

HAVA LIDAR VERİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI VE GRID BİÇİMİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

N. Demir ^a, U. Acar ^b

^a ETH Zurich, Institute of Geodesy and Photogrammetry, 8093 Zürih, İsviçre - demirn@geod.baug.ethz.ch

^b YTU Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye - uacar@yildiz.edu.tr

KEY WORDS: LIDAR, nokta bulutu, sayısal yükseklik modeli, sınıflandırma ,grid, enterpolasyon

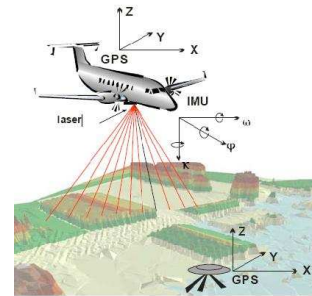
ÖZET:

Son yıllarda hava laser tarama teknolojisi 3B veri elde etmede geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Tarama sistemi otomatik olarak 3B nokta koordinatları elde etmektedir. Bu 3B noktalar arazi koordinatlarını içermesinin yanında arazi üzerindeki nesnelere de koordinatlarını da içermektedir. Modern havadan laser tarama sistemleri, nesne ya da yüzeyden geri yansıma hakkında bilgi sağlamaya beraber ilk ve son geri yansıma ölçümlerini de gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmada temel amaç LIDAR verilerinin farklı yansıma verileriyle analizi ile sınıflandırılması ve araziye ait ham nokta bulutu verisinden enterpolasyon ile grid formunda otomatik sayısal arazi modeli oluşturulmasıdır. Bu amaçla SCOP++ ve TerraScan yazılımları, ham nokta bulutu verisinin sınıflandırılmasında kullanılmışlardır. Veri kümesi olarak ISPRS test verisinden yararlanılmıştır. SCOP++ yazılımı robust enterpolasyon yöntemi ile arazi, bina ve bitki örtüsüne ait verileri sınıflandırmaktadır. Bu algoritmaya göre yeryüzeyine ait olan noktalar, bütün veri kümesi için hesaplanan ortalama yüzeyin altındadır, negative filtre değerlerine ve pozitif artık hatalara sahiptir. Bitki örtüsü ise bütün veri kümesi için hesaplanan ortalama yüzeyin üstündedir, pozitif filtre değerlerine ve negatif artık hatalara sahiptir. TerraScan yazılımı da en küçük boyutlu binayı parametre olarak alarak, arazi ve üzerindeki nesnelere sınıflandırılmasını gerçekleştirmekte ve binaların sınıflandırılması, arazinin eğim değeri ve en büyük boyutlu binanın parametre değeri olarak belirtilmesiyle mümkün olmaktadır. Veri kümesi Terrascan yazılımı makro uygulamaları ile sınıflandırılmış ve arazi, bina ve bitki örtüsüne ait veriler elde edilmiştir. Aynı işlem SCOP++ yazılımda da gerçekleştirilmiş ve iki farklı yazılımla elde edilen sınıflandırma karşılaştırılmıştır. Hava LIDAR verileri farklı yansıma değerlerini içermekte olduğundan bu değerler arasındaki analizler yardımıyla veri kümesinin sınıflandırılması da mümkün olabilmektedir. İlk yansıma değerleri, bitki örtüsü ve yüzey nesnelere bilgisini içermektedir. Aynı konum için son yansıma değeri ise bitki örtüsünü içermeyeceğinden bu iki yansıma değeri arasındaki yükseklik farkı esas alınarak bitki örtüsü ve ağaçların tespit edilmesi sağlanmıştır. Farklı yansıma değerleri arasındaki yükseklik farkları, arazi üzerindeki nesnelere hakkında bilgi verebilmektedir. Son yansıma değerlerinin ele alınmasıyla her noktanın komşu noktaları arasında kümeleme işlemi ve her nokta arasında yükseklik analiziyle arazi ve arazi üzerindeki noktalar sınıflandırılmıştır. Ham laser verisinin grid haline getirilmesi dağınık yapıdaki noktaların düzenli bir yapıya, özellikle raster biçiminde olduğu gibi dörtgen grid biçimine dönüştürülmesi işlemidir. Bu durumda laser verileri, sayısal yükseklik modeli oluştururken olduğu gibi z-yükseklik değerlerine göre gridlenir fakat aynı zamanda yoğunluk değerlerine göre de grid oluşturulması mümkündür. Grid çözünürlüğü, iki grid arasındaki mesafe olarak tanımlanmakta ve yüksek çözünürlüklü laser verisi için 1 m olarak esas alınmaktadır. Dağınık biçimden grid biçimine dönüşüm için enterpolasyon işlemi gerekmektedir. Pekçok enterpolasyon yöntemi mevcuttur ve her metodun avantaj ve dezavantajları vardır. Bu işlem, ISPRS test verisi için MATLAB'da gerçekleştirilmiştir ve MATLAB ile lineer, ters-mesafe, en yakın komşuluk ve kübik eğri enterpolasyon yöntemleri gerçekleştirilebilmektedir.

1. GİRİŞ

Uçaktan laser tarama tekniği yer yüzeyi ile ilgili veri kümelerini tam otomatik olarak edebilmektedirler. Tam otomatik veri toplama yer yüzeyinden geri yansıyan ışınlar GPS ve INS enregrasyonu yardımıyla üç boyutlu konumlar hızlı olarak elde edilebilmektedirler. LIDAR sistemlerinin en önemli özelliği çoklu yansıma özelliğidir. İlk ve son yansıma değerleri elde edilmektedir. İlk yansıma genellikle ağaç yapraklarından ve dallarından geçemeyen yansımalarıdır. Diğer taraftan son yansıma değerleri ise ağaç yapraklarını da geçerek arazi yüzeyinden yansıyabilmektedir. Hava LIDAR uygulamalarının gelişiminde ilk amacı ormanlık alanlarda yeryüzeyinin belirlenmesi olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde ise pek çok alanda kullanım alanı bulmuştur. Topografik yapının belirlenmesi halen en önemli uygulama alanlarının başında gelmektedir. Yüksek yoğunluklu yükseklik verisi elde edilmesi LIDAR sistemlerinin başlıca etkili özelliği olarak

anılmaktadır. Eldeki verilerin güncellenmesinde artan talep daha kısa sürede daha hassas verilerin toplanması ihtizacına yöneltmiştir. Sayısal arazi modellerinin elde edilmesinde sayısal fotogrametri ile bütünleşik kullanım da başlıca araştırma konularının başında gelmektedir. (Kersting ve Kersting, 2006)



Şekil 1. LIDAR Sistemi bileşenleri (Kersting ve Kersting, 2006)

Sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında, üç boyutlu kent modellerinin üretilmesinde, bitki örtüsü analizlerinde öncelikle LIDAR verilerinin nesnelere göre sınıflandırılması başlıca gerçekleştirilmesi gereken bir işlemdir. Bu işlem verilerin filtrelenmesi olarak ifade edilebilir. Bu çalışmada LIDAR verilerinin filtrelenmesi için mevcut algoritmalar ele alınmıştır ayrıca farklı iki algoritma kullanan yazılım ile ISPRS Komisyon verileri ile analiz yapılmıştır. Ayrıca bitki örtüsü analizi için ilk ve son yansıma değerlerini kullanılarak uygulama geliştirilerek, yer yüzeyine ait noktaların MATLAB ile enterpolasyon işlemiyle grid biçimine getirilmesiyle sayısal arazi modeli(sam-dtm) oluşturulmuştur.

2. LIDAR NOKTALARININ SINIFLANDIRILMASI İÇİN FİLTRELEME TEKNİKLERİ

(Sithole ve Vosselman, 2003) çeşitli filtreleme tekniklerini nokta komşuluğu, devamsızlık, kesikliliğin ölçümü bakımından incelemiştir;

Hava LIDAR verisi düzensiz nokta bulutlarıdır. Bazı filtreleme algoritmaları doğrudan ham veri üzerinden işlem yaparken bazı algoritmalar ise ham veriyi grid biçimine dönüştürmeyi gerektirmektedir. Ham LIDAR verisinin grid biçimine dönüştürülmesi çalışmanın sonunda ayrıca ele alınacaktır.

Filtre algoritmaları daima yerel komşuluk analizleri ile çalışmaktadırlar. Sınıflandırma işleminde iki veya daha fazla nokta aynı anda sınıflandırılmaktadır.

Noktadan Noktaya fonksiyonlarda noktalar aynı anda karşılaştırılırlar. İki noktanın birbirlerine göre konumu esas alınmaktadır. Düzensizlik fonksiyonu belirlenen eşik değerinden büyükse ilgili nokta, nesneye ait olur denilmektedir. Burada aynı anda bir nokta sınıflandırılmaktadır. Noktadan Noktalara fonksiyonlarda komşu noktalardan yararlanılır burada da aynı anda tek nokta sınıflandırılmaktadır. Noktalardan noktalara fonksiyonlarında ise birden fazla noktadan yararlanılır, bir veya daha fazla nokta sınıflandırılabilir.

Pek çok algoritma kesikliliğin ölçülmesi üzerine tasarlanmıştır. Bu ölçümler eğim, meydana getirilen üçgenlerin yüzeyine olan en kısa mesafe veya parametric yüzeylere olan en kısa mesafe olarak ele alınmaktadırlar.

Her filtreleme algoritması bir yerel komşuluk içerisinde varsayımlarda bulunmaktadırlar. Eğimsel analiz uygulayan filtreler iki nokta arasındaki yükseklik farkı ve mesafeyi belirlemektedirler. Eğer eğim belirlenen eşik değerinden büyükse en yüksek noktanın nesneye ait olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Blok minimum algoritmalarında kesiksizlik fonksiyonu varsızılan bir tampon bölgenin yukarısında kalan bir yatay düzlem olarak ifade edilmektedir. Bu düzlem tampon bölgeyi ifade eder ve yüzeyine ait noktaların olduğu düşünülen üç boyutlu uzayı ifade etmektedir. Yüzey tabanlı algoritmalarda ise yatay düzlem yerine, noktalar tarafında oluşturulan yüzey ile tampon bölge belirlenmektedir.

Bir sonraki adım ise kümeleme, segmentasyon işlemidir. Bu işlemle nesne kümeleri belirlenmektedir. Kümeleme işlemi için de çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Bazı algoritmalarda noktalar tek adımda sınıflandırılır ve diğerleri içinse iteratif olarak işleme devam edilirkenö bazı algoritmalarda birden çok

adımda sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Tek adımda gerçekleştirilen algoritmanın avantajı hesap zamanındaki hızdır. Hesap zamanı sonucu itere ederken hassasiyeti de etkilemektedir, her iterasyonda komşu noktalar arasında daha fazla bilgi elde edildiği için daha güvenilir sınıflandırma sonuçları elde edilebilmektedir.(Arefi et.al.,

Ayırma işleminde filtre işleminden geçirilen noktaö nokta bulutundan çıkarılır. Ayırma işlemi tipik olarak düzensiz nokta bulutları üzerinde işlem yapan algoritmalarda yer bulmuştur. Yerleştirme işleminde ise filtrelenen nokta, nokta bulutuna enterpole edilmiş yükseklik değeri ile geri döndürülmektedir. Yerleştirme işlemi ise genel olarak grid biçimine dönüştürülmüş nokta bulutlarında yer bulmuştur. Bayi tarayıcılar ise geri dönen sinyalleri çoklu olarak kaydetmektedirler. Bu özellik, bitki örtüsünün tespit edilebilmesi için bir avantaj sağlamaktadır.

Çeşitli araştırmacılar, çeşitli filtreleme algoritmaları geliştirmişlerdir. Bu çalışmada ele alınan TerraScan ve SCOP++ yazılımlarının kullandığı Axellson ve Pfeifer algoritmalarına göz atarsak;

2.1 TerraScan Yazılımının Kullandığı Algoritma

Terrascan yazılımından kullanılan Axelsson un yöntemine göre komşuluk analizlerinden TIN yapısı oluşturulmaktadır. Her iterasyon noktası belirlenen eşik noktasından az olması durumunda TIN yapısına eklenir. Eşik parametreleri noktaların, TIN yüzeylerini oluşturan yüzeylere olan açı ve yüzeyleri oluşturan noktalara olan mesafe değeridir. Her iterasyonda TIN ve eşik değerine bağlı olarak noktalar sınıflandırılır. Her iterasyonda histogramlardan yararlanılarak median değerlerine bağlı olarak yeni eşik değerleri hesaplanmaktadır. Histogramlar TIN yüzeylerini oluşturan açı noktalarından ve bu yüzeylere olan mesafe değerlerinden oluşturulmaktadır. İterasyon işlemi eşik değerinin altında daha fazla nokta kalmadığı durumda son bulmaktadır.

Bu algoritmanın temel özelliği yüzeyler üzerinde devamsızlık özelliklerine bağlı olarak işlem yapma kabiliyetidir, bu da kentsel alanlarla ilgili verilerde yararlı olmaktadır. Axelsson filtreleme aşamalarını öncelikle alçak seviyede bulunan hatalı noktaların bulunması ve yer yüzeyi noktalarının sınıflandırılması olarak ifade etmiştir (Axellson, 2000).

2.2 SCOP++ Yazılımının Kullandığı Algoritma

SCOP++ Yazılımının kullandığı Pfeifer ve Briese'nin geliştirmiş olduğu algoritmada ise yer yüzeyine ait olan noktalar da diğer noktalar gibi sınıflandırma işlemine tabi tutularak belirlenmektedir. Burada robust enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Özet olarak yüzeyinin robust kestirimi noktaların ilk olarak hiyerarşik bir düzeyde hesaplanması olarak ifade edilmektedir. Buna göre yaklaşık yüzeye olan noktaların düşey mesafesi daha sonra tüm noktalara atanacak olan noktaların ağırlık fonksiyonunda kullanılacaktır. Yüzeyden yukarıda olan noktalar küçük ağırlık değeri göstermekte olup aşağısında kalan noktalar ise büyük bir ağırlık değeri ifade etmektedir. Yüzey daha sonra doğrusal enterpolasyon fonksiyonu ve ağırlık değeriyle ile tekrar hesaplanır . Bu yöntemle tekrar hesaplanan yüzey aşağıda kalan noktalarla ilişkilendirilmiştir. İşleme yeteri kadar iterasyonla devam edilir, hesaplanan yüzey iterasyonlar arasında değişmektedir.

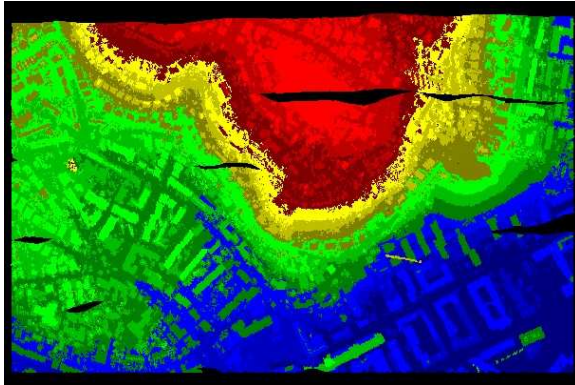
işleme devam edilmektedir. İterasyonların sonlandırılmasıyla , noktaların da sınıflandırma işlemi sona ermiş olur. Eğer nokta, önceden belirlenmiş eşik değerinin içinde yüzeye göre aşağıda veya yukarıda bulunmasına göre yer yüzeyi noktası olarak sınıflandırılır. Eğer nokta eşik değeri dışındaysa yer yüzeyine ait olmayan nokta olarak sınıflandırılır. Pfuifer ve briesenin geliştirdiği bu yöntem robust enterpolasyondan hiyerearşik robust enterpolasyona genişletilmiştir. Bu yöntemde kaba sonuçtan iyi sonuca doğru işlem veri piramidleri ile gerçekleştirilir. Robust enterpolasyon noktalarının en kaba ya da en yüksek seviyesinden uygulanır. Bir seviyeden bir diğer iyi ya da daha kaba seviyeye geçerken kaba seviyedeki yüzey daha iyi seviyedeki noktalarla karşılaştırılır. Önceden belirlenmiş eşik değerinin içinde kalanlar seçilir ve bir sonraki daha iyi seviyede uygulanacak olan robust enterpolasyon için bir giriş değeri olarak ifade edilirler (Tovari ve Pfeifer, 2005).

3. LIDAR VERİSİNİN SINIFLANDIRILMASI

Bu çalışmada ISPRS 3.Komisyon tarafından herkesin kullanımına açık olan test verilerinin birincisinden yararlanılmıştır(<http://www.itc.nl/isprswgIII3/filtertest/DownloadSites.htm>).

Bu alanda ;

- Dik eğimli bölgeler
- Tepelerde karışık bitki örtüsü
- Tepelerde binalar
- Verinin kayıp olduğu alanlar vardır.



Şekil 2. Test verisinin yükseklik değerlerine göre renklendirilmiş hali

TerraScan yazılımı ile elde edilen sonuçlara bakacak olursak; bu yazılımda öncelikle yer yüzeyine ait olan noktalar sınıflandırılır ve filtreleme parametreleri olarak maksimum bina uzunluğu, yer eğim açısı , iterasyonlar arasındaki mesafeler giriş değeri olarak atanır. Bu çalışmada yer yüzeyi ile yapılan açı 88 derece, bina uzunluğu nokta bulutu üzerinden yapılan elle ölçüm sonucu belirlenmiş 100 m ve nokta çözünürlüğüne de bağlı olarak iterasyon mesafesi 1.5 m olarak belirlenmiştir.



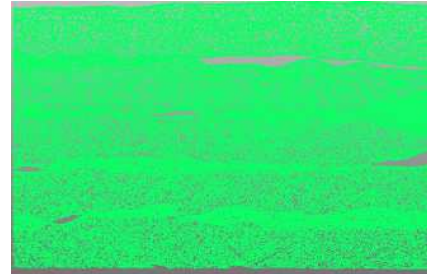
Şekil 3. TerraScan ile elde edilen arazi noktaları

Yer yuzu noktalarının belirlenmesinden sonraki adım ise nokta bulutundan binalar ile ilgili verinin elde edilmesidir.



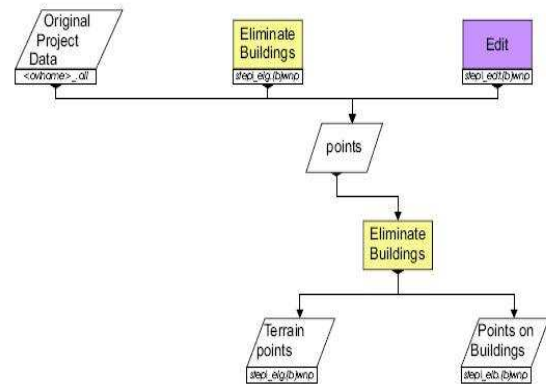
Şekil 4. TerraScan ile elde edilen bina noktaları

TerraScan yazılımı ilk yansımaya değerlerini doğrudan bitki örtüsü olarak sınıflandırmaktadır ve binaların elde edilmesinden sonra bitki örtüsüne ait olan nokta verisi de elde edilmiştir. Fakat yazılımın kendi yönergelerinde de belirttiği gibi bitki örtüsünün sınıflandırılması işlemi için manuel araçlar geliştirilmiştir.



Şekil 5. TerraScan ile elde edilen bitki örtüsü sınıfı

SCOP++ Yazılımı ile elde edilen sonuçlara bakacak olursak, bu yazılım robust enterpolasyon yöntemini kullanmaktadır ve hıza uygun bir işlem adımı uygulanmaktadır.

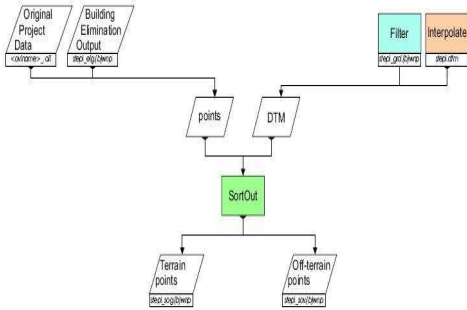


Şekil 6. SCOP++ Bina noktalarının belirlenmesi işlem adımları (SCOP++ Manual)

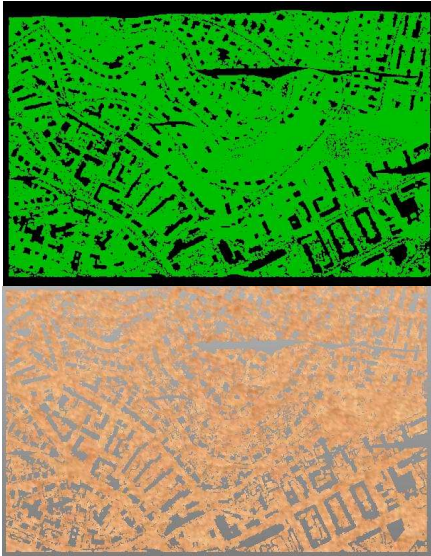


Şekil 7. SCOP++ ile elde edilen bina nesnelere ait nokta verisi

İşlem adımları şemasından da görüleceği üzere öncelikle binaların elemine edilmesi ile binalara ait noktalar ve yer yüzeyine ait noktalar elde edilmektedir. Daha sonraki adım ise bitki örtüsüne ait noktaların elde edilmesidir.



Şekil 8. SCOP++'da bitki örtüsü noktalarının belirlenmesi işlem akışı (SCOP++ Manual)

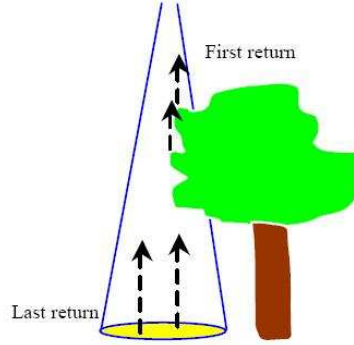


Şekil 9. SCOP yazılımı ile elde edilen bina, bitki örtüsü ve yer yüzeyine ait nokta verileri

4. BİTKİ ÖRTÜSÜNÜN İLK VE SON YANSIMA TABANLI ÇIKARILMASI

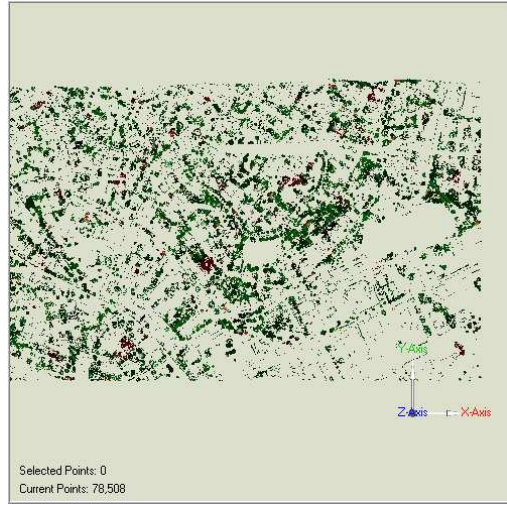
Daha önce de belirttiğimiz gibi laser ışınları ilk ve son yansımaya olarak kaydedilebilir ve bu da ağaç ve orta düzeyde bitki örtüsünün otomatik olarak elde edilmesini sağlayabilmektedir.

Veri dosyasında aynı satırdaki ilk ve son yansımaya değerlerindeki yükseklik değerlerinin analizi ve önceden belirlenen eşik değeri ile karşılaştırma suretiyle bu nesnelere ait noktalar elde edilebilmektedir.



Şekil 10. LIDAR çoklu yansımaya (Alharty ve Berthel, 2002)

Burada ilk ve son yansımaya değeri arasındaki farkın sıfır değerinden farklı olması durumunda ilk yansımaya değerinin bitki örtüsüne ait olduğu düşünülmüştür. Fakat bir veri satırında ilk yansımaya bir binanın duvarından geri yansırken, son yansımaya çatı kısmından geri dönebilmektedir. Bu durumda da elde edilen sonuçların başka bir filtre işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Burada ilk ve son yansımaya arasındaki analiz için eşik değeri 4 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 11. Çoklu yansımaya ile elde edilen bitki örtüsü

Burada binaların özellikle kenarlarında da çift yansımaya mümkün olabileceği için, elde edilen sonuçlarda binalarla ilgili veriler de görülebilmektedir. Bunların elemine edilmesi mevcut bina sınıfına ait nokta verilerinden binaların sınırları çıkarılıp, bu elde edilen bitki örtüsü verisinde bu değerlere sahip noktaların silinmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

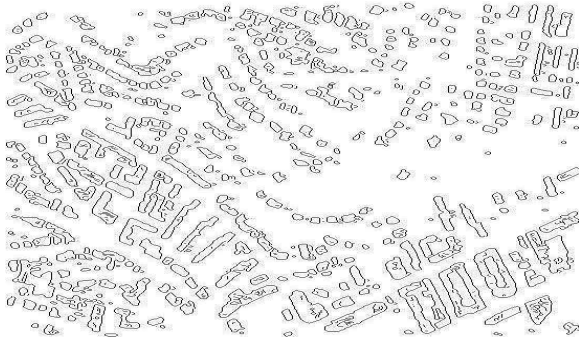
(Alharty ve Berthel, 2002) binalara ait verilerin filtrelenmesini, son yansımaya değerleri ile oluşturulan bir gradyen görüntüsü elde ederek ve binaların sınır değerlerinin bitkilere ait verilerden elenmesiyle sonuçlandırmışlardır.

Bu çalışmada da aynı yaklaşımdan yola çıkarak, son yansımaya değerlerine bağlı olarak bir gradyen görüntüsü oluşturmak yerine elde edilen bina sınıfının noktaları bir raster görüntü dosyası biçimine dönüştürülmüştür.



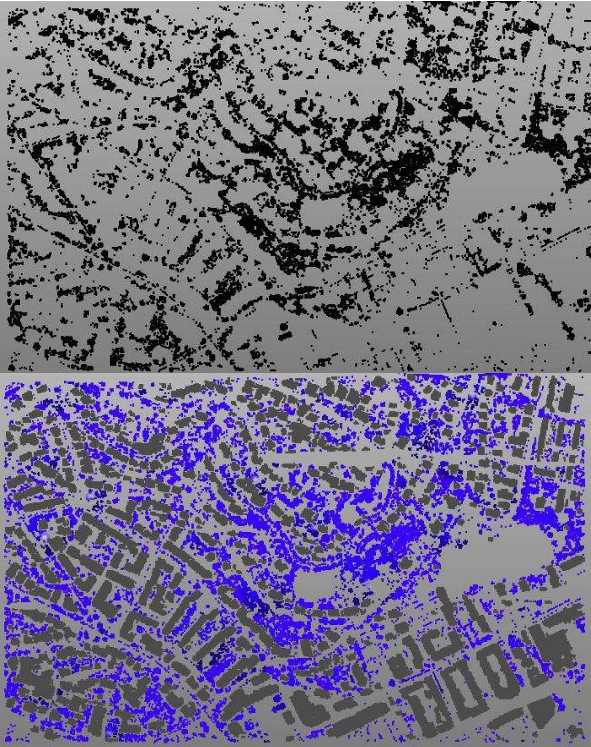
Şekil 12. Raster biçime dönüştürülmüş bina sınıfı

Daha sonra Canny (Canny, 1986) kenar yakalama algoritması ile binaların kenarları elde edilmiştir.



Şekil 13. Elde edilen bina sınırları

Elde edilen bu kenar konumları ile daha önce elde edilen bitki örtüsü nokta bulutundan binalarla ilgili verinin eliminasyonu sağlanmıştır.



Şekil 14-15. Binalara ait noktaların elemine edilmesi ve bina sınıfı ile bitki örtüsünün gösterimi

5. CIR ORTOFOTOLARININ SONUÇLARI İYİLEŞTİRMEDE KULLANILMASI

Bitki örtüsünün çıkarılmasında CIR görüntülerinin kullanılması (e.g. Lyon et al. 1998, Butenuth ve Heipke, 2003) çalışmalarında belirttiği gibi sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Burada temel prensip bitki örtüsünün, görünüm ışık bölgesinin kırmızı kanalında rasyasyonu absorbe ederken aynı zamanda yakın kızıl ötesi kanalda yüksek güçte bir yansıma gerçekleştirmesidir. NDVI değerleri -1 ve +1 arasında bir değişim gösterirler ve +1 değeri en yoğun bitki örtüsü değerini ifade etmektedir.

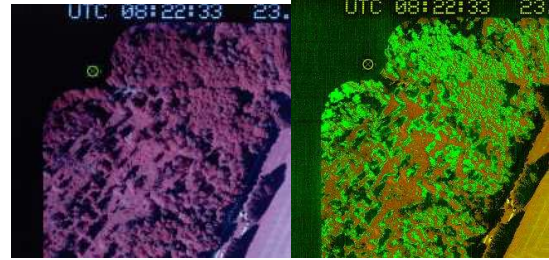
$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

NDVI: Bitki örtüsü endeksi

NIR: Yakın kızılötesi band değeri

RED: Kırmızı band

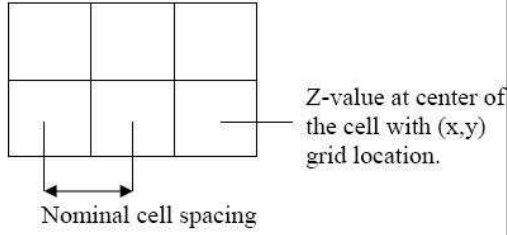
İlgili alanın CIR görüntüleri elde edildiği takdirde, bu görüntüler sonuçların iyileştirilmesinde kullanılabilir. Bunun MATLAB programlama ortamında geliştirilen bir uygulama yazılımı bu amaçla kullanılabilir. Burada ele alınan örnek görüntü Zürih havaalanına ait olup, geliştirilen uygulamanın testi amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 16. NDVI kullanarak bitki örtüsünün çok bantlı görüntülerden elde edilmesi

6. LASER VERİLERİNİN GRİD BİÇİMİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

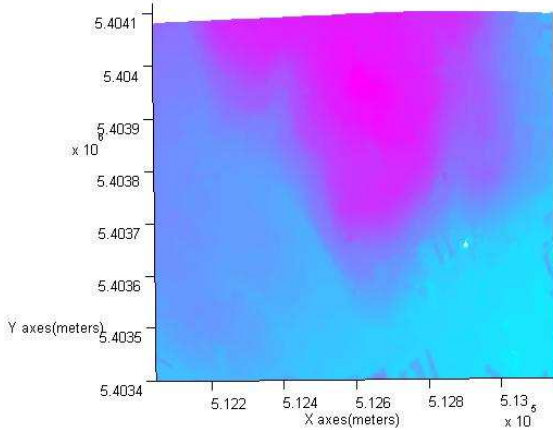
Grid biçimine dönüştürme düzensiz olarak dağılmış laser noktalarının aralarında belirli bir uzaklık değeri ile düzenli bir biçime getirilmesi olarak ifade edilebilir. Burada laser noktaları bir raster dizi gibi dikdörtgen grid biçiminde dağılmaktadırlar. Hava LIDAR verileri göz önüne aldığımız zaman, yükseklik değerleri (z) grid biçimine dönüştürmede temel alınabildiği gibi yoğunluk değeri de (intensity) grid biçimine dönüştürülerek sayısal arazi oluşturmada kullanılabilir. Her grid merkezi bir yükseklik değerini ifade eder. Her nokta arasındaki mesafe grid çözünürlüğünü ifade etmektedir ve hava LIDAR verileri için sıklıkla 1 m olarak belirlenmektedir. Burada noktalar arasında enterpolasyon işlemi uygulanmaktadır (Starek ve Slatton, 2002).



Şekil 17. Grid kavramı (Starek ve Slatton, 2005)

Sınıflandırma öncesi, grid biçimi kullanan algoritmalar için ya da ham verilerin sınıflandırılması sonrası yeryüzeyine ait noktalardan sayısal arazi modeli oluşturulması için ham verilerin grid biçimine dönüştürülmesine ihtiyaç duyulabilir. Genellikle sayısal yükseklik modeli analizleri yapan ticari yazılımlar (SCOP++, Terrascan,ArcGIS,vb) bu işlemi hızlı bir biçimde yapmaktadırlar. MATLAB programlama ortamında da bu işlem gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada SCOP ++ ile elde edilen yer noktaları MATLAB kodu ile enterpolasyon işlemiyle sayısal arazi modeli elde edilmiştir.



Şekil 18. Grid biçimine dönüştürülerek elde edilen sayısal arazi modeli

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, uçaktan elde edilen LIDAR verilerinin sınıflandırılması ve araziye ait olan ham verilerin grid biçimine dönüştürülerek sayısal arazi modeli elde edilmesi ele alınmıştır. Piyasada yoğun olarak kullanılan iki yazılımda da görüldüğü üzere, filtreleme ile sınıflandırma işlemi otomatik olarak gerçekleştirilirken, özellikle bitki örtüsünün saptanması işlemi , otomatik olmayan müdahaleleri gerektirmektedir. Bu çalışmada farklı yansıma değerleri kullanılarak ağaç nesnelerinin otomatik olarak elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun için elde edilen bina sınıfının sınırları ayrı bir filtre işlemi için girdi olarak kullanılmış ve bitki örtüsü sınıfındaki binalara ait verilerin elemine edilmesi gerçekleştirilmiştir. Çok bantlı görüntülerin sınıflandırılmasıyla bitki örtüsü alanlarının belirlenmesi uzun yıllardan beri gerçekleştirilen bir çalışma konusudur. LIDAR verilerinin çok bantlı görüntüler ile entegrasyonu ile nokta bulutunun sınıflandırma işleminin doğruluğu artırılabilir.

Ayrıca analizi gerçekleştirilen bölgeye ait bir harita, plan gibi ön bilginin bulunması, sınıflandırma işlemi için çeşitli algoritmalar geliştirilmesine olanak tanıyabilir ve elde edilen sonucun doğruluk kontrolü gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada ele alınan verilere ait bir ön bilgi elde olmadığından sonuçların doğruluk kontrolü gerçekleştirilememiş ve manual olarak binalara ait verilerin kesit görüntülerinden kontrolleri görsel olarak gerçekleştirilebilmiştir.

8. KAYNAKLAR

Alharthy, A., Bethel. J., 2002. Heuristic Filtering and 3D Feature Extraction from LIDAR Data].In:ISPRS Commission III,Symposium 2002,Graz,Austria:2002,September,9-13:A-29.

Arefi, H., Hahn, M., Lindenberger, J., 2003. LIDAR data classification with remote sensing tools. Joint ISPRS Commission IV Workshop "Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II", Stuttgart, September 8- 9.

Axelsson, P., 2000. DEM generation form Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33 B4/1 pp. 110-117.

Butenuth M., Heipke C., 2003. Modelling the Integration of Heterogeneous Vector Data and Aerial Imagery, Proceedings ISPRS Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II, Stuttgart, Sept. 8-9.

Canny, 1986. A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol .8., pp. 679--698

Kersting J., Kersting A., 2006. Lidar Data Points Filtering Using Arcgis 3d And Spatial Analyst.ESRI User Conference, www.esri.com

Lyon, J.G., Yuan, D., Lunetta, R.S., & Elvidge, C.D. (1998). A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 64(2), 143-150.

Nardinocchi, C. ,Forlani, G. and Zingaretti, P., 2003, Classification and filtering of laser data. In IAPRS, Vol.XXXIV, 3/W13, Dresden, Germany.

SCOP++ Software Manual, 2004, Inpho GmbH.

Sithole, Vosselman, G., 2003. ISPRS Filter Report Comparison of Filters, Commission III, Working Group 3

Starek M., Slatton, S., Tutorial: Basic Gridding of ALSM Point Data, Geosensing Engineering and Mapping (GEM),Civil and Coastal Engineering Department University of Florida

Tovari, D. and Pfeifer, N., 2005. Segmentation based robust interpolation - a new approach to laser data filtering. Laser scanning 2005, 79-84