



# GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI**

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 4

SAYI/NUMBER:1

YIL/YEAR: 2014

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY  
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 75 36 Faks: 0 456 233 74 27

## Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LiDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Hakan ÇELİK<sup>1,\*</sup>, Nuray BAŞ<sup>2</sup>, H.Gonca COŞKUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Bölümü 34469 Maslak İstanbul

<sup>2</sup> Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 1.İletim, Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü, Davutpaşa İstanbul

Geliş tarihi/Received 12.12.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 17.01.2014

Kabul tarihi/Accepted 23.01.2014

### Özet

Taşkınlar, dünyada pek çok ülkenin her yıl karşı karşıya kaldığı, en ciddi, yaygın ve maliyetli afetlerden birisidir. Günümüzde küresel ısınma arttıkça, taşkınlar da insanlığa yönelik küresel bir tehdit halini almaktadır. Türkiye Avrupa'da en büyük üçüncü hidroelektrik potansiyele sahip bir ülke olarak, doğal olarak taşkın kaynaklı tehditlere karşı oldukça hassastır. LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi, taşkın modelleme ve risk analizi için kısmen yeni bir teknolojidir ama son on yıldır İngiltere, A.B.D. ve Kanada gibi ülkelerde yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. LiDAR daha önce kullanılan teknikler (klasik yer ölçmesi, fotogrametri, v.b.) ile karşılaştırıldığında, büyük avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. LiDAR teknolojisi, çok geniş alanlar için yüksek çözünürlüklü yükseklik verisi (30 cm.'den daha iyi) 'ni geleneksel metodlardan daha hızlı ve daha düşük maliyet ile elde edebilmektedir. Bir LiDAR sistemi, saniyede on binlerce defa gönderilen lazer darbelerini kullanır. Bu, taşkın risk analizinde kullanılan topografik ve hidrolojik modellemeler için en önemli veri olan yüksek nokta sıklığını ve dolayısıyla da model oluşturmada yüksek doğruluk elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, örnek bir havza üzerinde, LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak elde edilen hava fotoğraflarından elde edilen ortofotolar da kullanılarak LiDAR veri işleme sürecini kapsamlı olarak uygulamak, LiDAR teknolojisinin, özellikle yüksek doğruluklu Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmadaki avantajlarına ve devamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile yürütülecek hidrolojik modelleme ve taşkın risk analizi çalışmaları için uygunluğuna dikkat çekmektir. Çalışmada, Artvin İli Borçka ilçesine ait 370.000.000 lazer noktasından oluşan bir hava LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak çekilen hava fotoğrafları kullanılmıştır. Ham LiDAR verisini işlemek ve SYM oluşturmak için Terrasolid LiDAR yazılımları ve Bentley Microstation V8i CAD yazılımları kullanılmıştır. Hidrolojik modelin oluşturulması için ArcGIS 10.1 yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışma, LiDAR ve multispektral uydu görüntüleri müşterek olarak kullanılarak, her iki teknolojinin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmak suretiyle birden çok havzada taşkın risk analizini içeren daha kapsamlı bir doktora tezi için temel oluşturacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** LiDAR, CBS, SYM, Taşkın Risk Analizi.

\* Hakan ÇELİK, [hakancelik@itu.edu.tr](mailto:hakancelik@itu.edu.tr), Tel: 0 533 230 9092

## DEM Production with LiDAR Data in Flood Modelling and Risk Analysis

### Abstract

Floods are one of the most serious, widespread and costly disasters in the world that too many countries come across every year. As the threat of Global Warming increases nowadays, floods are gradually becoming global threat to the human being. Turkey, having third largest hydroelectric potential in Europe, is greatly exposed to flood origin threats. LiDAR (Light detection and ranging) technology is relatively a new technology for flood modelling and risk analysis, but it is being widely used in some countries, Canada, USA, UK, etc. successfully for a decade. When LiDAR technology is compared with the technics (classical land survey, photogrammetry, etc) previously used, it comes to the forefront with its great advantages. LiDAR technology collects high-accuracy elevation data (better than 30 cm.) for very large areas very quickly and at lower cost than traditional methods. A LiDAR system uses laser beams which pulse tens of thousands of times a second. This results in very high point density and so, high accuracy in model building which is the most important data for hydrologic and flood modelling. The aim of this study is to implement LiDAR image processing procedures in a little basin comprehensively with the help of the ortho-photos acquired from the digital aerial photos taken concurrently and draw attention to the advantages of LiDAR technology especially on acquiring high accuracy DEM and its availability for Hydrologic Modelling and flood risk analysis procedures to be conducted with Geographic Information System (GIS), afterwards. In this study, an airborne LiDAR data of Borçka district of Artvin city (consisted of 370.000.000 laser points) and the aerial photos taken concurrently were used. Terrasolid LiDAR softwares and Bentley's Microstation V8i CAD softwares were used for processing the raw data and creating Digital Elevation Model (DEM). ArcGIS 10.1 was used for Hydrologic Modelling. This study will be basis of a more comprehensive doctoral thesis, which will include flood risk analysis in several basins together with LIDAR data and multispectral satellite images, comparing the advantages and disadvantages of both technologies.

**Key Words:** LiDAR, GIS, DEM, Flood Risk Modelling

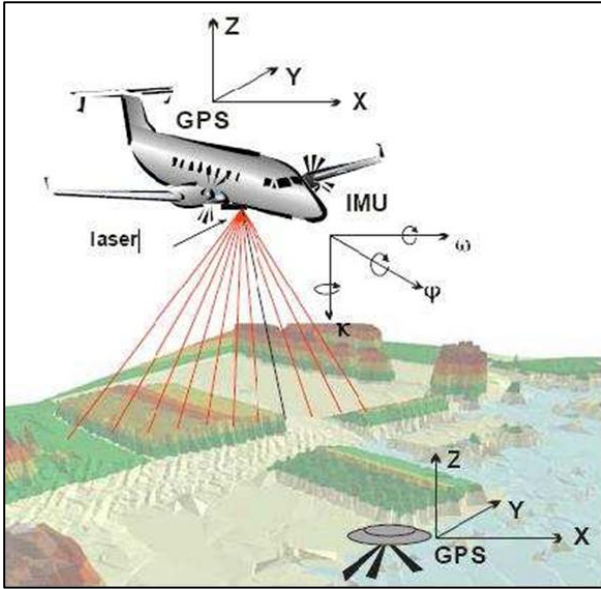
### 1. Giriş

Taşkınlar, dünyada pek çok ülkenin her yıl karşı karşıya kaldığı, en ciddi, yaygın ve maliyetli afetlerden birisidir. Günümüzde küresel ısınma arttıkça, taşkınlar da insanlığa yönelik küresel bir tehdit halini almaktadır. Türkiye Avrupa'da en büyük üçüncü hidroelektrik potansiyele sahip bir ülke olarak, doğal olarak taşkın kaynaklı tehditlere karşı oldukça hassastır. Buna ek olarak yanlış arazi kullanımı sonucu su havzalarının giderek artan oranda yapılaşmaya açılması olası taşkın afetlerinin etkisini daha da artırmaktadır. Bu afete karşı, önceden, gereken önlemlerin alınmasının önemi büyüktür. Bu amaçla riskli bölgeye ait uydu görüntülerinden ya da yeni bir teknoloji olarak LiDAR (Light Detection and Ranging)'dan elde edilen SYM vasıtasıyla topografik yapının yüksek doğrulukla ortaya konması ve taşkın riskine

karşı gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır.

LiDAR teknolojisi, taşkın modelleme ve risk analizi için kısmen yeni bir teknoloji olmasına rağmen LiDAR ile elde edilen yüksek çözünürlüklü, yüksek doğruluklu topografik bilgi setleri, artık bir çok ülkede taşkınların önceden tahmin edilmesinde giderek artan oranda kullanılır hale gelmiştir. Özellikle son on yıldır başta İngiltere ve ABD'de olmak üzere LiDAR ve stereo hava fotogrametri tekniklerini kullanan ulusal bilgi toplama programları geliştirilmiş ve şimdilerde yüksek kaliteli büyük hacimli veriler üretilmektedir. Türkiye'de ise yersel LiDAR ile yapılan bir kaç proje dışında bu konuda henüz önemli bir çalışma yapılmamıştır.

LiDAR teknolojisinin yersel ve havadan olmak üzere iki çeşit kullanımı mevcuttur. Yersel LiDAR kentsel bilgi sistemleri için bina, anıt, gibi mimari eserlerin yanı sıra yol, köprü v.b. mühendislik yapılarının 3 boyutlu olarak belgelendirilmeleri, tapu ve kadastro çalışmalarında kullanılır. Uçak ya da helikoptere yerleştirilmiş LiDAR tarayıcı sistemleri (Airbornelaser scanning systems) ile elde edilen veriler ise şehir adres bilgi sistemleri, arazi kullanımı, ormanlık alanlar, hidrolojik çalışmalar ve enerji nakil hatları gibi, ölçmelerin güçlükle yapılacağı bölgeler için yeni imkanlar sunmaktadır. Tipik bir hava LiDAR sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu çalışmada hava LiDAR verisi kullanılmıştır.



Şekil 1. LiDAR sistemi bileşenleri.

LiDAR sistemleri de radar gibi aktif uzaktan algılama sistemleridir. RADAR'dan farklı olarak mikro dalga yerine, lazer sinyallerini kısa elektromanyetik dalgalar halinde göndererek veri elde etmektedir. Yeryüzüne saniyede binlerce sinyal göndermekte ve GPS/INS teknolojisi ile entegreli çalışarak üç boyutlu (3B) veriyi doğrudan elde etmektedir. LiDAR, yüksek yoğunluklu ve geometrik özellikli sayısal yükseklik verisini, yersel ölçmeler ile yaklaşık aynı doğrulukta, bununla birlikte sayısal hava fotogrametrisinden daha hızlı şekilde oluşturmaya yatkın bir teknolojidir. Ayrıca, daha fazla otomasyon, hava ve ışıktan bağımsızlık, yer noktalarında daha az kontrol

imkanı ve verinin dijital ortamda elde edilmesi sağlanmaktadır.

LiDAR, yersel ölçme yöntemleri ve sayısal hava fotogrametrisi ile karşılaştırıldığında daha az arazi çalışması ve değerlendirme maliyeti gerektirir. Bu durum, düşük maliyetli, nokta yoğunluğu yüksek ve istenilen doğrulukla referanslandırılmış sayısal yükseklik verisine ihtiyaç duyan kullanıcılar için, LiDAR'ı çekici bir teknoloji yapmıştır. Burada, referanslandırma terimi sayısal bir görüntünün geometrik düzeltmesinin yapılması ve bir projeksiyon sistemine oturtulması anlamında kullanılmaktadır. (Ekercin ve Üstün,2004)

Bu özelliklere bağlı olarak, geleneksel teknolojinin bazılarının yerine geçerken bazılarının tamamlayıcısı durumundadır. Birçok ölçme uygulamalarında uçaktan lazerle tarama teknolojisi, diğer bilinen algılayıcıları içeren dijital kameralar, çok spektrumlu (hiperspektral) tarayıcılar ve termal kameralarla birlikte kullanılmaktadır.

Spektral özellikler açısından lazerler, görünür ve yakın kızılötesinden, 50-30000 nm gibi çok daha geniş spektrumlarda var olmaktadır. Ancak LiDAR'da kullanılanlar yakın kızılötesi bölgeye kadar sınırlıdır. Helikopter veya uçağa monte edilerek kullanılan Lidar sistemleri; gölgede, gece gündüz veya bulutlar arasında veri toplayabilmek için kızılötesine en yakın elektromanyetik ışık spektrumu kullanır (Wehr and Lohr, 1999).

LiDAR verilerinde, yükseklik bilgilerinin mutlak doğruluğu 15 cm, bağıl doğruluğu 5 cm'den daha az olabilir. XY verilerinin mutlak doğruluğu uçuş yüksekliğine bağlı olmakla birlikte genellikle 10 cm ile 1 m arasındadır. Yükseklik bilgileri, saniyede 1000 nokta alacak şekilde oluşturulur ve sonuçtaki nokta yoğunluğu, yersel ve fotogrametrik ölçme yöntemleriyle elde edilenden çok daha fazladır (Ekercin ve Üstün,2004).

Bu çalışmanın amacı, seçilen pilot bir bölgede örnek bir havza üzerinde, LiDAR verisi ve eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntüler ile elde edilen ortofotolar da kullanılarak LiDAR veri işleme sürecini kapsamlı olarak uygulamak,

LiDAR teknolojisinin, özellikle yüksek doğruluklu SYM oluşturmadaki avantajlarına ve devamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile yürütülecek hidrolojik modelleme ve taşkın risk analizi çalışmaları için uygunluğuna dikkat çekmektedir.

CBS, yersel ve nitelik verilerinin birlikte konuma bağlı belirli coğrafi referans yüzeyine göre saklanmasında, güncelleştirilmesinde, katmanlar halinde birlikte analiz edilmesinde ve su kaynakları geliştirilmesinde geniş çalışma alanı yaratmıştır. Ayrıca; uzaktan algılama (UA) ve CBS'nin bütünleşik ve verimli kullanımı, su kaynaklarındaki birçok problemin çözümünde, hidroelektirik potansiyelin hesaplanması gibi önemli ve stratejik konularda mühendislere büyük ölçüde fayda sağlamıştır (Kumar ve Singhal, 1999; Dudhani ve diğ., 2006).

## 2. Çalışma Alanı ve Veriler

Seçilen pilot bölge Artvin İli, Borçka ilçesi'nin 6 km doğusundaki Alaca köyü kuzey batı uzanımındaki havzayı kapsamaktadır. Çalışma alanı (Şekil2), mevcut haritalardan elde edilen bilgilere göre orman statüsündeki alanlar, tarım alanları ve meralardan oluşmakta, havzanın güney çıkışında seyrek yerleşim alanları bulunmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı.

Çalışma alanı, coğrafi olarak UTM Projeksiyon Sistemi, WGS-84 Datumu'na göre Dilim Orta Meridyeni 39° olan 37. Dilim'de, 41° D. Boylamı ve 41° K.Enlemi içinde yer almaktadır.

Çalışmada kullanılan ham LiDAR verileri, 23.06.2012 tarihinde Avusturya kökenli RIEGL firmasına ait helikoptere monteli LMS Q-560 lazertarayıcısı ile Artvin-Borçka-Gürcüstangüzeri bölgesinde farklı yüksekliklerde elde edilmiştir. Uçuş yüksekliği ortalama 1000 m., tarama açısı ise 60° dir. Tarayıcı saniyede 50.000 ila 240.000 adet pulse gönderme kapasitesine sahiptir. Bu da km<sup>2</sup>'de 2.000.000 ila 4.000.000 nokta elde edilmesiyle sonuçlanmıştır. LMS Q-560 lazer tarayıcısının bazı özellikleri Tablo.1'de gösterilmiştir.

Tablo.1. LMS Q-560 lazer tarayıcısı özellikleri.

<b>Ağırlık, uzunluk, genişlik, derinlik</b>	16 kg, 42 x 21,2 x 22,8 cm.	<b>Lazer darbe frekansı (Min.-maks.)</b>	50-240 kHz
<b>Lazer Dalga boyu</b>	1550 nm	<b>Maks. tarama açısı</b>	60°
<b>Lazer darbesi boyu</b>	4 ns	<b>Konumsal doğruluk</b>	GNSS/INS'nin doğruluğuna bağlıdır
<b>Işın demeti sapması</b>	0,3 mrad	<b>Yükseklik doğruluğu (1 km.de)</b>	< 15 cm
<b>Lazer sınıfı</b>	Sınıf 1	<b>Planimetrik doğruluk (1 km.de)</b>	< 10 cm
<b>Tarama metodu</b>	Çok yönlü döner ayna	<b>Uçuş yüksekliği (min./ tipik / maks.)</b>	30 m. / 800 m. / 1500 m.
<b>Tarama frekansı</b>	10-160 Hz	<b>Maks. veri elde etme süresi</b>	8 saat

Söz konusu uçuşlar sonucu 370.000.000 x,y,z referanslı lazer noktasından oluşan ham lazer veri paketi elde edilmiştir. Bu veri paketinden, çalışmada kullanılacak olan havzaya ait

22.182.000 lazer noktasından oluşan kısım kesilerek kullanıma hazırlanmıştır. Ayrıca aynı uçuşta eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntülerden üretilen ortofotolar referans veri olarak kullanılmıştır.

### 3. Uygulama

#### 3.1. Metod

Hidrolojik çalışmalarda ihtiyaç duyulan; eğim, kısmi alan ve bakı gibi büyüklükleri ana ve alt havzaların SYM'den otomatik olarak belirleyebilmek için en az 1:10.000 ölçekli SYM'ye ihtiyaç vardır. Böylece her bir alt havzanın su toplama alanı hassas şekilde belirlenebilmektedir. Bu veriler CBS ortamında hidrometeorolojik veriler ile analiz edilerek her bir alt havzanın aylık su toplama miktarı belirlenebilmektedir (Coşkun ve diğ., 2000). Ayrıca, akışı etkileyen mevcut arazi kullanım durumunun (orman, tarım, çayır-mera, yerleşim, sulak alanlar vs.) en güncel şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu da en hassas olarak hiperspektral uydu görüntüleriyle yapılabilmektedir. Diğer yandan, LiDAR verisi ile eş zamanlı olarak elde edilen sayısal görüntüler LiDAR verisinin işlenmesinde referans veri olarak önem taşımaktadır. Bu nedenlerle, LiDAR ile elde edilecek olan SYM'nin ortofotolar ve uydu görüntüleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

Ham lazer verisi, helikoptere monte edilmiş LMS Q-560 lazer tarayıcısı ile elde edilen lazer ışınım değerleri ve aynı platformda bulunan GPS/INS düzeneğinden elde edilen koordinat verileri uçuş planlama bilgisayarında yüklü bulunan RiAnalyse, RiPROCESS ve RiWorld yazılımları yardımıyla işlenerek nokta bulutu verisine çevirilmiştir.

Bölgeye ait nokta bulutu verisi, Türkiye temsilciliği BGS Bilgi Sistemleri Ltd.Ş. tarafından yapılan Finlandiya kökenli Terrasolid lazer veri işleme yazılımları (TerraMatch, TerraScan, TerraPhoto ve TerraModel) kullanılarak, sayısal görüntü işleme tekniklerine uygun olarak işlenmiş, havzaya ait yüzey modeli ve devamında sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Bunun için sırasıyla; uçuş şerit

(trajectory) bilgisinden faydalanılarak farklı uçuş şeritlerinin yüzey yüzeye eşleştirilmesi amacıyla veri kalibrasyonu, sınıfların belirlenmesi, sayısal görüntülerden elde edilen ortofotolar referans olarak kullanılarak kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma, triyngulasyon işlemleri yapılmış ve nihayetinde yüzey modeli ve SYM oluşturulmuş ve çalışmanın devamında yapılacak olan, hiperspektral uydu görüntülerinden elde edilen SYM'ler ile karşılaştırılmak ve hidrolojik çalışmalarda kullanılmak üzere ArcGIS10.1 yazılımına aktarılmıştır.

#### 3.2. Proje Oluşturma ve Veri Kalibrasyonu

Borçka verisi üzerinde, seçilen 22.182.274 adet lazer noktasından oluşan nokta bulutu verisi TerraScan'da açılıp bir proje oluşturulmuştur. Bölge 9 km<sup>2</sup>'lik bir alansal büyüklüğe sahip olup, nokta yoğunluğu 2-4 nokta / m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür.

Mevcut veride bütün noktalar, henüz sınıflandırma yapılmadığından TerraScan yazılımı tarafından default (varsayılan) sınıfı olarak nitelendirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İşlenmemiş Lidar nokta bulutu verisi.

Veri kalibrasyonu, birbiriyle çakışan uçuş şeritleri tarafından üretilen lazer verilerinin karşılaştırılması üzerine kuruludur. Farklı uçuş şeritlerinden elde edilen verilerin birbirleriyle uyumlu hale getirilmesi, bir başka deyişle homojen bir veri seti oluşturulması için uygulanması gereken işlemlerdir. Bu görevi

mümkün kılmak için, projenin her bir uçuşu diğer uçuş şeritleriyle boyuna örtecek uçuş şeritleri içermelidir.

Bu adımda, TerraScan ve TerraMatch yazılımları yardımı ile nokta bulutu verisi, hazırlanan makrolar vasıtasıyla önce uçuş şeritlerine göre sınıflandırılmış, şeritler arasında bindirme bölgeleri oluşturularak, helikopterin uçuş şeritlerindeki irtifa kayıklıkları (z shift), uçuş esnasındaki platformun yükselip alçalması (fluctuation)'ndan kaynaklanan hatalar için düzeltmeler bulunmuş ve tüm veriye uygulanmıştır. En son olarak da, çakışan noktalar (overlapping points) ayrı bir sınıfa atılarak temizlenmiştir.

### 3.3. Sınıfların Belirlenmesi

Sınıflandırmaya başlayabilmek için veri kalibrasyonu adımı uçuş şeritlerine göre sınıflandırılan nokta bulutu verisi, hazırlanan bir makro ile tekrar default sınıfına atanmıştır. Noktalar öncelikle kontrolsüz sınıflandırmaya tabi tutulmak üzere yazılım algoritmasında da yer alan aşağıdaki 7 ana nokta sınıfı (Tablo.2)'na atanmak üzere makrolar hazırlanmıştır. Parametreler, bölgeye ait ortofotolar incelenerek belirlenmiştir.

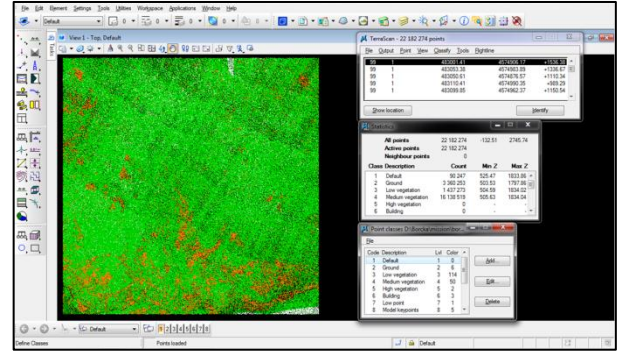
Tablo 2. Sınıflar ve parametreleri.

S.N.	Sınıflar	Açıklama	Parametreler
1	Default	Varsayılan	Hiçbir sınıfa atanmamış noktalar
2	Low points	Bozuk noktalar	10 m.çaplı bir alanda zeminden 1 m. den fazla alçak olan noktalar
3	Ground	Zemin Noktaları	Yer zeminine ait noktalar
4	Below surface	Zemin altı noktaları	Zemin ile bozuk noktalar arasında kalan noktalar
5	Low vegetation	Alçak bitki örtüsü	Zeminden 25 cm yüksekliğe kadar
6	Medium vegetation	Orta bitki örtüsü	25cm ile 2.5 m. arası
7	High vegetation	Yüksek bitki örtüsü	2.5 m. den yüksek

### 3.4. Kontrolsüz ve Kontrollü Sınıflandırma

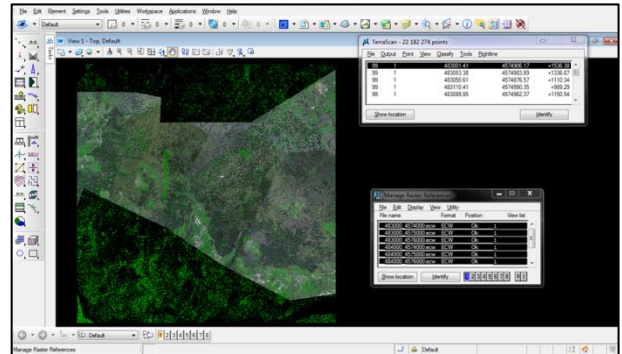
Kontrolsüz Sınıflandırma, oluşturulan proje üzerinde 7 makro ayrı ayrı çalıştırılarak yapılmıştır. Sınıflandırılan lazer verisi her bir

sınıf farklı renk kodlarına atanarak Şekil.4'deki nokta bulutu verisi elde edilmiştir.



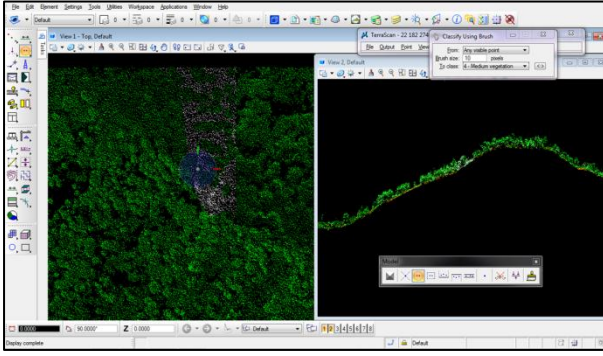
Şekil4.Kontrolsüz sınıflandırılmış LiDAR nokta bulutu verisi.

Belirlenen parametrelere göre kontrolsüz olarak sınıflandırılmış veri üzerine, sayısal görüntülerden elde edilen ortofotolar, TerraPhoto yazılımı kullanılarak lazer verisi ile çakıştırılmış ve belirlenen parametrelere göre yazılım tarafından otomatik olarak yapılan sınıflandırma sonuçları nesnelerin arazideki gerçek şekilleriyle karşılaştırılmıştır. (Şekil.5).



Şekil 5. Lidar verisi ile ortofotoların çakıştırılması.

Kontrollerin sonucunda, uygun olmadığı değerlendirilen sınıflandırmalar, kontrollü sınıflandırma (Şekil.6) yapılarak düzeltilmiştir. Her bir sınıflandırma ikinci bir görüntü üzerinde kesitler görüntülenerek ve ortofotolar ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Bu adımda, elde edilecek modelin doğruluk değerinin yüksek olması için sınıflandırmanın mümkün olduğunca doğru yapılması büyük önem taşımaktadır.

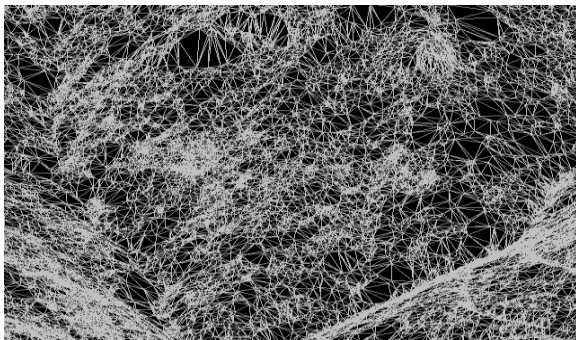


Şekil 6. Kontrollü sınıflandırma.

### 3.5. Model oluşturma

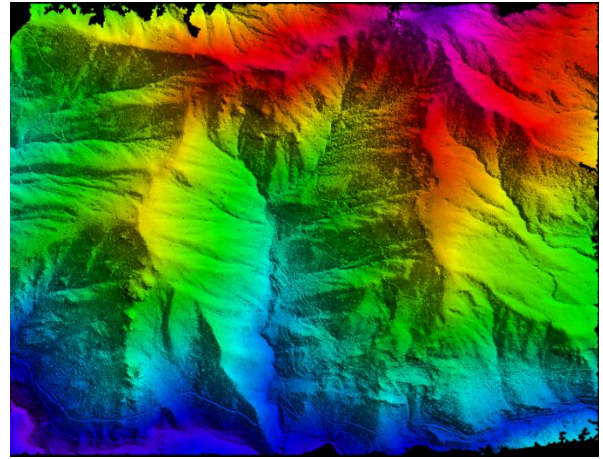
Topografik bir yüzey, genellikle uygulamada sayısal bir model olarak üç şekilde gösterilir. Bunlar; sayısal yükseklik modeli (SYM), sayısal yüzey modeli, ve sayısal arazi modelidir (SAM). SYM'ler özellikle topoğrafik bir yüzeyin sayısal gösterimi için kullanılmaktadır. SYM'ler genellikle yaygın olarak raster formatında ya da düzenli yükseklik noktalarından oluşan grid formatında ya da bir triyngulasyon (üçgenleme) tarafından bağlanmış rastgele yükseklik noktalarının kümesidir, başka bir deyişle, üçgenlenmiş düzensiz ağ (TIN-Triangulated Irregular Network) ile temsil edilir. SYM'ler ayrıca sayısal bir görüntü gibi depolanır ve görüntüdeki pikseller yükseklik verilerini içerir. Yani, hücrelerin sayısal değerleri yükseklikleri gösterir (Demirkese, 2003).

Havza verisi üzerinde bağlama noktaları oluşturulmuş ve üçgenleme (triyngulasyon) yapılarak TIN (Şekil 7) ve devamında üç boyutlu sayısal yüzey modeli (Şekil 8) oluşturulmuştur.



Şekil 7. Üçgenlenmiş düzensiz ağ (TIN)

LiDAR ile hidrolojik model oluşturmada en önemli aşama üç boyutlu yüzey modelidir (Şekil 9). Bunun için LiDAR'ın çoklu yansımaya özelliği kullanılmaktadır. Tek bir lazer darbesi yüksekten alçağa doğru, yeryüzeyine kadar çarptığı noktalardan 4-5 ayrı yansımaya değeri verebilmektedir. İyi bir sınıflandırma yapılarak, bu yansımaya değerleri yüzey üzerinde temsil ettikleri nesnelere göre gruplandırılabilen ve yüzey yansımaları dışındaki sınıflandırılmış yansımalar çıkarıldığında çıplak yüzey modeli kolayca elde edilebilmekte ve zemin bilgisine ulaşılabilir. Diğer SYM elde etme yöntemlerinde yeryüzeyini üzerindeki bitki örtüsü, bina gibi doğal ve yapay nesnelere arındırıp ölçmek oldukça büyük emek ve uzun zaman gerektirmektedir.



Şekil 8. Üç boyutlu sayısal yüzey modeli.

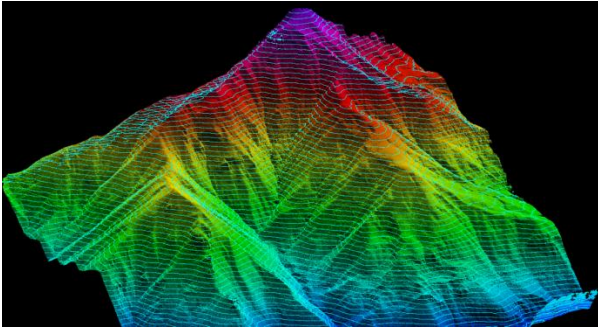
Elde edilen yüzey modeli üzerinde, Terra Modeler yazılımında var olan bir modül vasıtasıyla istenilen aralıkta eşyüksekti eğrisi çizimi ve gösterimi yapılabilmektedir. Şekil 9'da örnek olarak, 20 m. Aralıklandırılmış eşyüksekti eğrisi gösterimi yapılmıştır.

Elde edilen 3B sayısal yüzey modeli, 1,6 m. aralıklandırılmış DEM format ile çalışmanın devamında, uydu görüntülerinden elde edilecek SYM ile karşılaştırma yapılması ve taşkın risk analizine yönelik hidrolojik modelleme işlemleri için ArcMap 10.1 CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 10).

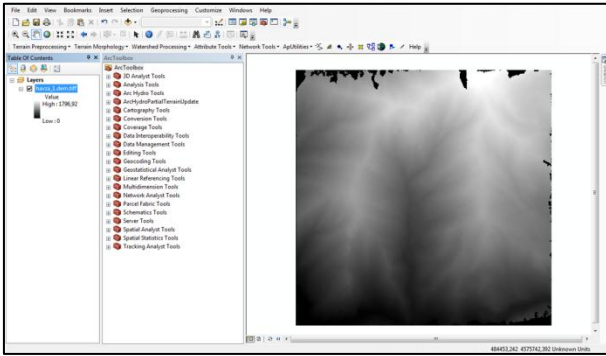
LiDAR verisiyle oluşturulan SYM'nin yatay ve dikey doğruluğu, uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmekle birlikte, bu çalışmadaki uçuş



yüksekliği, LMS-560 lazer tarayıcısının tipik uçuş yüksekliği (800 m.)'ne yakın olduğundan Tablo.1'de belirtildiği gibidir.



Şekil 9.20 m. Aralıklı eş yükselti eğrileriyle zenginleştirilmiş yüzey model görünümü.



Şekil 10. Havza verisi için 1 m. lik aralıklarla gridlendirilmiş DEM'in ArcMap'e ithali.

Çözünürlük, ilk olarak bir hava fotoğrafındaki detay seviyesi veya ayırt edilebilir en küçük nesne ile açıklanmıştır (Way, 1978). Bir grid DEM içinse, DEM'in bir gridinin bir kenarının arazideki uzunluğuyla ifade edilen boyutu demektir. McCullagh (1988) grid sayısının, kabaca ilgili alandaki arazi veri noktası sayısına eşit olması gerektiğini ortaya atmıştır. Bir DEM'in grid boyutu aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$S = \sqrt{\frac{A}{n}} \quad (1)$$

Burada, n arazideki noktaların sayısı, A ilgili bölgenin alanıdır (HU, 2003). Bu demektir ki;

DEM çözünürlüğü, original arazi noktalarının örnekleme yoğunluğuyla uyumlu olmalıdır.

Bu çalışmada, LiDAR verisiyle elde edilen SYM'nin oluşturulmasında kullanılan zemin (ground) nokta sayısı 3.360.000, alan 9 km<sup>2</sup>'dir. Bu veriler (1)'de yerine konduğunda grid boyutu, diğer bir deyişle SYM çözünürlüğü 1,6 m. Olarak bulunmuştur. Bu değer, hidrolojik çalışmalar için yeterli doğruluğu sağlamaktadır.

#### 4. Sonuç

Su toplama havzalarının alanları ve arazi eğim durumu, hidrolojik çalışmaların en önemli parametreleridir. Bu parametrelerin sağlıklı olarak elde edilebilmesi için arazinin topoğrafik yapısının sayısal ortamda çok hassas bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizin birçok bölgesinde, özellikle de Doğu Karadeniz bölgesinde yüksek eğimli havzalar mevcuttur ve oldukça çeşitli, sık ağaç ve bitki türünü bünyesinde barındırmaktadır. Bu denli yoğun ve karmaşık yüzey yapısına sahip geniş alanlarda 1:1.000 ya da 1:5.000 ölçekli verilerin klasik yöntemlerle yerinde ölçümlerle elde edilmesi, çok uzun zaman gerektirmekte ve maliyeti yüksek olmakta, ayrıca bu yöntemler ile böyle bir arazi yapısında zemin bilgisine ulaşmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, hidrolojik çalışmalarda kullanılacak arazi kullanımı bilgisi ile SYM'lerin elde edilmesinde hızlı ve yüksek çözünürlüklü LiDAR verilerinin kullanılması önem taşımaktadır.

Geomatik bilim dalı kapsamında SYM üretim teknikleri gözden geçirildiğinde, dört temel teknik öne çıkmaktadır:

- Sayısal fotogrametri.
- Radar İnterferometri (InSAR).
- LiDAR.
- Stereo uydu görüntüleri.

Yukarıda sıralanan teknikler irdelendiğinde, LiDAR'ın çok geniş alanlara ait veriyi çok kısa zamanda elde etme, her türlü arazi koşulunda zemin bilgisine ulaşabilme, düşük maliyet, yüksek nokta sıklığı ve çözünürlük, çoklu yansıma özelliği, veri otomasyonu, xyz verisini

direkt elde etme, gölgede, gece gündüz veya bulutlar arasında veri toplayabilme yeteneği gibi önemli avantajlarından dolayı en çok tercih edilmesi gereken teknik olduğu değerlendirilmektedir. Büyük ölçeklerde taşkın risklerine karşı çok hassas durumda olan Türkiye’de bu önemli afete karşı gerekli tedbirleri önceden alabilmek için devlet ve üniversiteler tarafından LiDAR teknolojisine yatırım yapılması, gerekli veri ve yetişmiş insan gücü alt yapısının kurulması önem taşımaktadır.

### **Kaynaklar**

- Coşkun, H.G., Oztopal,A., Sen, Z., 2000, Genetic algorithm model for the water pollution estimation in the Bosphorus by using satellite data, 19th EARSeL Conference, Dresden.
- Demirkesen, A.C., 2003, Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.
- Dudhani, S., Sinha, A. K., Inamdar , S. S., 2006. Assessment of small hydropower potential using remote sensing data for sustainable development in India , Energy Policy, sayı: 34, sayfa: 31953205.
- Ekercin, S.,Üstün, B., 2004, Uzaktan Algılamada Yeni bir Teknoloji: Lidar, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, İTÜ, İstanbul.
- Hu, Y. 2003: Automated extraction of digital terrain models, roads and buildings using airborne LiDAR data, (PhD Thesis). Calgary, Alberta, Canada: Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary.
- Kumar , A. ve Singhal, M. K., 1999. Hydropower assessment for small ungauged catchments in Himalayan region using GIS techniques, Workshop on GIS Applications in Power Sector, Map India.
- McCullagh, M. J. 1988: Terrain and surface modelling systems: theory and practice. Photogrammetric Record 12(72), 747-779.
- Way, D. S. 1978: Terrain Analysis. Stroudsburg, Pennsylvania: Cowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- Wehr A. and Lohr U., 1999, Airborne Laser Scanning, ISPRS Journal, Vol. 54, Issue 2/3 .