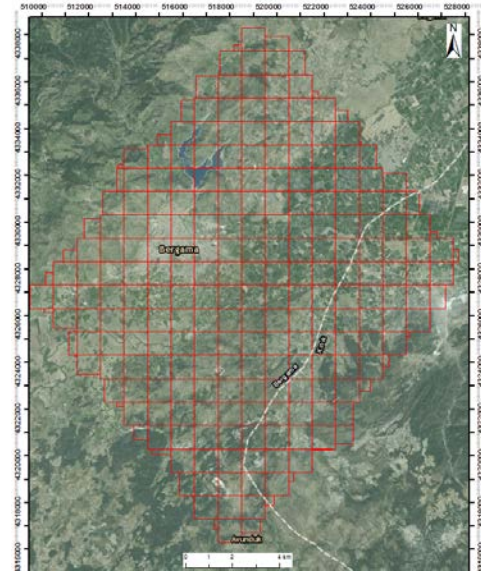
a. Çalışma Bölgesi

Uygulamada iki farklı çalışma bölgesi seçilmiştir. Birinci çalışma bölgesi olarak Bergama'nın güney doğusunda yaklaşık 3x2 km'lik alanı kapsayan ve yüksek gerilim hattını içeren bölge seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma bölgesi -1

İkinci çalışma bölgesi olarak 18x21 km'lik alanı kapsayan temin edilen 252 adet LiDAR verisinin kapsadığı Bergama bölgesi seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma bölgesi -2

b. Kullanılan Yazılımlar ve Veriler

Çalışmada, Hrt.Gn.K.İği tarafından 03-05 Kasım 2015 tarihleri arasında Bergama bölgesinde uçuşu gerçekleştirilen ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LiDAR sistemi ile elde edilen test verileri kullanılmıştır. Uçuşa ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 1'de verilmiştir (Kayi, vd., 2015).

Tablo 1. Riegl LMS-Q1560 LiDAR verisi özellikleri

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)
1200m	30	150	≥8

Birinci çalışma bölgesi kapsamında HGK'dan temin edilen test verilerinden Tablo 2'de detaylı bilgisi verilen LiDAR verileri kullanılmıştır. İkinci çalışma bölgesinde ise toplam 84 GB boyutunda olan toplam 252 adet LiDAR verisi kullanılmıştır.

Tablo 2. Birinci çalışma bölgesinde kullanılan veriler

Dosya Adı	Toplam Nokta Sayısı	Nokta Çöz.(m)	Z _{min}	Z _{max}
1200_215	17.741.016	0,237	-27,56	174,18
1200_216	20.199.237	0,223	-30,53	175,67
1200_217	20.932.173	0,219	-75,00	161,86
1200_234	18.706.827	0,231	-34,62	160,76
1200_235	19.396.972	0,227	-675,3	163,07
1200_236	16.807.101	0,244	-43,31	253,56

Çalışma kapsamında kullanılan LiDAR verileri yere ait (ground points) ve orta yükseklikteki bitki örtüsü (medium vegetation) verileri olmak üzere iki sınıfa ayrılmış olarak temin edilmiştir. Orta yükseklikteki bitki örtüsü sınıfı; ağaç, bina ve elektrik hatı bilgilerini de içermektedir. Söz konusu veriler uygulama kapsamında yere ait olmayan nokta bulutu olarak değerlendirilmiştir. Uygulamada kullanılan LiDAR verilerinin sınıflarına göre nokta sayıları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Sınıflarına göre nokta sayıları

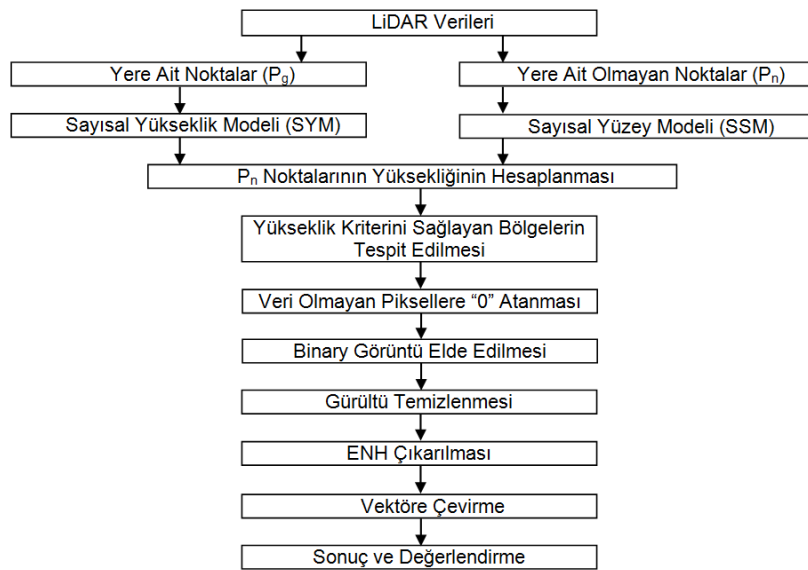
Dosya Adı	Yere ait Nokta Sayısı	Yere ait olmayan Nokta Sayısı
1200_215	8.554.204	9.186.812
1200_216	9.851.918	10.347.319
1200_217	9.504.282	11.427.891
1200_234	7.097.966	11.608.861
1200_235	6.528.884	12.868.088
1200_236	7.372.072	9.435.029

Bu çalışma kapsamında, ham LiDAR verilerinden ENH'nin otomatik olarak tespit edilmesi için ArcObject yazılım geliştirme aracı ve C# programlama dili kullanılarak yeni bir ArcGIS yazılımı eklentisi (ArcGIS add-in) geliştirilmiştir. Geliştirilen eklentinin ArcGIS 10.2 yazılımı içinde çalıştırılabilmesi için Spatial Analyst, 3D Analyst ve ArcScan lisanslarının olması gerekmektedir. Eklenti çalıştırıldığında otomatik olarak lisans kontrolleri de yapılmaktadır.

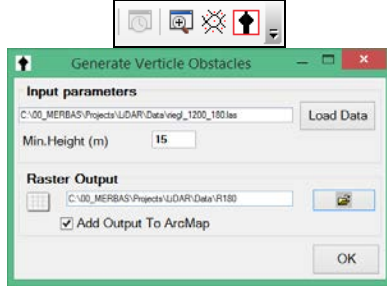
c. Metodoloji (İş Akışı)

Uygulamada LiDAR verilerinden ENH tespit edilmesine yönelik kullanılan iş akış şeması Şekil 3'de gösterilmiştir.

Geliştirilen ArcGIS eklentisi Şekil 4'de gösterilmiştir. Eklenti çalıştırıldığında kullanıcı tarafından; girdi olarak nokta bulutu bilgisini içeren LiDAR (*.las) verisi/verileri, tespit edilmesi istenilen engellerin minimum yükseklik bilgisi ve çıktı dosyası bilgilerinin girilmesi istenmektedir. Eğer birden fazla LiDAR verisi seçilmiş ise çıktı dosyaları otomatik olarak oluşturulmaktadır.



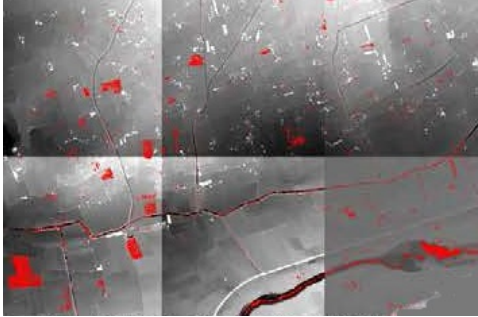
Şekil 3. İş akış şeması



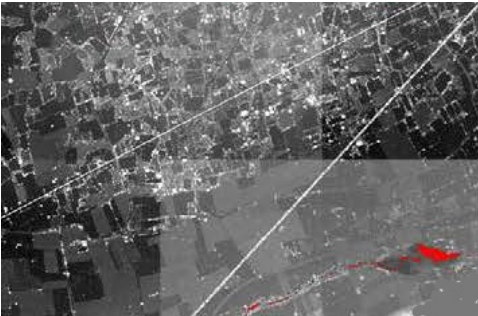
Şekil 4. Uygulama penceresi

Uygulamada ilk olarak kullanıcı tarafından seçilen LiDAR veri/verilerinin sisteme yüklenmesi sağlanmıştır. Daha sonra, yere ait olan ve yere ait olmayan noktaların otomatik tespit edilmesi sağlanmıştır. Noktaların ayırt edilmesi tamamlandıktan sonra iki farklı (yere ait ve yere ait olmayan) yükseklik modeli oluşturulmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5b'deki yere ait olmayan yükseklik modeli incelendiğinde bölgeden iki adet ENH geçtiği görülmektedir. Bu iki hattın otomatik tespit edilebilmesi için öncelikle elde edilen yükseklik modelleri kullanılarak P_n (yere ait olmayan noktaların) yükseklikleri belirlenmiştir. Daha sonra ilk olarak 15m'den daha yüksek olan ENH'lerin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



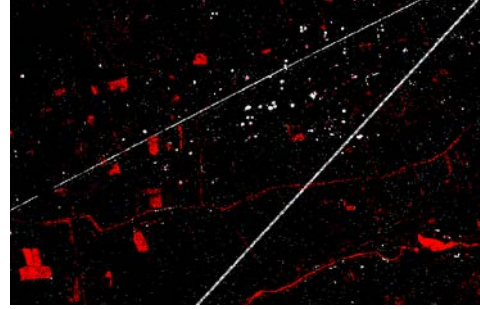
(a)



(b)

Şekil 5. Yükseklik Modelleri
(a) Yere ait (b) Yere ait olmayan

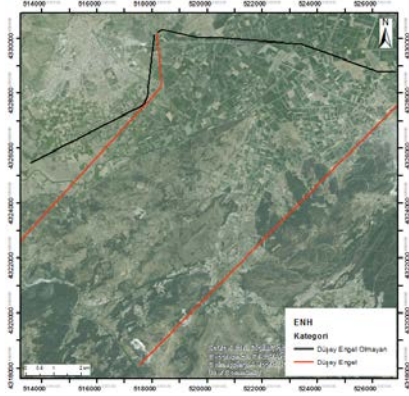
Şekil 5 ve 6'da kırmızı ile gösterilen bölgeler veri olmayan (NoData) bölgeleri ifade etmektedir.



Şekil 6. 15m'den daha yüksek olan bölgeler

Uygulamada 15m'den daha yüksek olan bölgeler belirlendikten sonra, ENH tespitine yönelik olarak ilk olarak elde edilen modelde veri bulunmayan piksellere sıfır değeri atanmıştır. Daha sonra 15 m.den yüksek olan piksellerin değerleri "1" diğer piksellerin değerleri "0" olacak şekilde binary görüntü oluşturulmuştur. Binary görüntüde bulunan gürültülerin temizlenmesi amacıyla, gürültü temizlenmesinde sıklıkla kullanılan ve kenar değerlerin korunmasını sağlayan medyan filtreleme (Hsieh, vd.,2013) yapılmıştır. Filtrelenmiş modelde "1" değerine sahip olan her bir piksel komşu pikseller ile karşılaştırılmış ve ENH'nin belirli bir hat boyunca gittiği gerçeği göz önünde bulundurularak aynı istikamette bulunan ileri ve geri yöndeki piksellerin değerleri de kontrol edilerek seçilen pikselin ENH üzerinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu sayede ENH üzerinde olan piksellere "1", olmayan piksellere ise "0" değeri atanmıştır. Son olarak ArcScan modülü kullanılarak tespit edilen hatların vektöre çevrilmesi işlemi otomatik olarak yapılmıştır.

Uygulama ilk olarak 2x3 km.lik test alanında ENH tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra temin edilen bütün LiDAR verileri analize dâhil edilmiş ve Bergama bölgesinde 15 m'den yüksek olan ENH elde edilmiştir. Ayrıca düşey engel kapsamına giren ve 30 m'den yüksek olan ENH'lerin de tespit edilmesi de gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Şekil 7'de kırmızı ile gösterilen ENH, düşey engel kapsamında değerlendirilen ve yükseklikleri 30 m'den büyük olan hatları; siyah ile gösterilen ENH ise 15 m'den yüksek olan ve düşey engel kapsamında değerlendirilmeyen hatları ifade etmektedir.



Şekil 7. Kategorilerine göre tespit edilen ENH

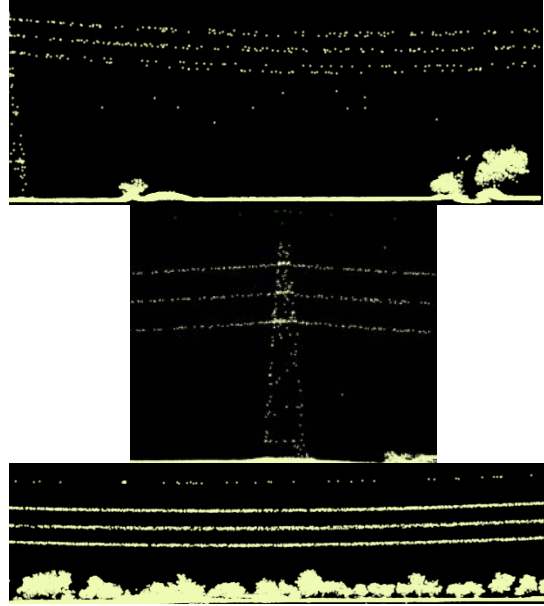
ç. Değerlendirme

Uygulama sonucunda tespit edilen ENH Google Earth tarafından sağlanan Digital Globe 2016 uydu görüntüleri ve LiDAR verilerinin üç boyutlu kesitlerinin alınması ile karşılaştırılmıştır. Şekil 8'de gösterilen uydu görüntülerinde tespit edilen ENH ve elektrik direkleri görülmektedir.



Şekil 8. Uydu görüntüleri ile karşılaştırma

İkinci bir kontrol olarak tespit edilen ENH bölgeleri için LiDAR verilerinden kesitler alınarak görüntülenmesi sağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. LiDAR verisi kesitleri

Uydu görüntüleri ve LiDAR verileri kesitleri ile yapılan karşılaştırmalar neticesinde uygulama sonucunda ENH'nin doğru tespit edildiği görülmüştür.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada ENH'nin otomatik tespit edilmesine yönelik olarak ArcGIS eklentisi geliştirilmiştir. Uygulama ile kullanıcı tarafından sadece girdi dosyalarının seçilmesi yapılmıştır. Girdi dosyası seçildikten sonra bütün işlemler otomatik olarak yapılmakta ve sonuç dosyası üretilmektedir.

Uygulama ilk olarak 3x2 km boyutundaki alanda test edilmiştir. İkinci aşama olarak temin edilen bütün verilerin kapsadığı 18x21 km'lik alanda ENH'nin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Temin edilen 84 GB boyutundaki bütün verilerin analiz edilmesi 8 GB RAM, i7-4700 HQ 2.40 GHz işlemcili bilgisayar ile 150 dakika içinde tamamlanmıştır. Analiz sonucunda 15 m'den yüksek olan toplam 39,17 km uzunluğunda ENH tespit edilmiştir. Bu hatlardan 23,07 km uzunluğundaki hat ise 30 m'den yüksek olduğu için düşey engel olarak değerlendirilebilir.

Uygulama kapsamında elde edilen ENH'nin doğruluk analizi, tespit edilen hatlar boyunca Google Earth tarafından sağlanan Digital Globe 2016 uydu görüntüleri ve mevcut LiDAR

verilerinin üç boyutlu kesitleri ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Geliştirilen uygulamanın halen Hrt.Gn.K.İği tarafından yürütülen Düşey Engel Veritabanı projesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca verilerin otomatik olarak analiz ve modellenmesi ile alçak irtifa uçuşu yapan araçlar için önceden uçuş simülasyonu yapılması durumunda kaza riskini azaltabileceği değerlendirilmektedir.

İleride yapılacak çalışmalar için, ENH ile beraber noktasal engel taşıyan düşey engellerin de otomatik olarak elde edilmesinin, tespit edilen detay bilgilerinin yükseklikleri ile beraber veritabanına otomatik olarak aktarılmasının ve tespit edilen engellerin sanal küre yazılımları üzerinde gerçek yükseklikleri ile modellenmesinin önemli olacağı değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2219 programı çerçevesinde 1059B191500241 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Bu destekten dolayı TÜBİTAK'a, veri setini sağlayan Hrt.Gn.K.İğina ve makalenin gelişimine değerli görüşleri ile katkıda bulunan hakemlere teşekkür ediyorum.

KAYNAKLAR

- Ackermann, F. (1999). **Airborne laser scanning - present status and future expectations.** *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54, 64–67.
- Akın, M., Alkanalka, E., Varol, M. B., Zara, M., Soyer, E., Şahin, H., & Ulubay, A. (2013). **Düşey Engel Verilerinin Toplanması ve Sunumu.** In *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* (Vol. 90).
- Chaput, L. J. (2007). **Understanding LiDAR Data - How Utilities can get Maximum Benefits from 3D Modeling.** *WIRE Services*, November, 1–9.
- Cheng, L., Tong, L., Wang, Y., & Li, M. (2014). **Extraction of Urban Power Lines from Vehicle-Borne LiDAR Data.** *Remote Sensing*, 6, 3302–3320. <http://doi.org/10.3390/rs6043302>
- Cheng, L., Wu, Y., Wang, Y., Zhong, L., Chen, Y., & Li, M. (2014). **Three-Dimensional Reconstruction of Large Multilayer Interchange Bridge Using Airborne LiDAR Data.** *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1–18.
- Demir, N. (2013). **Combination of Airborne Laser and Image Data for Building Detection and 3D Roof Reconstruction.** Eidgenössische Technische Hochschule.
- Demir, N. (2014). **Various Building Detection Methods With The Use Of Image And LiDAR Data.** *Technical Gazette*, 21(2), 341–350.
- Duran, C., & Üstündağ, Ö. (2008). **Mekansal Analizlerde Hava LIDAR (Light Detection And Ranging) Verilerinden Yararlanma Olanakları.** *E-Journal of New World Sciences Academy*, 3(3), 453–463.
- Ekercin, S., & Üstün, B. (2004). **Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji: Lidar.** *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 91, 34–38.
- Gao, Z., Nocera, L., Neumann, U., & Wang, M. (2014). **Visualizing aerial LiDAR cities with hierarchical hybrid point-polygon structures.** In *Graphics Interface 2014* (pp. 137–144). Montreal, Quebec, Canada.
- Goodwin, N. R., Coops, N. C., & Culvenor, D. S. (2006). **Assessment of forest structure with airborne LiDAR and the effects of platform altitude.** *Remote Sensing of Environment* 103, 103, 140–152. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.003>
- Hare, T., Masson, M., & Russell, B. (2014). **High-Density LiDAR Mapping of the Ancient City of Mayapán.** *Remote Sensing*, 6(9), 9064–9085. <http://doi.org/10.3390/rs6099064>
- Heggy, E., Rosen, P. A., Wada, K., Sedze, M., Jacquemoud, S., Staudacher, T., & Bretar, F. (2010). **Coupling polarimetric L-band InSAR and airborne LiDAR to characterize the geomorphological deformations in the Piton de la Fournaise volcano.** In *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 1911–1913).

- Hopkinson, C., Popescu, S., Flood, M., & Maher, R. (2007). **A Survey on the Need for Airborne Lidar Training. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 73(5), 537–546.
- Hrt.Gn.K.İği. (2014). **Düşey Engel Veri Tabanı Projesi**. Ankara. Retrieved from <http://www.hgk.msb.gov.tr/images/projeler/7909df6ac8d2838.pdf>
- Hsieh, M. H., Cheng, F. C., Shie, M. C., & Ruan, S. J. (2013). **Fast and efficient median filter for removing 1-99% levels of salt-and-pepper noise in images**. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(4), 1333–1338.
- Jian-qing, S., & Ting-chen, J. (2010). **Study the feasibility of airborne LiDAR on areal earth's crust deformation surveying**. In *2010 Second IITA International Conference on Geoscience & Remote Sensing* (pp. 193–197). Qingdao, China.
- Jwa, Y., Sohn, G., & Kim, H. B. (2009). **Automatic 3D Powerline Reconstruction Using Airborne LiDAR Data**. *Laser Scanning 2009, IAPRS, XXXVIII(2009)*, 105–110.
- Kayı, A., Erdoğan, M., & Eker, O. (2015). **OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS- Q1560 ile Gerçekleştirilen LiDAR Test Sonuçları**. *Harita Dergisi*, 153, 42–46.
- L. Graham. (2012). **The LAS 1.4 Specification. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 93–102.
- Liang, J., & Zhang, J. (2011). **A New Power-line Extraction Method Based on Airborne LiDAR Point Cloud Data**. In *International Symposium on Image and Data Fusion (ISIDF)* (pp. 2–5). Tengchong, Yunnan.
- Maguya, A. S., Junttila, V., & Kauranne, T. (2013). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Adaptive algorithm for large scale dtm interpolation from lidar data for forestry applications in steep forested terrain**. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 85, 74–83. <http://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.08.005>
- MEGEP. (2011). **MEB 581MSP099 Numaralı Ders Modülü - Enerji Nakil Hattı Haritaları**, Ankara
- Mutlu, M., Popescu, S. C., Stripling, C., & Spencer, T. (2008). **Mapping surface fuel models using lidar and multispectral data fusion for fire behavior**. *Remote Sensing of Environment*, 112, 274–285. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2007.05.005>
- Mutlu, M., Popescu, S. C., & Zhao, K. (2008). **Sensitivity analysis of fire behavior modeling with LiDAR-derived surface fuel maps**. *Forest Ecology and Management*, 256, 289–294. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.014>
- Ontiveros, C., Smith, S., Snape, S., & Sua, J. C. (2005). **Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry**. *Computers & Geosciences*, 31, 253–262. <http://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.09.015>
- Özdemir, İ. (2013). **Havasal LiDAR verileri kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi**. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 31–39.
- Popescu, S. C. (2007). **Estimating biomass of individual pine trees using airborne lidar**. *Biomass and Bioenergy*, 31, 646–655. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.06.022>
- Popescu, S. C., Wynne, R. H., & Nelson, R. F. (2002). **Estimating plot-level tree heights with lidar: local filtering with a canopy-height based variable window size**. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, 71–95.
- Road, J. (2004). **LiDAR APPLICATIONS IN THE ELECTRICAL POWER INDUSTRY**, (10), 137–140.
- Şehsuvaroğlu, M. S., Eker, O., Erdoğan, M., & Yıldız, F. (2014). **Sayısal Yüzey Modeli Üretiminde Fotogrametri mi, LiDAR mı?** *Harita Dergisi*, 151, 1–10.
- Soyer, E., Şahin, H., Akın, M., Varol, M. B., Erbaş, M., & Ulubay, A. (2012). **Sanal Küreler Üzerinde Düşey Engellerin Sunumu**. In *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*. Zonguldak.

- Ussyshkin, R. V., Theriault, L., Sitar, M., & Kou, T. (2011). **Advantages of Airborne Lidar Technology In Power Line Asset Management**. In *International Workshop on Multi-Platform/Multi-Sensor Remote Sensing and Mapping (M2RSM)* (pp. 1–5). Xiamen.
- Uzar, M., & Yastıklı, N. (2011). **LİDAR ve Hava Fotoğraflarının Füzyonu ile Otomatik Bina Çıkarımı**. In *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.
- You, A., Han, X., Wang, X., & Tang, D. (2013). **Applications of LiDAR in Patrolling Electric-Power Lines**. In *International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE)* (pp. 110–114). Konya.
- Zimble, D. A., Evans, D. L., Carlson, G. C., Parker, R. C., Grado, S. C., & Gerard, P. D. (2003). **Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LiDAR**. *Remote Sensing of Environment*, 87, 171–182. [http://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00139-1](http://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00139-1)
- URL-1: <http://www.gazetevatan.com/sikorsky-lerin-sicili-kabardi-492498-gundem/>, [Erişim 06 Şubat 2016].
- URL-2: <http://www.haberler.com/son-21-yilda-19-ayri-skorsky-kazasinda-103-kisi-6580835-haberi/>, [Erişim 16 Şubat 2016].
- URL-3: <http://www.haber7.com/guncel/haber/938864-askeri-helikopter-dustu-1-sehit-3-yarali>, [Erişim 06 Şubat 2016].
- URL-4: <https://retasite.files.wordpress.com/2014/11/airplane-helicopter-and-hot-air-balloon-accidents-due-to-overhead-power-lines.pdf>, [Erişim 06 Şubat 2016].
- URL-5: <http://www.hurriyet.com.tr/ankarada-askeri-helikopter-dustu-25379955>, [Erişim 06 Şubat 2016].