

HAVA LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING) VERİLERİN JEOMORFOLOJİK VE EKOLOJİK ORTAM ANALİZLERİNDE KULLANIM OLANAKLARI

C. Duran¹, F. Daban²

¹Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Tarsus, cduran30@yahoo.com

²İl Özel İdaresi, Antalya, fdaban@antalyailoz.gov.tr

ÖZET

Son yıllarda laser teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, kullanım alanları da çeşitlenmiştir. Fotogrametrik laser tarama sistemi olan Lidar (Light Detection And Ranging), mekânsal analizlerin daha doğru ve faydalı olarak ortaya konmasında önemli veriler sunmaktadır. Ekoloji ve Jeomorfoloji gibi mekânsal bilgiyi kullanan bilim dalları için spesifik konulara uygun bilgiler elde edilebilmektedir. Yer yüzeyinin tanımlama gücü bulunan çok çeşitli yüzeyler ile yer yüzeyi üzerindeki objelerin formları, yükseklik değerleri belirlenebilmektedir. Ayrıca Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Risk Analizi, Arazi Kullanımı ve Doğa Koruma kavramlarına uygun alanlar oluşturulabilmektedir.

Bu çalışmada, Hava Lidar'ın Jeomorfolojik ve Ekolojik ortam analizlerinde kullanım imkânları üzerinde durulmuş, getirdiği kolaylıklar araştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Lidar, Jeomorfoloji, Ekoloji

ABSTRACT

USING POSSIBILITIES OF AIRBORN LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING) DATA FOR GEOMORPHOLOGY AND ECOLOGY RESEARCHES

In recent years, belong to developments of Laser technologies are varietied using areas. Lidar which was a photogrametric laser scanner system serves important data about the ground surface. It is obtained current and precise results for using ground knowledge such as Geomorphology and Ecology. In addition to this data could be determined heights, forms of objects with various ground surfaces and difficult identified areas. Also It could be divided with digital elevation models (DEM), risk assessment, models of land use and nature conservation

In this study, it was investigated using possibilities of airborne lidar (light detection and ranging) data for Geomorphology and Ecology researches.

Keywords: Lidar, Geomorphology, Ecology

1. GİRİŞ

Hava Lidar (Light Detection And Ranging, kelimelerin kısaltılmasından oluşmaktadır. Aynı zamanda ALS—Airborne Laser Scanning yada ALSM—Airborne Laser Swath Mapping olarak da bilinir) araştırmaları ile geleneksel fotogrametrik metotlardan daha doğru daha detaylı topografik modeller elde edilir. Fotoğraf çiftinden stereoskopik görüşe bağlı zayıf canlandırma nedeniyle yer yüzeyinin anlaşılması güç, yoğun ormanların bulunduğu alanlarda nadiren görülebilen yüzey şekilleri, Lidar verilerin üç boyutlu haritalandırma potansiyeli ile yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir (Haugerud ve Harding, 2001).

Yaklaşık son on yıldan bu yana giderek yaygınlaşan bir oranda kullanılmaya başlanan Lidar “light detection and ranging”, çalışma prensibi açısından radara benzeyen ancak radyo dalgaları yerine laser ışını kullanan aktif bir algılayıcıdır. Bir Lidar sistemi; laser tarayıcı ve soğutucu, GPS ve INS (Inertial Navigation System) cihazlarından oluşmaktadır. Uçağa takılan laser tarayıcı tarafından yayılan yüksek frekanslı kızılötesi laser ışınlarının uçakla yer arasındaki gidiş ve dönüşlerinde geçen süre ölçülmekte ve laser dalgasının gönderildiği andaki uçağın konum bilgileri ile birlikte kaydedilmektedir. Daha sonra, yer noktalarının üç boyutlu koordinatları (X,Y,Z) ölçüm anındaki uçak konumu ve uçak-yer vektörleri yardımıyla hesaplanmaktadır (Brovelli vd., 2002; Yıldırım, 2006).

Hava Lidar teknolojisi ile hassas ölçümler yapılabilir. Hava şartları ve uçağın konumuna göre arazi yükseklik belirlemede ortalama 3 ile 30 cm, vejetasyon örtüsünün bulunmadığı düz alanlarda (yatay doğrultuda) 5 ile 50 cm arasında hata payı bulunur (Davenport vd. 2004). Farklı yüzeylerde farklı hata payı vardır. Açık düz arazi yüzeyinde +/- 0,15 m, seyrek vejetasyon örtüsüyle kaplı ve düze yakın dalgalı arazi yüzeyinde; +/- 0,25 m, seyrek vejetasyon örtüsüyle kaplı ve tepelik arazilerde; +/- 0,50 m dir (URL 3). Genel olarak; x-y doğrultusunda en geniş 1 m mesafe hata payı, z doğrultusunda yaklaşık 15 cm’lik hata payına sahiptir (Ekercin ve Üstün, 2004). Ortalama çalışma alanı

tahmini olarak; 1 km (yeterli yansıma parlaklığı, laser bakış güvenliği), platformun bulunduğu uçağın yerden yüksekliği; 200–6000 m arasındadır. Açık uçuş şartları içinde bulutluluk, engel oluşturmamaktadır. Yerden yüksekliğe bağlı olarak yatay ve düşey doğrulukta değişme görülür. Nokta çapı, spot (nokta-leke) mesafesi 1-5 m (Clark vd., 2006)

Lidar, arazi yüzeyi haritalandırılmasında uzaktan algılama ve diğer hava sistemlerinin çok ötesinde harita verileri sunmaktadır. Üç boyutlu (x-y-z) mesafe ölçmede ve yer yüzeyinin tanımlanmasında en güçlü tarama sistemidir. Bu teknoloji, yakın kızılötesi (1064 nanometre) laser dalga genişliği ile gönderilen ışınların yer yüzeyindeki yansıma zamanını hassas oranda ölçerek, verileri dijital ortamda depolamaktadır. İleri düzey yüzey modellemede ve yersel yüksekliklerin (SYM) doğru olarak ortaya konmasında, SAR görüntülerine oranla daha detay tanımlama gücüne sahiptir. Lidar ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri (DEM), yeryüzünün herhangi bir mekânsal ünitesinin ortaya çıkarılması ve bu alanla ilgili görsel objeler hakkında hızlı karar verme kolaylığı sağlamaktadır.

Gerçek dünyanın simülasyonu, animasyonu, modellemesi ve alan görüntüleme gibi konumsal uygulamalar ancak üç boyutlu çalışmalarla yapılabilmektedir. Günümüzde, yüksek doğrulukta yükseklik verisine olan talep hızla artmaktadır. Algılayıcı teknolojisindeki gelişmeler ve hesaplama gücünün sürekli gelişmesi ile yer referanslı teknolojiler günümüzde konumsal modellemede benzersiz fonksiyonellik ve esneklik getirebilmektedirler. Lidar teknolojisinin uydu platformlu (spaceborne) ve hava platformlu (airborne) olmak üzere iki türü vardır (Yılmaz ve Yakar, 2006).

Bu çalışma ile fotogrametrik laser tarama sistemi olan Lidar (Light Detection And Ranging) teknolojisinin doğal ortam özelliklerini belirlemedeki avantajları ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa ülkelerinde çok yoğun olarak kullanılan Lidar verilerin çeşitli mekânsal kullanım alanları içinde Jeomorfoloji ve Ekoloji bilimlerinin çalışma alanı içinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde Lidar teknolojisi ve elde edilen verilerin özellikleri kısaca açıklanmıştır. İkinci bölümde jeomorfolojik çalışmalarda Lidar'ın kullanımı incelenmiştir. Üçüncü bölümde, Lidar'ın ekolojik ortam özellikleri üzerinde kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur. Son bölümde ise, tüm mekânsal çalışmalar için Lidar verilerin önemine dikkat çekilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

2. HAVA LIDAR VERİLERİN JEOMORFOLOJİK AMAÇLI KULLANIMI

Yeryüzünün jeomorfolojik modellenmesinde eğilim, yüksek çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bütünleştirilmesi doğrultusundadır. Bu nedenle yapısal olarak oldukça kompleks özellik gösteren sahalarda yüzey şekillenmesinin tespiti, tektonizma, flüviyal süreçler (taraçalar), karstlaşma, buzullaşma gibi geçirilen evrimin boyutları, kısaca gelişim sürecinin belirlenmesi üzerine yapılacak araştırmalarda arazinin üç boyutlu ve hassas ölçümüyle yorumlanabilmektedir.

Günümüzde jeomorfolojik çalışmalar için gerekli yüksek doğrulukta topografik veri sağlayan Lidar teknolojisi, flüviyal ve gelgit alanlarında oluşmuş oyuntu, yarık ve kanalların farklı morfolojik karakterleri, kanal kesitleri ile ilgili hesaplamaların yapılabilmesi yanında flüviyal süreç ve gelişim aşaması hakkında fikir verir. Jeomorfolojik parametreler için Lidar ile geliştirilen teknikler, doğru bilgiye ulaşmada ve doğal risklere karşı koruma planlarını tasarlamakta faydalıdır (Mason vd., 2006; Lohani ve Mason, 2001). Ayrıca, jeomorfolojik üniteler içinde dağlık-tepelik alanlar, platolar, vadiler, boğazlar, sekiler, birikinti koni ve yelpazeleri, karstik şekiller, buzul şekilleri, zirve düzlükleri, yontuk düzlükler (peneplen), menderesler, fay kaynaklı kırıklı yapıların bulunduğu alanlarda ve çeşitli şekillerde taşınan materyalin yığıldığı alanlarda hacimsel değişimin izlenmesinde, şekillenmenin boyutu ve geleceğe dönük etkilerinin saptanmasında son derece faydalı veriler elde edilmektedir.

Su erozyonu arazi bozulmalarının en önemli problemlerindendir. Erozyonu kontrol eden dört farklı faktör ise; topografya, toprak, bitki örtüsü ve arazinin kullanım şeklidir. Burada erozyon haritalarının yapımında ve tespitinde uzaktan algılama verilerinden sayısal arazi modellerinden yararlanılır (Vrieling, 2006). Erozyon değerlendirmelerine uzaktan algılama yöntemleri birçok yolla yardımcı olur. Erozyona neden olan oyuntuların ve orta büyüklükteki derelerin sıklığı, büyüklüğü gibi özelliklerin tespitinde, farklı oranlarda örtü oluşturan vejetasyonun değerlendirilmesinde, toprak özellikleri ve nemlilik karakteristikleri gibi özelliklerin belirlenmesinde, eğim grupları, erozyon haritalandırılmalarında ve erozyon risk tanımlamalarında, erozyon izleme sistemleri için başarılı bölgesel uygulamalar oluşturur (Vrieling, 2006).

Hidrolojik modeller ile taşkın risk alanların tahmin edilebilmesi ve alınacak önlemler ile stratejileri ortaya koymada arazi yükseklik verilerinin doğruluğuna ihtiyaç vardır. Örneğin düşük eğim değerlerine sahip, düze yakın bir havza sahasında akarsu yatağındaki ani yükselişe bağlı oluşan taşkın, geniş bir alanı etkileyeceği hesaplanabilecektir. Akarsuyun beslenme havzası içinde tüm kollarıyla birlikte oluşturduğu su yolu örgüsü, suyun potansiyeli, rejimi, çevresel etkilerine dönük tahminler yanında çeşitli tipteki materyalin (kum, çakıl, kil) oluşturduğu birikim alanlarındaki gözeneklilik (porozite), yoğunluk, yamaç eğimi gibi yapısal özellikler ile yamaç üzerinde

durabildikleri denge açıları, kütle hareketlerinin meydana gelmesinde eğim ve yağış karakteristiklerinin hesaplanabilirliği alınacak önemleri önceden belirleme imkânı verecektir.

Yüksek çözünürlüğe sahip topoğrafik Lidar verileri, üst örtünün bulunmadığı yüzeylerde, heyelan ve taşkın riski taşıyan alanlarda, morfolojik olarak görsel yorumlama ve sayısal analizlerin haritalandırılmasında yeni fırsatlar sunar. Aynı zamanda yüzey pürüzlülüğü, eğim hesabı, materyalin parça boyutu ve morfolojisini anlamayı sağlar. Aktif heyelan bölgelerinde yüzeydeki malzemenin karakteri, morfolojik bileşenleri, üst blok hareketliliğini yorumlama imkânı verir. Yüksek yüzey pürüzlülüğün bulunduğu alanlarda yanal ve dikey yöndeki yükseklik farkları ve tabakaların sıralanış biçimi, üst katı oluşturan yumuşak materyalin hareketliliğini artırır. Bir heyelan sahasındaki materyal, farklı derecede heyelan riski taşır ve sınıflandırılır (Glenn vd. 2006). Bir bölgedeki geçmiş heyelan kayıtları, insan faaliyetleri ve arazi formlarının lidar görüntüleri ile oluşturularak, kar örtüsünden yada buzul alanlardan erimeyle ve yağışla harekete geçen suyun muhtemel heyelan alanlarında depolanması ayrımlanabilir (Schulz, 2006).

Lidar verileri, kıyı alanlarındaki kumul hareketlerin hacimsel değişimini ve davranış şeklini yıllık olarak belirlemede en iyi kabiliyete sahiptir (Woolard ve Colby, 2002). İleriye dönük, iklim değişikliğinin etkilerinin görüleceği kıyı alanlarında transgrasyon boyutunun değerlendirilmesi önemli olacaktır. Ayrıca küresel ısınmaya bağlı iç sulardaki azalmanın sonucu, tatlı suya olan ihtiyaç artacaktır. Bu çerçevede Lidar görüntüleri ile su kullanımına dönük araştırmalarda ve oluşturulacak politikalarda yönetimde önemli karar mekanizmalarından olacaktır.

Glasyal şekillerin bulunduğu yüksek dağlık alanlardaki tanımlama güçlüğü çekilen glasyal drenaj kanalları, tümsekler arasında gözlenmesi güç çok ince ayrıntılar, Lidar ile elde edilen üç boyutlu tasvirler ile buzul şekillerde herhangi bir ayırım yapmadan jeomorfolojik olarak benzer şekilde temsil ettiği ortaya konulmuştur. Glasyal alanlarla ilgili elde edilen yüzey tasvirlerinden, yüzeydeki malzemenin kaynağının tespiti (yumuşak devonien kum taşları), morenlerin boyutu, sıralanması, karmaşık yapısı, morfolojik çeşitliliği gibi deformasyonlar da ortaya çıkarılmaktadır. Buzul arazi şekillerin ayrıntılı jeomorfolojisi haritalandırılmaktadır (Smith vd., 2005).

Yoğun vejetasyon örtüsü altında, tanımlama güçlüğü bulunan yüzeyin belirlenmesinde Lidar görüntü algoritmaları ile gerçekçi görüntüye sahip hayati önemli parametreler elde edilir (Harding ve Berghoff, 2000). Topoğrafik basamaklar, erozyonla oluşmuş veya deprem esnasında kopmuş kütleler, fay hatlarının oluşturduğu çizgisel oluşumlar, Gölgelemiş, ulaşılabilir sahalarda (geniş bataklıklar, kraterler) tanımlanabilmektedir. Bunun yanında 3 boyutlu SAR görüntüleri, görüş açısına bağlıdır ve dağlık bölgelerde bindirme, kısalma ve gölgeleme sorunları ortaya çıkmaktadır (Jacobsen, 2003) Yol çalışmaları ve diğer mühendislik yapı projelerinin Fotogrametrik teknikler ve yersel çalışmalarla karşılaştırıldığında planlama safhası sürecinde kazı-dolgu miktarı hakkında daha kesin tahminlerde bulunulabilir. En iyi rota seçiminde gis ve cad yazılımlarıyla bütünleştirilebilir. Çeşitli boru hattı güzergâhı, geçiş koridorların belirlenmesinde yardımcı verileri oluşturur (Harding, 2000).

3. HAVA LIDAR VERİLERİN EKOLOJİK AMAÇLI KULLANIMI

Canlılar ile onlara yaşam ortamı oluşturan mekan arasındaki ilişkiyi inceleyen ekoloji biliminin temel inceleme unsurları; yeryüzü şekli, iklim, ana materyal, toprak ve canlı toplumlarını içine alır. Son yıllardaki çalışmalarla giderek önem kazanan ve hızlı gelişme gösteren laser teknolojisinin canlı yaşam alanlarının üç boyutlu planlanması, korunması, yönetimi gibi konularda uygulama alanı bulunmaktadır. Bu çerçevede yeni teknolojinin ekolojik ortam analizlerinde eksikleri ortadan kaldıracak üstün yanları ile uygulama potansiyeli yüksektir.

Laser yükseklik ölçmelerinin ilk versiyonları, laser yansımanın tek bir dönüşünü ölçmekteydi. Daha sonraki laser sensörleri, her bir laser için çok sayıda yansımayı ölçmektedir. Bu yeni kabiliyetle, yer yüzeyinde ki çok sayıda özellik belirlenebilmektedir. Örneğin, ağacın farklı yükseklikteki dalları ve yapraklardan yansıma, boşluklara bağlı yüzeyden yansıma bağlı dalların, yaprak ve yer yüzeyin yükseklikleri ölçülebilir. Bu kabiliyet çok önemlidir. Karmaşık algoritmalar yardımıyla çok sayıda vejetasyon altı tanımlar yapılır (Harding, 2000). Sayısal arazi modelleri oluşturulur. Bazı sık bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda, kapalılık ve sıklık, ışınların aşağı yönlü hareketini engeller, bu durumda örtü yapraklı türlerden oluşmuşsa görüntü alım zamanı değiştirilir. Bitki örtüsünün 3 boyutlu dağılımı ve yapısal özellikleri belirlenebilir (Lefsky, 2002). Vejetasyonun yapısal özelliğini belirlemek, yaban hayatı yaşam alanları için de önemlidir. Ormanın yapısal özelliklerinin belirlenmesi, uzaktan algılama metodları ve alan örnekleme yöntemleri ile düşey doğrultudaki detaylı ölçümlerle ortaya konabilir (Hyde vd, 2006).

Ticari amaçlı Lidar uygulamaların ilk araştırma alanlarından biri, ormancılık sektörüdür. Ağaç örtüsü altındaki topografya ve arazi bilgisinin doğruluğu, doğal kaynak yöneticileri için son derece önemlidir. Orman envanteri için ağaç yükseklikleri, sıklık ve kapalılık gibi özellikler, geleneksel teknikler kullanılarak elde edilmesi zordur (Andersen vd., 2005). Geleneksel teknikleri Lidar verileri ile bütünleştirmek, orman amenajman planları ve meşcere tipleri haritalarının oluşturulmasının yanında, orman yönetimi için fonksiyonel haritaların hazırlanmasında son derece faydalı olacaktır. Orman biokütlesi üzerine hesaplamalar, vejetasyonu oluşturan bitkisel formların tahmini, ağaç türlerine göre büyüme modellerinin ortaya konmasında Lidar verilerin yardımcı veri olarak kullanılması uygulama zenginleştirme ürünlerini oluşturacaktır.

Lidar ölçüm araçları, ağaç boyu, ağaç yoğunluğu, kapalılık oranı gibi vejetasyon karakteristiklerini, yüksek uzaysal çözünürlükle sunar. Eğim değerlerine bağlı olarak, 20 m ve üzeri geniş ormanlık ve münferit tek ağaçların bulunduğu alanlarda yapılan yükseklik ölçümleri sonucu ortalama 3.67-2.33 m arasında hata payının olduğu saptanmıştır. Münferit iğne yapraklı tek ağaçların (0.23-0.63 m RMS), yaşlı orman ağaçlarından daha doğru tahmin edilmiştir (Matthew vd 2006) Lidar ile saptanan vejetasyon yükseklikleri, ortalamanın üzerinde bir doğrulukla belirlenebilmektedir (Streutker ve Glenn, 2006). Lidar ile örtü yükseklik tahminlerinin uygulama potansiyeli yüksektir. Orman örtüsünün dinamik yapısı, kapalılık-boşluk analizi, bonitet, yaban hayatı yaşam alanlarının sınırlandırılması, biokütle tahmini parametreleri gibi pek çok özellik belirlenebilir (Clark vd., 2006).

Arazi yetenek sınıflamaları çoğunlukla eğim değerleri doğrultusunda yapılmaktadır. Eğimin yüksek olduğu alanlara gidildikçe sınıflandırma toprağın verim gücünün düştüğü, toprak koruma önceliğinin olduğu üst örtünün daimi olarak kapalı kalması gerekli sahalar olarak ayrımlanmasında önemlidir. Bununla birlikte arazi yüzeyi sınıflandırmalarında fonksiyonel özellikler önem kazanmaktadır. Arazi yüzeyi sınıflandırmalarında farklılık gösteren ana sınıflar ile karışık tipte pek çok alt sınıfla karşılaşılır. Alt sınıflar arasındaki alan tiplerinin hangi sınıfa dâhil edileceği konusunda ayrım yapmada güçlük çekilebilmektedir. İnsan faaliyetlerine kapalı alanlar ve kentsel etki alanlarından uzak korunan alanlarda, temel çekirdek zon'un çevresinde oluşturulacak koruyucu nitelikli tampon bölgelerin sınırlandırılması, bozulma tehlikesindeki doğal yaşam alanların parçalanmaması ve daraltılmamasında, tür çeşitliliğinin son derece yüksek olduğu sulak alanlar, endüstriyel atıkların döküldüğü alanlar gibi benzer pek çok hassas çevresel alanlar, en yaygın biçimiyle arazi yüzeyinin ekolojik planlamalarda Lidar verileri kullanılabilecektir.

Fizyografik faktörler ile iklimsel parametreler arasında çok yakın ilişkiler söz konusudur. Yağış, sıcaklık, nemlilik gibi iklimin temel parametreleri, farklı bakı ve yükselti kuşaklarında son derece önemli farklılıkların oluşmasında etkili olmaktadır. Bu çerçevede güneşlenme şiddetinin fazla olduğu güney yamaçlarda oluşan ekosistem ile güneş ışınlarının etkisinde kalmayan kuzey bakılarda oluşan ekosistemler arasında belirgin farklılık görülür. Düşey doğrultuda atmosferik basınçtaki değişim, hava hareketleri ve iklimsel parametreleri etkiler. Yükseklik arttıkça bitki toplumları ve formlarında geçiş zonları görülür. Aynı zamanda toprak özelliklerinin dağılımında farklılık olur. Fizyografik faktörler, canlı yaşamı için sınırlayıcı faktörleri oluşturur. Yüksek çözünürlüklü spektral analizlerde bakı, yükseklik, eğim gibi fizyografik değerler, kolaylıkla doğru bir şekilde elde edebilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda Jeomorfoloji ve Ekoloji alanında yapılan çalışmaların büyük bölümünde sayısal yükseklik verilerinin kullanıldığı üç boyutlu analizler ve haritalandırmalar gerçekleştirilmektedir. Üç boyutlu analizlerde yüksek çözünürlük ve hassasiyete sahip hava Lidar verileri, Jeomorfoloji ve Ekoloji'nin farklı spesifik konularda türlü kullanım imkanı bulacağı yeni yaklaşımlar ve uygulamalar için faydalı olacaktır.

Jeomorfolojik oluşumlar, lokal iklim farklılığının oluşmasında en önemli etkidir. Fizyografik faktörler, hava kütlelerini sınırlandıran veya güneş ışınlarını etkileyen bakı, yükseklik ve eğim özellikleri, iklimsel parametreleri değiştirir. Bu farklılıklar, çok kısa mesafelerde canlılar arası birlikteliklerin çeşitlenmesini ortaya çıkarır. Çeşitli jeomorfolojik üniteler üzerinde oluşan farklı ekolojik şartlar, ekosistemi tanımlamak için önemlidir. Türkiye jeomorfolojisindeki çeşitlilik, ekolojik zenginliğin en önemli unsurudur. Ayrıca Türkiye, büyük ölçüde tahribe uğramamış doğal ortamdaki canlı toplumlarıyla önemli ekolojik merkez konumundadır. Jeomorfolojik birimler ve ekosistem arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, fizyografik faktörlerin daha detaylı ortaya konması, yüksek doğrulukta elde edilen üç boyutlu Lidar verilerin görsel yapısı ile doğru sonuçlara ulaşmada pek çok yardımcı veriyi elde etme imkânı sağlayacaktır.

Yer yüzeyi üzerindeki fiziki yapı, dinamik bir nitelik gösterir. İç ve dış kuvvetlerin etkisiyle güncel yeryüzü şekillenmelerin (deprensellik, volkanizma gibi içsel etkiler ile aşınma, taşınma ve birikime bağlı dış etkilerin) izlenmesi ve değişimin boyutunun hassas ölçümlerinin yapılması, haritalandırılmasında aktif kızılötesi laserin yeteneğini kullanan Lidar sistemleri ile yüksek çözünürlükle elde edilir. Özellikle erozyon riskinin çok yüksek olduğu eğimli sahalarda, potansiyel oyuntu erozyonunun tahkimi, kontrolü gibi havza ıslahı çalışmalarında, aşınma ve taşınmaya bağlı fluvial şekillenmelerde, yangına hassas orman alanlarındaki orman yangınlarının davranış modellerinin ortaya konmasında, taş ocakları ve açık maden işletmeciliğine uygun alanların tespitinde, sanal ormansızlaştırma algoritması yardımıyla arazi yüzeyinin yüksek doğrulukla ortaya konmasında, arazi kullanım sınıflandırılmasında, kıyı şeridi çalışmalarında kullanım olanağı sunmaktadır.

Arazi örtüsü, hava Lidar verileri ile güçlü bir şekilde görselleştirilebilmektedir. Bu sayede, geniş orman alanların üç boyutlu karakteristiklerini belirlemek; orman yönetimi için idare süresi dolan meşcerelerin servet (biokütle) tahmini ile dikili satış uygulamasının getirdiği kolaylığı uygulamaya imkânı sağlayacaktır. Ormancılık çalışmalarında kapalılık, sıklık, boşluk-açıklık alan oranların saptanması da; bonitet tahmini, silvikültürel işlemler ve fonksiyonel sınıfların oluşturulmasında faydalanan bilgiler olacaktır. Ayrıca, sulak alan ekosistemleri ve doğa koruma alanların belirlenmesinde daha doğru değerlendirmeler yapmayı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Uzaktan Algılama yöntemleri içerisinde yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu uygulamaların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Laser 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-değerlendirme metotları için olumlu sonuçlar alınacaktır. Son derece önemli görsel materyalleri ortaya koyan ve doğru ölçümler sunan, Lidar teknolojinin yakın gelecekte çok çeşitli mekânsal kullanımlarda yer alacaktır.

KAYNAKLAR

- Andersen, H. E., McGaughey, R. J., Reutebuch, S. E.,** 2005. Estimating Forest Canopy Fuel Parameters Using LIDAR Data, *Remote Sensing of Environment* 94, pp. 441–449
- Clark, M. L., Clark, D. B., Roberts, D. A.,** 2004. Small-Footprint Lidar Estimation of Sub-Canopy Elevation and Tree Height in a Tropical Rain Forest Landscape, *Remote Sensing of Environment* 91, 68–89
- Davenport, I. J., Holden, N., Gurney, R. J.,** 2004. Characterising Errors in Airborne Laser Altimetry Data to Extract Soil Roughness. *IEEE Transactions on GeoScience and Remote Sensing* 42 (10), 2130–2141.
- Ekercin, S., Üstün, B.,** 2004. Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji; Lidar, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, S. 91
- Glenn, N. F., Streutker, D. R., Chadwick, D. J., Thackray, G. D., Dorsch, S. J.** 2006. Analysis of LiDAR-Derived Topographic Information for Characterizing and Differentiating Landslide Morphology and Activity, *Geomorphology* 73, 131–148
- Harding D. J.** 2000. Principles of Airborne Laser Altimeter Terrain Mapping, NASA's Goddard Space Flight Center, Mail Code 921, Greenbelt, MD 20771 (URL)
- Harding, D. J., Berghoff, G. S.,** 2000. Fault Scarp Detection Beneath Dense Vegetation Cover: Airborne Lidar Mapping Of The Seattle Fault Zone, Bainbridge Island, Washington State Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, Washington, D.C.
- Haugerud, R. A., Harding D. J.,** 2001. Some Algorithms for Virtual Deforestation (VDF) of Lidar Topographic Survey Data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume XXXIV-3/W4 Annapolis, MD, 22-24 Oct. 211
- Hyde, P., Dubayah, R., Walker, W., Blair, J. B., Hofton, M., Hunsaker, C.,** 2006. Mapping Forest Structure for Wildlife Habitat Analysis Using Multi-Sensor (LiDAR, SAR/InSAR, ETM+, Quickbird) Synergy, *Remote Sensing of Environment* Volume 102, Issues 1-2, 30 May, Pages 63-73
- Külür, S.,** 2003. Fotogrametri ve Laser Tarama, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., Parker, G. G., Harding, D. J.,** 2002. LiDAR Remote Sensing for Ecosystem Studies. *Bioscience* 52 (1), pp. 19–30.
- Lohani, B., Mason, D. C.,** 2001. Application of Airborne Scanning Laser Altimetry to The Study of Tidal Channel Geomorphology, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 56, 100– 120
- Mason, D. C., Scott, T. R., Wang, H. J.** 2006. Extraction of Tidal Channel Networks from Airborne Scanning Laser Altimetry, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 61, 67–83.
- Schulz, W. H.** 2007. Landslide Susceptibility Revealed by LIDAR Imagery and Historical Records, Seattle, Washington, *Engineering Geology* 89, 67–87
- Smith, M. J., Rose, J., Booth, S.** 2005. Geomorphological Mapping of Glacial Landforms from Remotely Sensed Data: an Evaluation of the Principal Data Sources and an Assessment of Their Quality, *Geomorphology* 76, 148–165
- Streutker, D. R., Glenn, N. F.,** 2006. LiDAR Measurement of Sagebrush Steppe Vegetation Heights, *Remote Sensing of Environment*, Volume 102, Issues 1-2, 30 May 2006, Pages 135-145
- Woolard, J. W., Colby, J. D.** 2002. Spatial Characterization, Resolution, and Volumetric Change of Coastal Dunes Using Airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina, *Geomorphology* 48, 269–287
- Vrieling, A.** 2006. Satellite Remote Sensing for Water Erosion Assessment: a Review, *Elsevier, Catena* 65, 2 – 18
- Yıldırım, A., Şeker, D. Z.,** 2006. Fotogrametrik Harita Üretiminde Kullanılan Görüntülerin Maliyet Analizi, *İTÜ Dergisi D Mühendislik*, Cilt: 5, Sayı: 1, Kısım: 1, 83-90, İstanbul
- Yılmaz, H. M., Yakar, M.,** 2006. Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2006 (2) 23 – 33
- URL 1,** NRCS (Natural Resources Conservation Service), *Digital Elevation Data, NRCS Elevation Data Activities*, <http://www.ncgc.nrcs.usda.gov/products/datasets/elevation/index.html>, 15 Ağustos 2007.
- URL 2,** *A White Paper on Lidar Mapping, Mosaic Mapping Systems, May. 2001*, <ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NCGC/products/elevation/lidar-applications-whitepaper.pdf>, 15 Ağustos 2007
- URL 3,** Basin-Level Digital Elevation Models, Availability And Applications, The Red River Of The North Basin Case Study January 2004, IWR Report 04-R-1, <http://www.iwr.usace.army.mil/inside/products/pub/iwrreports/04-R-1.pdf>, 15 Ağustos 2007.