



MEKANSAL ANALİZLERDE HAVA LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING) VERİLERİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

ÖZET

Bu çalışmada kullanımı gün geçtikçe artan, Hava Lidar verilerinin mekânsal analizlerdeki kullanımı üzerinde durulmuş, bu alana sağladığı kolaylıklar araştırılmıştır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak mekânsal veri kaynaklarının üretilmesinde yeni olanaklar ortaya çıkmaktadır. 20. yüzyılın son çeyreğinde; Hava Fotoğrafları, Uydu Görüntüleri, GPS (Küresel Konumlama Sistemi) gibi mekânsal veri üretim araçlarının kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Günümüzde, fotogrametrik laser tarama sistemi olan Lidar (Light Detection And Ranging), mekansal bilgiyi kullanan bilimler için spesifik konulara daha uygun ve doğru bilgiler ile büyük kolaylık sağlamaktadır. Yer yüzeyinin tanımlama gücü bulunan çok çeşitli yüzeyleri ile yer yüzeyi üzerindeki objelerin formları, yükseklik değerleri belirlenebilmektedir. Ayrıca Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile oluşturulacak üç boyutlu analizler gerçekleştirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Lidar, Fiziki Coğrafya, Jeomorfoloji

THE ADVANTAGE POSSIBILITIES FROM AIR LIDAR DATA AT LOCALITY ANALYSES

ABSTRACT

In this study, we have underlined the using possibilities from air Lidar data at locality analyses that have been popular these days. The new possibilities have been appeared on the production of locality data sources as paralel the technological developments. At the last quarter of 20. Century, the using area of the locality data sources have become popular, such as air photographs, satellite images, GPS. Nowadays, the Lidar (Light Detection And Ranging), that the photogrametric laser scanner System has been provide great easies with the true and suitable information to the specific issues fort he sciences, that using the locality information. The various surfaces of earth surface, which having a description difficult and the forms of objects at the earth surface could be determined by the highness values. In addition, three dimensional analyses will be performed by the numerical highness model.

Keywords: Lidar, Physical Geography, Geomorphology



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünün bütününde veya bir parçasında mekâna dayalı olarak yapılacak herhangi bir çalışma için gerekli olan en önemli veri nesnenin konumudur (koordinatlarıdır). Koordinatlar o nesnenin bulunduğu mekâna bağlı olarak sahip olduğu konumu diğer nesnelere ayırt etmeye yarayan yegâne özelliklerdir. Konumun doğruluğu yerküre ile ilgili yapılacak tüm çalışmalarda büyük öneme sahiptir.

Konuma dayalı çalışmalarda altlık teşkil etmesi için üretilen haritalar, geçmişten günümüze farklı amaçlarla, farklı şekillerde ve farklı hassasiyetlerde üretilmiştir. Arazi gözlemlerine dayalı olarak hazırlanmaya başlanan haritalar, zamanla arazi ölçmeleri neticesinde kâğıtlar üzerine çizgisel olarak aktarılmaya başlanmıştır. Elektronik olarak mesafe ve açı ölçen aletlerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte haritaların üretim olanakları genişlemiş ve hassasiyetleri artmıştır. Teknolojinin gelişimine paralel olarak harita üretiminde Fotogrametrik görüntüler ve Hava Fotoğrafları gibi Uzaktan Algılama yardımıyla elde edilen veriler ve Uydular yardımıyla elde edilen Uydular Görüntüleri kullanılmaya başlamıştır. Haritaların hazırlanış teknikleri geliştikçe üretilen malzemenin hassasiyeti artmış, maliyeti azalmış ve kullanım alanları genişlemiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Günümüzde harita üretiminde kullanılmaya başlanan sistemlerden biri de kısaca LIDAR olarak tanımlanan (Light Detection And Ranging) laser tarama sistemidir. Aynı zamanda ALS-Airborne Laser Scanning ya da ALSM-Airborne Laser Swath Mapping olarak da bilinir. Özellikle son 10 yılda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan Lidar tarama sistemi mekânsal veri üretiminde yakın gelecekte son derece önemli bir yer kaplayacaktır.

3. LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING)

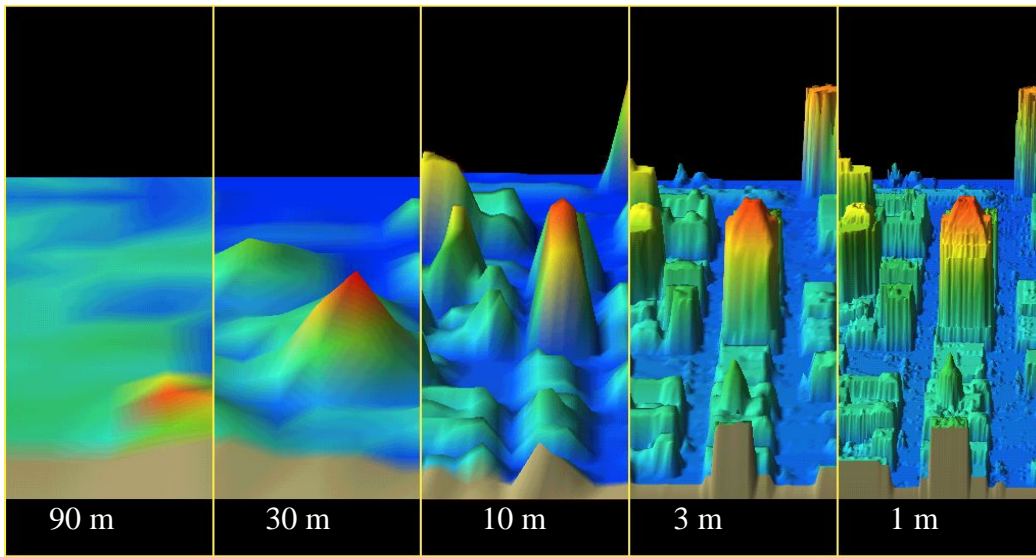
Bir cisimden doğal olarak yayılan veya yansıyan enerjinin kayıt edildiği sistemlere pasif, kendi öz kaynağından cisme enerji göndererek geri gelen enerjiyi ölçen sistemlere ise aktif uzaktan algılama sistemleri denir. Flaşla çekilen resimler aktif algılama iken, flaş kullanmadan çekilen resimler pasif algılamadır [1]. Lidar sistemleri de radar gibi aktif uzaktan algılama sistemleridir. Bu sistemlerde araziye tanımlamak için laser ışığının darbeleri kullanılır. Pasif mikrodalga sistemleri gibi Lidar sistemleri de ya bir profile ya da bir tarama moduna işletilir [2].

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 [3 ve 4].

Hava Lidar teknolojisi ile hassas ölçümler yapılabilir. Hava şartları ve uçağın konumuna göre arazi yüksekliğinin belirlenmesinde ortalama 3 ile 30 cm, vejetasyon örtüsünün bulunmadığı düz alanlarda (yatay doğrultuda) 5 ile 50 cm arasında hata payı bulunur [5]. 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 [6]. 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'dir [7] .

Lidar, arazi yüzeyi haritalandırılmasında uzaktan algılama ve diğer hava sistemlerinin çok ötesinde harita verileri sunmaktadır. Üç boyutlu (x-y-z) mesafe ölçüme 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 (Şekil 1).



Şekil 1. Beş farklı spektral çözünürlükteki görüntünün detay tanımlamadaki gösterimi (URL 3)

(Figure 1. Visual depiction of the detail provided at five different spatial resolutions (URL3))

4. LIDAR VERİLERİNİN KULLANIM ALANLARI (USING AREAS OF LIDAR DATA)

Son derece yaygın bir kullanım alanı bulunan Lidar verileri farklı uygulama alanlarında, farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Özellikle üç boyutlu yüzey ölçümü ve arazi yüzeyi karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılmakta olan lidar tarama sistemi genel olarak şu alanlara hizmet verir [6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15].

Sayısal Harita Üretim;

- Arazi Kullanımı Belirleme,
- Akarsu İzleme-Değerlendirme,
- Doğal Ortam Analizi,
- Yenileme Çalışmaları,
- Orman Yönetimi,
- Afet Planlama,
- Ulaşım,
- Telekomünikasyon Planlama,
- Kentsel Gelişim.

5. FİZİKİ COĞRAFYADA MEKÂNSAL VERİ ÜRETİMİ (PRODUCTION OF GROUND DATA FOR PHYSICAL GEOGRAPHY)

Fiziki Coğrafya, yeryüzünde hem canlı hem de cansız ortamı oluşturan öğeleri dikkate alarak, ortam bilimi olan ekoloji de olduğu gibi, bunlar arasındaki karşılıklı ilişkiyi inceler. Bu öğeler, yeryüzü şekillerinin oluşumlarına veya şekillendirici amilin özelliğine göre topografya tipleri, iklim, doğal bitki örtüsü ve hayvan topluluklarıdır. Bunlardan arazi şekilleri, iklim ve ana kaya grupları ortamın cansız öğelerini, toprak, bitki ve hayvan toplulukları da canlı öğeleri oluşturmaktadır [16]. Fiziki Coğrafya kapsamına giren başlıca alt gruplar şu şekilde sınıflandırılabilir;

Jeomorfoloji: Dünyanın şeklini inceleyen ve bir bütün olarak hem kara yüzeyini hem de denizlerin altında devam eden yüzeyleri; dağlar, platolar, ovalar, havzalar gibi birimler halinde gruplandırılan bilim dalıdır. Araziyi oluşturan ana kayanın yapısını fiziksel ve kimyasal özelliklerini, yapıyı oluşturan tabakalaşma durumunu, yapıyı şekillendiren etkenleri inceler. Arazi gözlemleri, Fiziksel analizler ve haritalar başlıca veri üretme elemanlarıdır.

Klimatoloji: Yer şekillerinin oluşumunda son derece etkili olan hava ve iklim elemanlarını inceler. Rasatlar yapılarak yağış, nem, sıcaklık gibi iklimsel parametrelerin oluşturduğu verileri kullanılır.

Hidrografi: Yeraltı ve yerüstü suların dağılım coğrafyası ile davranış şekillerini inceler ve bu çerçevede veriler üretir.

Toprak Coğrafyası: Toprağın oluşumu, oluşum sürecini etkileyen faktörler, benzer toprak özelliklerini sınıflandıran bir bilim dalıdır. Toprakların kimyasal ve fiziksel özellikleri ile birlikte gerçekleştirilen gözlemlerle veri üretilir.

Biyocoğrafya: Bitki örtüsünün ve diğer canlıların yaşam alanlarını oluşturan şartları, dağılışı, canlı ve cansız ortam arasındaki ilişkiler gibi konuları ele alan bilim dalıdır. Vegetasyon temelli verilerden bitki formları, toplulukları gibi özellikleri inceler.

Kartografya: Fiziki ortam ile ilgili verilerin görselleştirilmesi amacıyla hizmet eden veriler üretir. Ulaşılan sonuçları tematik belgeleme hizmeti yapar.

Fiziki Coğrafya çalışmalarında hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, sayısal haritalar ve lokal konum belirleme (GPS) araçlarının CBS ortamında entegrasyonu ile veri üretim olanakları artmış ve çeşitlenmiştir. Arazi kullanım kabiliyetlerinin incelendiği, jeolojik ve jeomorfolojik evrimin gözlemlendiği, hava kütlelerinin takibinin yapılabildiği çalışmalarda yeni uygulamalardan sıklıkla faydalanılmaktadır.

6. HAVA LIDAR VERİLERİNİN FİZİKİ COĞRAFYA ARAŞTIRMALARINDA KULLANIM OLANAKLARI (USING POSSIBILITIES OF LIDAR DATA FOR PHYSICAL GEOGRAPHY RESEARCHES)

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

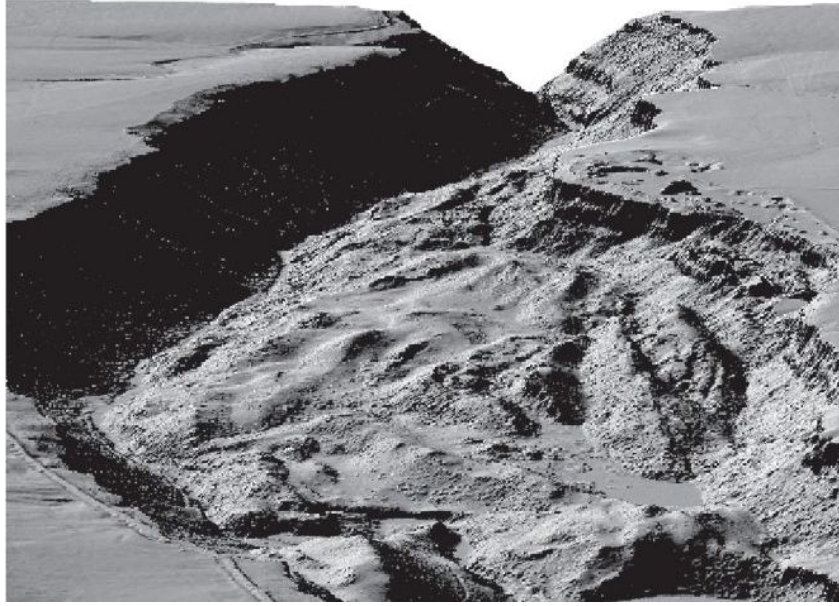


yapılabilmesi yanında fluviyal süreç ve gelişim aşaması hakkında fikir verir. Jeomorfolojik parametreler için Lidar ile geliştirilen teknikler, doğru bilgiye ulaşmada ve doğal risklere karşı koruma planlarını tasarlamakta faydalanılır [17 ve 18]. Ayrıca, jeomorfolojik üniteler içinde dağlık-tepelik alanlar, 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 problemlerindedir. 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 [19]. 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 [19].

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 [20] (Şekil 2). 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 [21].

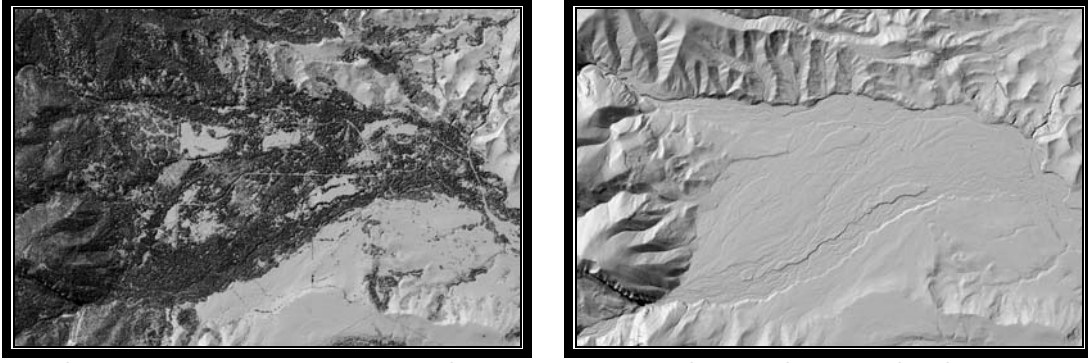


Şekil 2. Akarsu yatağı heyelan bölümlerinden hava Lidar verisi ile elde edilmiş perspektif bir görünüm [20]
(Figure 2. Lidar perspective view of landslide divisions on the stream bed) [20]

Lidar verileri, kıyı alanlarındaki kumul hareketlerin hacimsel değişimini ve davranış şeklini yıllık olarak belirlemede en iyi kabiliyete sahiptir [22]. 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 [23].

Yoğun vejetasyon örtüsü altında, tanımlama güçlüğü bulunan yüzeyin belirlenmesinde Lidar görüntü algoritmaları ile gerçekçi görüntüye sahip hayati önemli parametreler elde edilir [24]. Topoğrafik basamaklar, erozyonla oluşmuş veya deprem esnasında kopmuş kütleler, fay hatlarının oluşturduğu çizgisel oluşumlar, Gölgelemiş, ulaşılamaz sahalar (geniş bataklıklar, kraterler) tanımlanabilmektedir (Şekil 3). Bunun yanında 3 boyutlu SAR görüntüleri, görüş açısına bağımlıdır ve dağlık bölgelerde bindirme, kısalma ve gölgeleme sorunları ortaya çıkmaktadır [25]. 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 [24].



Şekil 3. 1 m çözünürlüklü Lidar görüntüleri üzerinde; bitki örtüsü, yollar, binalar vb detay tanımlanabilir. Üst örtünün uzaklaştırıldığı yüzeylerde; akarsu kanalları, taşkın alanları kısaca relief kolaylıkla belirlenir

(Figure 3. It is defined plant cover, roads, buildings etc. on 1m resolution airborne Lidar data. It is easily described relief of ground surface which was removed plant cover)

Fiziki Coğrafyanın diğer bir alt dalı olan ve Canlılar ile onlara yaşam ortamı oluşturan mekân arasındaki ilişkiyi inceleyen Biyocoğrafya'nın 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 kaldıracabilecek üstün yanları ile uygulama potansiyeli yüksektir.

Laser yükseklik ölçmelerinin ilk versiyonları, laser yansımının 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 yansımaya bağlı dalların, yaprak ve yer yüzeyin yükseklikleri ölçülebilir. Bu kabiliyet çok önemlidir. Karmaşık algoritmalar yardımıyla çok sayıda vejetasyon altı tanımlar yapılır [24]. 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 [27]. Vejetasyonun yapısal özelliğini belirlemek, yaban hayatı yaşam alanları için de önemlidir. Ormanın yapısal özelliklerinin belirlenmesi, uzaktan algılama metotları ve alan örnekleme yöntemleri ile düşey doğrultudaki detaylı ölçümlerle ortaya konabilir [10].

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 [8]. Fiziki Coğrafyanın geleneksel teknikleri ile Lidar verilerini bütünleştirerek orman amenajman planları ve meşcere tipleri haritalarının oluşturulmasının yanında, orman yönetimi için fonksiyonel haritaların hazırlanmasında da 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 [7]. Lidar ile saptanan vejetasyon yükseklikleri, ortalamanın üzerinde bir doğrulukla belirlenebilmektedir [12]. 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 [7].

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 ayırım 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 toplulukları 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. Kısaca Lidar sistemleri ile Fiziki Coğrafya çalışmalarında kullanılmak üzere;

- Sayısal Arazi Modelleri (DEM),
- Eşyükselti Eğrileri,
- Kartografik Haritalar,
- Arazi Kullanım Haritaları,
- Su Kaynakları Planlama ve Dağılım Haritaları,
- Sahillerde kıyı kenar çizgisi analizi,
- Jeomorfolojik Haritalar,
- İklim Haritaları,
- Biyotop Haritaları vb verileri üretmek mümkündür.



7. SONUÇ (CONCLUSION)

Son yıllarda Fiziki Coğrafya alanında yapılan çalışmaların büyük bölümünde sayısal yükseklik verileri kullanılarak üç boyutlu analizler ve haritalar üretilmektedir. Üç boyutlu analizlerde yüksek çözünürlük ve hassasiyete sahip hava Lidar verileri, Fiziki Coğrafyada 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 ile 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 topluluklarıyla 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 uygulama imkânı sağlayacaktır. Ormancılık çalışmalarında kapalılık, sıklık, boşluk-açıklık alan oranların saptanması da; bonitet tahmini, silvikültürel işlemler ve fonksiyonel sınıfların oluşturulmasında faydalanılan bilgiler olacaktır. Ayrıca, sulak alan ekosistemleri ve doğa koruma alanların belirlenmesinde daha doğru değerlendirmeler yapmayı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Uzaktan Algılamaya 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 teknolojisi yakın gelecekte çok çeşitli mekânsal kullanımlarda yer alacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Örmeci, C., (1987). Uzaktan Algılama Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri, İTÜ, İstanbul.
2. Lillesand, M. and Kiefer, R.W., (2001). Image Processing and Interpretation, John Wiley & Sons, New York.
3. Brovelli, M.A., Cannata, M., and Longoni, U.M., (2002). Managing and Processing LIDAR data within GRASS. Proceedings of the Open Source GIS-GRASS users conference 2002 Trento, Italy, 11-13 September.
4. Yıldırım, A. and Şeker, D.Z., (2006). Fotogrametrik Harita Üretiminde Kullanılan Görüntülerin Maliyet Analizi, İTÜ Dergisi D Mühendislik, Cilt:5, Sayı:1, Kısım:1, pp:83-90, İstanbul.
5. Davenport, I.J., Holden, N., and Gurney, R.J., (2004). Characterising Errors in Airborne Laser Altimetry Data to Extract Soil Roughness. IEEE Transactions on GeoScience and Remote Sensing 42 (10), pp:2130-2141.
6. Ekercin, S., Üstün, B., 2004. Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji; Lidar, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, ss:91.
7. 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, pp:68-89.
8. Andersen, H.E., McGaughey, R.J., and Reutebuch, S.E., (2005). Estimating Forest Canopy Fuel Parameters Using LIDAR Data, Remote Sensing of Environment 94, pp:441-449.
9. Blackburn, G.A., (2002). Remote sensing of forest pigments using airborne imaging spectrometer and LIDAR imagery, Remote Sensing of Environment 82, pp:311-321.
10. Hyde, P., Dubayah, R., Walker, W., Blair, J.B., Hofton, M., and 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, pp:63-73.
11. Nelson, R., Keller, C., and Ratnaswamy, M., (2005). Locating and estimating the extent of Delmarva fox squirrel habitat using an airborne LIDAR profiler, Remote Sensing of Environment 96, pp:292-301.
12. Streutker, D.R. and Glenn, N.F., (2006). LiDAR Measurement of Sagebrush Steppe Vegetation Heights, Remote Sensing of Environment, Volume: 102, Issues 1-2, 30 May 2006, pp:135-145.
13. Thoma, D.P., Gupta, S.C., Bauer, M.E., and Kirchoff, C.E., (2005). Airborne laser scanning for riverbank erosions assessment, Remote sensing of Environment, pp:493-501.
14. Suarez, J.C., Ontiveros, C., Smith, S., and Snape, S., (2005). Use of Airborne LIDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in foresty, Computers & Geosciences 31, pp:253-262.
15. Zhou, G., Song, C., Simmers, J., and Cheng, P., (2004). Urban 3D gis From LIDAR and digital aerial images, Computers & Geosciences 30, pp:345-353.
16. Atalay, İ., (1992). Genel Fiziki Coğrafya, Ege Üniv. Yayınevi, ss:3-4, İzmir.
17. 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, pp:67-83.
18. Lohani, B. and Mason, D.C., (2001). Application of Airborne Scanning Laser Altimetry to The Study of Tidal Channel



- Geomorphology, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 56, pp:100-120.
19. Vrieling, A., (2006). Satellite Remote Sensing for Water Erosion Assessment: a Review, Elsevier, Catena 65, pp:2-18.
 20. Glenn, N.F., Streutker, D.R., Chadwick, D.J., Thackray, G. D., and Dorsch, S.J., (2006). Analysis of LiDAR-Derived Topographic Information for Characterizing and Differentiating Landslide Morphology and Activity, Geomorphology 73, pp:131-148.
 21. Schulz, W.H., (2007). Landslide Susceptibility Revealed by LIDAR Imagery and Historical Records, Seattle, Washington, Engineering Geology 89, pp:67-87.
 22. Woolard, J.W. and Colby, J.D., (2002). Spatial Characterization, Resolution, and Volumetric Change of Coastal Dunes Using Airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina, Geomorphology 48, pp:269-287.
 23. Smith, M.J., Rose, J., and 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, pp:148-165
 24. Harding, D.J. and 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.
 25. Jacobsen, K., (2003). DEM Generation from satellite data, Earsel Ghent. Remote Sensing in Transition, Millpress, ISBN 90-77017-71-2, pp:273-276.
 26. Harding D.J., 2000. Principles of Airborne Laser Altimeter Terrain Mapping, NASA's Goddard Space Flight Center, Mail Code 921, Greenbelt, MD 20771 (URL).
 27. 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.
 28. 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.
 29. URL 2, A White Paper on Lidar Mapping, Mosaic Mapping Systems, May.2001, <ftp://ftpfc.sc.egov.usda.gov/NCGC/products/elevation/lidar-applications-whitepaper.pdf>, 15 Ağustos 2007.
 30. 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.