

LİDAR VE HAVA FOTOĞRAFLARININ FÜZYONU İLE OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Melis Uzar, Naci Yastıklı

YTÜ, Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Müh.Bölümü, Esenler, İstanbul, auzar@yildiz.edu.tr, nyastikli@yildiz.edu.tr

ÖZET

Kentsel alanlarda insan yapımı objelerin özellikle binaların ve yolların otomatik çıkarımı güncel bir araştırma konusu haline gelmiştir. Otomatik bina çıkarımı, kent yönetiminde, karar verme, görüntüleme ve kontrol aşamalarına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmanın amacı LiDAR ve sayısal hava fotoğraflarının füzyonu ile nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak, otomatik bina çıkarımıdır. Bina sınıfının otomatik çıkarımı için farklı segmentasyonlar, bulanık mantığa dayalı sınıflandırma, NDVI ve Hough dönüşümü ile yardımcı veri setleri üretimini ve analizlerini içeren kural setleri geliştirilmiştir. Bu geliştirme ve uygulama aşamasında Definiense-CognitionDeveloper 8.64 programı, yardımcı veri setleri oluşturulmasında ise MATLAB 7.0 kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, otomatik oluşturulan bina sınıfı için doğruluk analizleri ve değerlendirilmeler yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: LiDAR, Füzyon, Hough, Bulanık-mantık, Sınıflandırma

ABSTRACT

FUSION OF LiDAR AND AERIAL PHOTOGRAPHS FOR AUTOMATIC BUILDING EXTRACTION

The automatic extraction of man-made objects in urban spaces especially buildings and roads have become a current research topic. Automatic building extraction can greatly help while deciding on, monitoring and controlling urban management. The aim of this study is automatic building extraction with the fusion of LiDAR data and digital aerial photographs by the object-based classification method. The rule sets which content different segmentations, fuzzy-logic classifications, production of additional data sets such as NDVI and Hough transform and analysis are developed for the automatic extraction of buildings. The rule sets were developed under Definiense-CognitionDeveloper 8.64 program and additional data sets are established by using MATLAB 7.0. As a result of this study, accuracy analysis and evaluation has been made for the automatic extraction of building class.

Keywords: LiDAR, Fusion, Hough, Fuzzy-logic, Classification

1.GİRİŞ

Kentlerin, sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi insan yaşamında önemli bir etkidir. Bu sebeple, yaşam kalitesinin artırılması ve daha iyi bir kent yönetimi için güncel veri ihtiyacı doğmaktadır. Kent yöneticileri, kent planlama ve gelişimine ilişkin kritik kararların verilmesinde, hızlı ve doğru bir şekilde elde edilen, insan yapımı objelere ait bilgilere ihtiyaç duymaktadır. Aynı platform üzerine yerleştirilen LiDAR (Light Detection And Ranging), sayısal kamera ve GPS (Global Positioning System)/IMU (Inertial Measurement Unit)'dan oluşan çoklu algılama sistemleri ile kentsel alanlardaki bina, yeşil alan gibi objelerin otomatik çıkarımı gerçekleştirilmektedir (Uzar ve Yastıklı, 2011). Özellikle otomatik bina çıkarımı, fotogrametri ve bilgisayar görüntüleme çalışma gruplarının önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bina çıkarımı kentsel değişim ve gelişimin görüntülenmesinde, sivil savunmada ve 3B kent modellerinin üretilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca kent planlamadaki çarpık yapılaşmanın ve ormanlık alanlardaki kaçak yapılaşmanın tespitinde etkili bir araç olup, afet ve kriz yönetiminde erozyon, sel ve deprem gibi doğal afetlerin durum tespiti vb. konularda geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. Bina çıkarımında en çok karşılaşılan sorunlardan biri ise bina ve diğer sınıfların birbirleriyle karışmasıdır. Yapılan çalışmalarda, hava fotoğrafları (Ameri, 2000), çok bantlı görüntüler (Haala ve Brenner, 1999), lazer nokta bulutu (Sithole, 2005; Elberink, 2010), uydu görüntüleri ve lazer verilerinin füzyonu (Rottensteiner vd., 2007; Peng vd., 2005) gibi farklı kombinasyonlardaki veriler kullanılarak bu sorunun çözümü araştırılmıştır. Kullanılan veriler dikkate alındığında, bina çıkarımı konusunda, (Rottensteiner ve Clode, 2008) Dempster Shafer metodu, Snake metodu (Kabolzade vd, 2010; Peng vd, 2005), Hough transformasyonu (Maas ve Vosselman, 1999), NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) yöntemi (Rottensteiner vd, 2007), Douglas-Peucker algoritması (Zhang vd., 2008) gibi alternatif yöntemler geliştirilmiştir. Bu araştırmanın hedefi LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU'dan oluşan bütünleşik sistemden elde edilen 3B nokta bulutu, intensiy görüntü ve yapay renkli görüntülerin füzyonu ile otomatik bina çıkarımıdır. Bu amaçla, nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi kullanılarak otomatik bina çıkarımı yaklaşımı üzerine kural setleri geliştirilmiştir. Bu kural setleri, segmentasyonlar, sınıflandırma ve analiz işlemlerini içermektedir. Bina çıkarımı aşamasında bina sınıfını temsil eden segmentler, şekil, doku ve morfolojik özellikleri dikkate alınarak gruplandırılmıştır. Bina sınıfını temsil eden en uygun segmentlerin bulunması için kontrast ayırma, satranç tahtası ve çoklu çözünürlüklü segmentasyonlar ile farklı parametreler ve ağırlıklar kullanılarak analizler yapılmıştır. Bina sınıfının diğer sınıflar ile karışmasını önlemek amacıyla sayısal görüntü işleme teknikleri ile Hough dönüşümü, Eğim ve NDVI yöntemleri kullanılarak yardımcı veri setleri üretilmiştir. Kural setlerinin geliştirilmesi aşamasında,

nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak, bina sınıfının otomatik olarak çıkarımı için, algoritmalar üretilmiş ve alan, istatistik sıklık derecesi, parlaklık değerleri gibi parametre analizleri yapılmıştır. Ayrıca sınıflandırma aşamasında ise bulanık mantık kullanılarak yeşil alan sınıfı oluşturulmuştur. Çalışma alanı dikkate alındığında, bina ve yeşil alan sınıfı dışında görüntüdeki objelerin ayırt edilmesi için zemin, bina sınırı ve diğer sınıf adı altında yardımcı sınıflarda oluşturulmuştur. Bu yaklaşım sonucunda oluşturulan binalar için doğruluk analizi ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2.LİDAR VE SAYISAL HAVA FOTOĞRAFLARININ FÜZYONU

LiDAR nokta bulutu ve intensity verileri ile sayısal fotoğrafların füzyonu sınıflandırma işlemi sonucunda meydana gelen sınıf karışıklıklarını minimize etmek ve objelerin doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bina çıkarımında sadece hava fotoğraflarının kullanılmasıyla gölge, boşluk ve zayıf kontrast değerleri gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Diğer bir taraftan aynı sorun sadece LiDAR verisi kullanıldığında aynı yükseklik değerine sahip olan bina ve ağaç gibi farklı sınıflardaki objelerin tek bir sınıf altında toplanarak, yanlış sınıfı temsil etmesiyle oluşmaktadır. Bu tür problemlerin ortadan kaldırılması, LiDAR verileri ile sayısal hava fotoğraflarının füzyonu ile gerçekleştirilebilir.

2.1 LiDAR

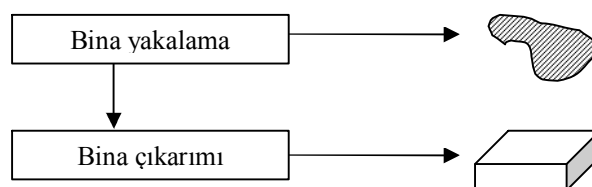
LiDAR, yüksek doğruluklu konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemidir. Bu teknoloji 1960'lı yılların sonunda gelişmeye başlamış ve ilk ticari LiDAR sistemi 1993'de topoğrafik haritalama amaçlı piyasaya sürülmüştür. LiDAR çalışma prensibi, lazer tarayıcı sistem tarafından gönderilen ve obje yüzeyinden yansıyan lazer sinyalinin alıcıya geri dönme süresinin ölçülme işlemidir (Petrie ve Toth, 2009). GPS/IMU sistemi kullanılarak lazer ışınının gönderildiği andaki konum ve dönüklük bilgileri ölçülerek objenin X,Y,Z koordinatları elde edilir. Modern LiDAR sistemlerinde lazer sinyali aynı zamanda intensity bilgisini de kaydederek "intensity görüntü" oluşturmaktadır. Intensity görüntü ise aynı yükseklik bilgilerine ait noktaların sınıflandırılması ve objelere ilişkin öznitelik bilgilerinin çıkarılması amacıyla kullanılır. Bu veri özellikle otomatik bina çıkarımı (Baltsavias, 1999; Schenk ve Csatho, 2002; Habib, 2008) konusunda yapılan çalışmalarda, kullanılan önemli bir görüntü haline gelmiştir.

2.2 Sayısal Hava Kameraları

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin ışığında sayısal hava kameraları, silikon detektör, bilgisayar işlem hızı, depolama kapasitesi gibi avantajları sayesinde bir çok uygulama alanında başarı ile kullanılmaktadır. Sayısal kameraları klasik analog fotoğraflardaki banyo ve tarama işlemlerini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca görüntünün tümünde aynı radyometrik çözünürlüğü sağlaması, elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgesinde aynı anda görüntü kaydını olanaklı hale getirmesi sonucunda renkli ve yapay renkli görüntüler elde edilebilmektedir. Sayısal kameralarda kullanılan görüntü kayıt sistemi Charge Couple Device (CCD)'ye dayanmaktadır. CCD'lerin çalışma prensibi ise, temel yapı elemanı olan silikon detektörlerin bir dizi şeklinde veya bir çerçeve içerisindeki alanı kaplayacak biçimde dizilerek, her kayıt elemanı, diğer bir deyişle silikon detektör, yeryüzündeki objelerden yansıyan ışık enerjisini elektrik sinyallerine dönüştürerek kaydetmesi ile gerçekleşmektedir.

3.BİNA ÇIKARIMI

70'li yılların sonunda bilgisayar görüntüleme tekniğinin gelişmesiyle görüntü analizi, görüntüden yarı otomatik veya otomatik obje çıkarımı, popüler hale gelmiştir. Objeye çıkarım işleminin temeli nokta, kenar ve bölgelerin anlamlı bir şekilde organize edilmesi, gruplanması ve uygun formda sunulması, temsil edilmesidir. Objeye çıkarımı, arazi kullanımı ve zamansal değişim incelemesi gibi genel amaçlı uygulamalar yada bina, yol, kıyı alanı ve ormanlık alan vb. özel amaçlı uygulamalar için gerçekleştirilir. Yapılan araştırmalar sonucunda kentsel alanlardaki binaların otomatik olarak çıkarımı, kentin sorunlarının çözümü, kentin gelişimine ilişkin kritik kararların verilmesi, 3B kent modellerinin oluşturulması, kaçak yapılaşmanın takibi ve önlenmesi gibi konularda oldukça önemli bir rol almaktadır. Otomatik bina çıkarımı ile elde edilen sonuç ürünler, CBS ve CAD sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Fotogrametri ve uzaktan algılama için oldukça popüler olan bina çıkarımı, 3B kent modellerini ve detaylı bina modelleme konularında ayrıca temelini oluşturmaktadır. Bir bina objesinin işlenmesi; bina yakalama, bina çıkarımı ve modelleme işlemlerinden oluşmaktadır (Ameri, 2000). Bina modelleme işlemi ise, bina çıkarımı işlemi tamamlandıktan sonra gerçekleştirilmektedir (Şekil.1). Bu sebeple bina çıkarımı işlemi, bina sınırlarının tespit edilerek, konturlerin anlamlı şekilde oluşturulması işlemi kapsamaktadır. Bina sınırlarının 2B veya 3B şeklinde çıkarılması aşamasından sonra genelleştirilen çatı şekillerinden en uygun şekilde temsil edilen geometrik şekil seçilerek bina modelleme işlemi tamamlanmaktadır (Sohn vd., 2008). Bu çalışmada 2B obje çıkarımı konusunda yoğunlaşmış ve çalışma alanının 3B modelinin oluşturulması bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.



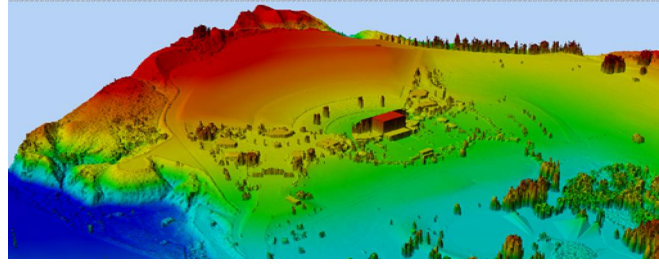


Şekil 1: Bina modelleme işlem adımları

4.ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Bu çalışma Güney Kaliforniya eyaletinde bulunan San Andreas ve San Jacinto fay hatlarının tespiti amaçlı, “Before” adlı proje için elde edilen işlenmemiş veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu veriler National Science Foundation (NSF) sponsorluğunda, Ohio State Üniversitesi (OSU) ve U.S. Geological Surveys (USGS) ortak çalışmasının sonucunda, Cessna 310 uçak ile oluşturulan Optech ALTM 3100 LiDAR, Applanix POS AV 510 georeferans sistemi (Novatel GPS ve LN200 IMU) ve Redlake MS 4100 sayısal kamera ile elde edilmiştir (Csanyi ve Toth, 2007).

4.1 Çalışma Alanı

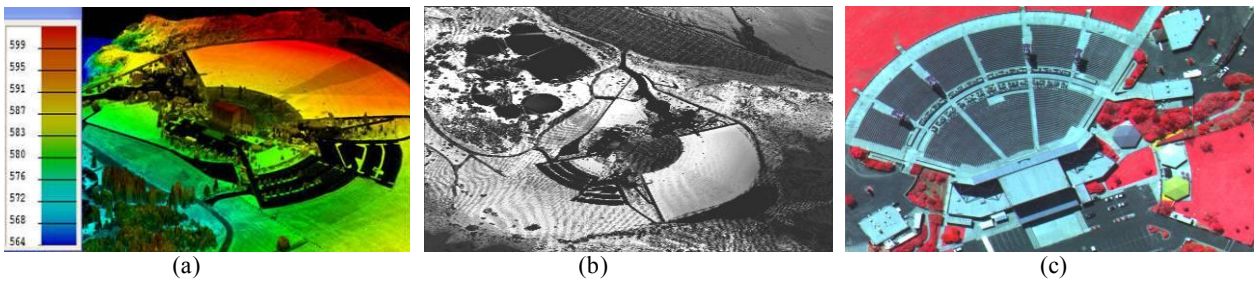


Şekil 2: Çalışma alanı

Çalışma alanında bina sınıfı çıkarımı amaçlanmıştır (Şekil.2). Bina sınıfının iyileştirilmesi aşamasında ise yeşil alan, zemin sınıfı, bina sınırı sınıfı gibi hedef sınıfların çıkarımı öngörülmüştür. Bu çalışma alanı dikkate alınarak belirlenen hedef sınıflar uygulamanın ileriki aşamalarında ihtiyaca göre geliştirilebilmektedir. Örneğin oluşturulan yeşil alan sınıfının alt sınıfında toprak alan ve ağaçlar sınıfı gibi farklı öznelik bilgileri içeren sınıflar oluşturulabilmektedir.

4.2 Kullanılan Veriler

LiDAR ile elde edilen 0,2m çözünürlüğe sahip, (X,Y,Z) değerlerini içeren işlenmemiş nokta bulutu verisi bina çıkarımı için kullanılmıştır (Şekil.3a). Ayrıca LiDAR ile elde edilen intensity veriler ve sayısal kameradan elde edilen yapay renkli görüntülerde kullanılmıştır (Şekil.3b ve 3c). Lazer tarayıcı sistemlerle elde edilen ham veri nokta bulutudur. Bu veri işleme aşamasında işlenerek düzenli grid aralığına sahip sayısal yüzey modeli elde edilmiştir. Sayısal yüzey modelinde, yer yüzeyine ait olmayan ağaç ve binalara ilişkin noktalar mevcuttur. Ayrıca, 0.2m yer örnekleme aralığına sahip yapay renkli ortogörüntüler üretilmiş ve yardımcı veri setleri oluşumunda kullanılmıştır.



Şekil 3: Kullanılan veriler: LiDAR nokta bulutu (a), Intensity görüntü (b), Yapay renkli görüntü (c)

4.3 Yardımcı Veri Setleri

Yardımcı veri seti olarak, sayısal yüzey modeli ile eğim görüntüsü, yapay renkli görüntüler ile orto görüntüler üretilmiştir. Ayrıca bu verilere ek olarak, Hough dönüşümü, NDVI ve eğim analiz yöntemi sonucunda elde edilen görüntülerde yardımcı veri setleri olarak üretilmiştir (Tablo.1). Bu yardımcı veri setleri MATLAB 7.0 programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Tablo 1: Yardımcı veri setleri

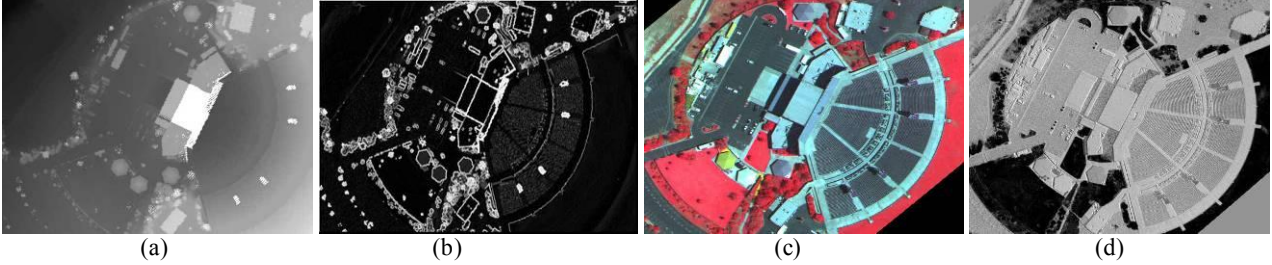
Veri	Yöntem	Yardımcı Veri
Sayısal Yüzey Modeli	Eğim analiz yöntemi	Eğim görüntüsü
Orto görüntü	NDVI yöntemi	NDVI görüntüsü
Orto görüntü	Hough dönüşümü	Hough görüntüsü

4.3.1 Eğim görüntüsü

Görüntüdeki objelerin eğim farklarından yararlanarak sınırlarını belirlemek için, sayısal yüzey modelindeki her piksel eğim değeri Zevenbergen ve Thorne (1987) metodu kullanılarak eğim görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil.4a ve 4b). Bu görüntü kullanılarak kontrast ayırma segmentasyonu uygulanarak, objelerin sınır değerleri yakalanmıştır.

4.3.2 NDVI görüntüsü

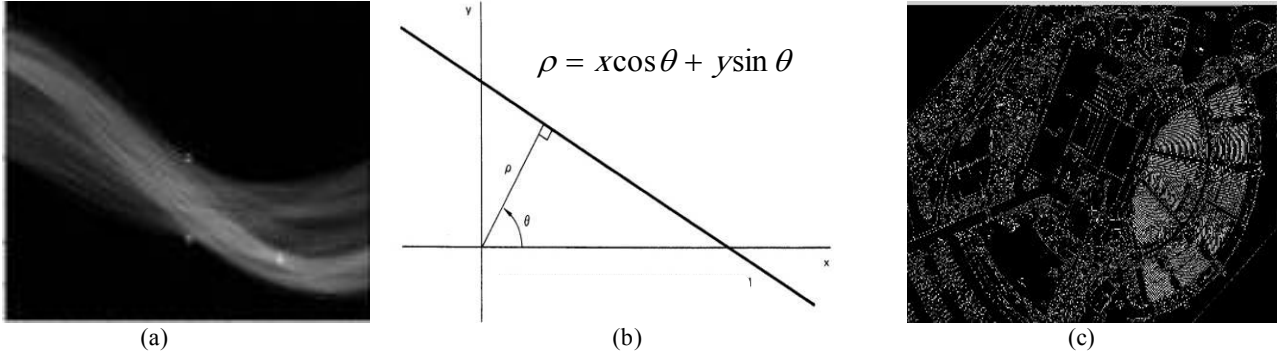
Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, yeşil alan ve bitki örtüsünün çıkarılması ile ilgili yakın kızılötesi bant ile kırmızı bant farkının ve toplamının oranı şeklinde ifade edilen algoritma kullanılmıştır. Bitkiler, kızılötesi bantta yüksek, görünür kırmızı bantta düşük yansımaya değeri verir. Yeşil alan sınıfını oluşturulmasında kullanılan yapay renkli görüntü kullanılarak NDVI yöntemi ile NDVI görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil.4c ve Şekil.4d). Yeşil alanı temsil eden aralık parametreleri, minimum ve maksimum değer analiz edilip, kontrol edilmiş ve yeşil alan sınıfı için bulanık mantık yöntemiyle piksel gri değer aralıkları belirlenmiştir.



Şekil 4: Kullanılan yardımcı veriler: Sayısal yüzey modeli (a), Eğim görüntüsü (b), Orto-görüntü (c), NDVI görüntüsü (d)

4.3.3 Hough dönüşümü

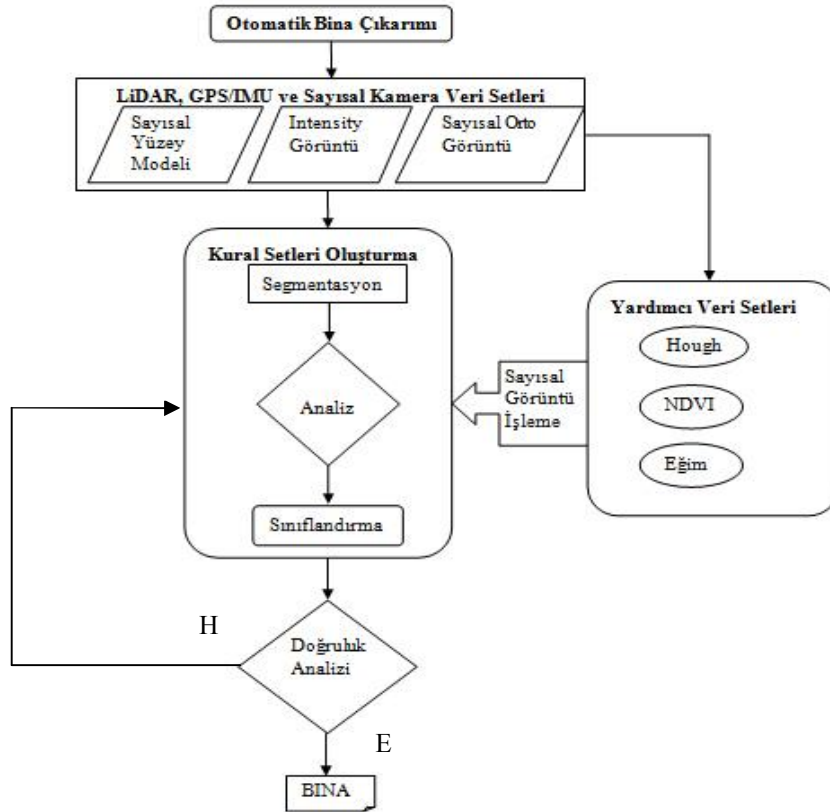
Hough (1962) dönüşümü, sayısal görüntülerdeki doğruların ve diğer objelerin tespit işlemi için sıkça kullanılan bir görüntü analiz algoritmasıdır. Hough dönüşümünün günümüze kadar taşıyan en önemli avantajı çizgisel süreksizliğidir. Bu dönüşüm, obje sınırlarındaki boşlukları tolere eder ve görüntü gürültüsünden etkilenmemektedir. Görüntülerdeki doğruların yakalanabilmesi için, görüntüdeki her bir noktaya ait x ve y piksel koordinatlarına karşılık, dönüşüm sonrası görüntüde tanımlanan bir doğru yer almaktadır (Şekil.5b). Bu ifadedeki θ açısı, oluşacak olan doğrunun normalle yaptığı açıdır. ρ uzunluğu ise bu doğrunun eksen orta noktası ile arasındaki en kısa mesafe olan doğru ile merkez arasındaki cebirsel uzaklıktır. Bu parametreler yardımıyla doğru yakalama işlemi sırasında, oluşacak yeni görüntüde (akümülatör), orijinal görüntüdeki her bir noktaya karşılık bir adet doğru meydana gelecektir (Arefi vd., 2008). Orijinal noktaya ait iki nokta dikkate alındığında 2 adet doğru elde edilecektir. Doğruların her birinin sonsuz uzunlukta olduğu ve farklı θ , ρ değerlerine sahip olacakları için bu iki doğru mutlak suretle çakışacaklardır. Bu iki doğrunun çakışma noktası ise, orijinal görüntüdeki olası bir doğruyu temsil etmektedir (Şekil.5b). Bu dönüşüm ile görüntüdeki objelerin konturleri yakalanmıştır. Bu çalışmada bina yakalama amaçlı geliştirilen kural setinde Hough dönüşümü kullanılmış ve Hough görüntüsü elde edilmiştir (Şekil.5c).



Şekil 5: Hough dönüşümü: Akümlator(a), Bir doğrunun normal parametreleri (b), Hough görüntüsü (c)

5. YÖNTEM

Bu çalışmada nesne tabanlı pikseller gruplandırılarak objeler üzerinde işlemler yapılmasına olanak veren nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile birbirine karışan bina ve diğer objelerin ayrılması için şekil, renk, doku gibi özellikler kullanılmış ve otomatik bina çıkarımı için kural setleri geliştirilmiştir. Bu kural setlerinin geliştirilmesinde, LiDAR verileri ve sayısal fotoğrafların füzyonu ve sayısal görüntü işleme teknikleri ile oluşturulan yardımcı veri setleri de kullanılmıştır (Şekil.6). Bu yaklaşımda, bina sınıfının doğruluk analizi sonuçlarına göre bina koşulu onaylanır yada iyileştirilmesi amaçlı yeni algoritmalar geliştirilmek üzere, kural seti döngüsüne geri dönülerek bina koşulunu sağlamaya çalışılır. Bina koşulu sağlandığında ise işlem sonlanmaktadır. Otomatik bina çıkarımına ilişkin yaklaşımın gerçekleştirilmesi, kural setlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında Definiens e-Cognition Developer 8.64 programı kullanılmıştır.



Şekil 6: Otomatik bina çıkarımı için geliştirilen yaklaşım

5.1 Kural Setleri ile Bina Çıkarımı

Kural setleri objelerin çıkarımında doğru sınıfların oluşturulması için yapılan tüm matematiksel analiz ve geliştirilen algoritmalar için tanımlanmıştır. Nesne tabanlı görüntü analiz yöntemi ile farklı segmentasyon ve bulanık mantığa

dayalı sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bina, yeşil alan gibi hedef sınıfların otomatik çıkarımı için kural setleri geliştirilme aşamasında matematiksel yöntemler ve belirlenen parametreler ile analizler yapılmıştır. Objelerin birbirlerinden farklı olan özelliklerini tespit etme ve algoritmalar geliştirme işlem adımlarında kontrast ayırma segmentasyonu, çoklu çözünürlüklü segmentasyon gibi farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada bina sınıfı için geliştirilen kural setlerinde kullanılan yöntemler ve parametreler (Tablo.1)'de gösterilmiştir. Ayrıca morfolojik filtreler ve istatistik sıklık derecesi gibi farklı yöntemler kullanılarak hedef sınıfların doğru şekilde temsil edilmesine yardımcı sınıflar geliştirilmiştir.

Tablo 1: Bina sınıfı kural seti

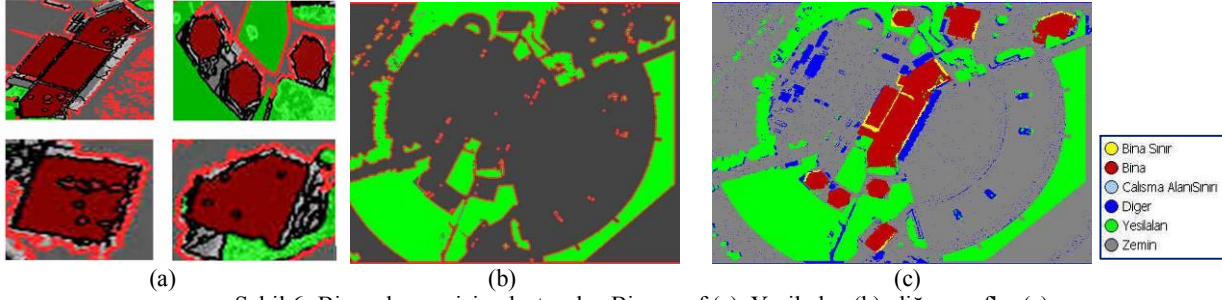
Yöntem	Kural Seti
Kontrast ayırma segmentasyonu	Minimum eşik değeri = 120, Maksimum eşik değeri= 200 Adım sayısı=25, Görüntü katmanı = Layer 1_Eğim Görüntüsü
Kontrast ayırma segmentasyonu	Görüntü katmanı = Layer 6_intensity Görüntüsü Kontrast tipi= edge ratio
İstatistiksel değer hesaplaması	Sıklık derecesi= [10](Mean SYM) Değer="sıklık derecesi_zemin", Katman="Mean SYM"
Bina sınıfı	Eşik değeri =MeanDiff_Mean SYM_Level_Zemin>= 1 Kullanılan sınıf =Bina
Alan parametresi	Eşik değeri =Alan <= 95 m2 Kullanılan sınıf =Diger
Çoklu çözünürlüklü segmentasyon	Bant ağırlıkları Layer 3_R=1, Layer 4_G=1, Layer 5_B=1, Layer 6=1 Ölçek parametresi= 25, Şekil= 0.4, Bütünlük= 0.5
Bina sınıfı	Eşik değeri = Mean intensity =From Feature Kullanılan sınıf =Bina
Bina sınıfı	Görüntü katmanı = Layer 7_Hough Görüntüsü

5.1.1 Segmentasyon

Bu çalışmada segmentasyon yöntemi kullanılarak anlamlı bölgeler oluşturulmuştur. Bu oluşturulan segmentlerin birbirleri ile ilişkisi yoktur ve sınıflandırma işlemini kapsamamaktadır. Örnek piksel değeri seçilerek tüm yönlerde benzer özelliklere sahip pikselleri bölgenin içine alınarak, farklı değerdeki piksel değerine ulaşınca bölge kapatılmaktadır. Bu aşamada objeler spektral ve konum özellikleri dikkate alınarak piksel gri değerlerine göre gruplara ayrılmıştır. Objelerin temsil ettiği piksel gri değerleri morfoloji, doku, şekil gibi bir çok farklı özellikleri temsil etmektedir. Bu çalışmada, bu özellikler kullanılarak hesaplanan değerler ile görüntü, çoklu objeleri ifade eden segmentler şekline dönüştürülmüştür. Bu segmentlerin objeleri doğru olarak temsil etmesi için çoklu çözünürlüklü, kontrast ayırma ve satranç tahtası gibi farklı segmentasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bu segmentasyonlar bir veya birden çok verinin farklı ağırlık değerleri verilerek, analizler sonucu elde edilen uygun parametreler ile oluşturulmuştur. Eğim görüntüsüne uygulanan kontrast ayırma segmentasyonu ile obje sınırları yakalanmıştır. Yapay renkli görüntüsüne uygulanan çoklu çözünürlüklü segmentasyon ile bina sınıfı iyileştirilmesi için çalışılmıştır. Ayrıca Hough ve intensity görüntülerde tek başına kurulan algoritmaların dışında, bina sınıfı çıkarımında karışan objelerin ayırt edilmesi aşamasında farklı ağırlık değerleri verilerek segmentasyona dahil edilmiştir.

5.1.2 Sınıflandırma

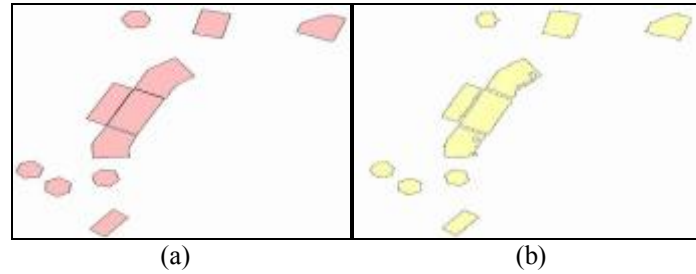
Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminde, objelerin çıkarımında bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Klasik yöntemler ile yapılan çalışmalarda; ağaçlar ve binaların karışması, gölgelerin yanlış sınıf grubunu ifade etmesi, yollar ve çatıların karışması gibi kompleks sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu sorunların giderilmesi ve doğruluğa etkisinin minimum seviyeye düşürülmesi için bulanık mantık ile desteklenen sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamasında ise, yardımcı veri setlerinden yararlanılarak alan, şekil, parlaklık değeri gibi istatistiksel değerler kullanılarak sınıflar oluşturulmuştur. Ayrıca nesne tabanlı görüntü analiz yönteminin ilk aşaması olan segmentasyon yöntemi ile elde edilen segmentler bu aşamada sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma işlemi, obje sınıfını temsil eden segmentlerin analiz edilmesi, uygun parametrelerin tespit edilmesi ve bulanık mantık yardımıyla anlamlı sınıfların oluşturulması ile gerçekleştirilmiştir. Objeler çıkarımı amacı ile bina, yeşil alan vb hedef sınıflar oluşturulmuştur (Şekil.6a ve 6b). Bina ve yeşil alan sınıfı oluşturulma aşamasında zemin sınıfı, bina sınıfı oluşturulmuştur (Şekil.6c). Oluşturulan diğer isimli sınıflar insan yapımı olan ve bina olmayan objeler yer almaktadır. Görüntüdeki taşınabilir konteynir ve ufak alana sahip güvenlik kulübeleri gibi objeler yakalanmış ve bu çalışmada bina sınıfına dahil edilmemiştir. Bina sınıfının çıkarımı aşamasında oluşturulan tüm hedef sınıfları kullanılmıştır.



Şekil 6: Bina çıkarımı için oluşturulan Bina sınıfı(a), Yeşil alan (b), diğer sınıflar (c)

6. DOĞRULUK ANALİZİ

Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçları için Definiens e-cognition Developer 8.64 yazılımının içerdiği doğruluk analizi yöntemlerinden “Error Matrix based on TTA Mask” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir sınıf için seçilen örnek segmentler ile görüntüdeki sınıflandırılmış segmentlerin uyumu test edilmiş ve genel doğruluk %94 bulunmuştur. Bu uyum sonucundaki doğruluk değeri, oluşturulan sınıfların referans veriye göre, bütünlük, eksiklik ve doğruluk kavramlarını ifade etmemektedir. Bina sınıfının doğruluğu ise oluşturulan referans veri ile otomatik çıkarılan alan değerlerinin karşılaştırılması sonucunda elde edilmektedir (Şekil.7a ve 7b). Bu değerlendirme sonucuna ilişkin tespit edilen değerler (Tablo.2)’de gösterilmektedir.



Şekil 7: Bina sınıfı: Oluşturulan referans verisi (a), Otomatik oluşturulan bina sınıfı (b)

Tablo 2: Bina sınıfı için doğruluk analizi

	Referans Bina	Sonuç Bina	
	Alanlar (m ²)	Alanlar (m ²)	Doğruluk (%)
1	140.42	152.74	91.9
2	302.77	306.32	98.8
3	323.74	328.22	98.6
4	519.83	515.99	99.3
5	551.58	556.35	99.1
6	352.39	339.51	96.3
7	406.27	339.19	83.5
8	137.07	147.4	93.0
9	197.08	198.3	99.4
10	140.75	138.05	98.1
11	136.98	131.48	96.0

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucunda, bina sınıfının çıkarılmasında karşılaşılan sınıf karışıklığı sorunu, LiDAR ve sayısal hava fotoğraflarının füzyonu ve nesne tabanlı yöntem seçimi ile giderilmiştir. LiDAR (nokta bulutu ve intensiy görüntü) ve sayısal hava fotoğraflarının füzyonu ile otomatik bina çıkarımı için kural setleri geliştirilmiştir. Hough, NDVI ve Eğim görüntüleri gibi yardımcı veri setleri oluşturulmuştur. Bu kural setleri ile farklı segmentasyonlar ve bulanık mantığa dayalı sınıflandırma yöntemlerinden yararlanılarak, analizler yapılmış, algoritmalar geliştirilmiş ve bina, yeşil alan gibi hedef sınıflar oluşturulmuştur. Geliştirilen kurallar sonucu oluşturulan bina sınıfının alanları için doğruluk analizi yapılmış %84 minimum ve %99 maksimum değerleri elde edilmiştir. Genel doğruluk ise %94 elde edilmiştir. Kullanılan veri setinin oldukça küçük bir alanı kapsamasından dolayı ve geliştirilen yaklaşımın geniş alanlar için revize edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde kentsel alanlara ilişkin geliştirilen kural setleri kullanılarak, LiDAR ve sayısal hava fotoğraflarının füzyonu ile otomatik çıkarılan binalar, kaçak yapılaşmanın takibi ve önlenmesi, doğal afet ve kriz yönetimi gibi önemli bir çok alanda kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan veri setini sağladıkları için Ohio State Üniversitesine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ameri B., 2000. *Automatic Recognition and 3D Reconstruction of Buildings from Digital Imagery*, PhD Thesis, German Geodetic Commission 526, Institute of Photogrammetry, Stuttgart University.
- Arefi H., Engels J., Hahn M., Mayer H., 2008. *Approximation of Building Boundaries*. Urban and Regional Data Management, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-44059-2, p.25.
- Baltsavias E.P., 1999. *Airborne Laser Scanning: Existing Systems and Firms and Other Resources*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54, 2–3., pp. 164–198.
- Csanyi N., Toth C., 2007. *Improvement of LiDAR Data Accuracy Using LiDAR-Specific Ground Targets*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 73, No. 4, April 2007 pp 385-396.
- Elberink O., 2010. *Acquisition of 3D Topography: Automated 3D Road and Building Reconstruction Using Airborne Laser Scanner Data and Topographic Maps*, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, PhD Thesis
- Haala N., Brenner C., 1999. *Extraction of Buildings and Trees in Urban Environments*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, pp.130-137.
- Habib A., 2008. *Integration of LiDAR and Photogrammetric Data: Triangulation and Ortho Rectification*. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group p. 371-400.
- Kabolizade M., Ebadi H., Ahmadi S., 2010. *An Improved Snake Model for Automatic Extraction of Buildings from Urban Aerial Images and Lidar Data*. Computers, Environment and Urban Systems.
- Maas H., Vosselman G., 1999. *Building Reconstruction Using Planar Faces in Very High Density Height Data*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, XXXII (3-2W5), 87.
- Peng J., Zhang D., Liu Y., 2005. *An Improved Snake Model For Building Detection from Urban Aerial Images*. *Pattern Recognition Letters*, 26, pp. 587–595.
- Petrie G., Toth C., 2009. *Airborne and Space borne Laser Scanners*. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group p. 29-85.
- Rottensteiner F., Clode S., 2008. *Building and Road Extraction by LiDAR and Imagery*. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group p. 445-478.
- Rottensteiner F., Trinder J., Clode S., Kubik K., 2007. *Building Detection by Fusion of Airborne Laser Scanner Data and Multi Spectral Images: Performance Evaluation and Sensitivity Analysis*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 62, 135-149.
- Schenk T., Csatho B., 2002. *Fusion of LiDAR Data and Aerial Imagery for a More Complete Surface Description*, IAPRS XXXIV 3A, pp. 310–317.
- Sithole G., 2005. *Segmentation and Classification of Airborne Laser Scanner Data*. Ph.D. Thesis. Technical University of Delft. The Netherlands. Publications on Geodesy, 59.
- Sohn G., Huang X., Tao V., 2008. *Using a Binary Space Partitioning Tree For Reconstructing Polyhedral Building Models From Airborne Lidar Data*. Photogrammetric Engineering Remote Sensing.
- Uzar M., Yastıklı N., 2011. *LiDAR ve Sayısal Hava Fotoğraflarının Füzyonu ile Otomatik Bina Çıkarımı*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 23-25 Şubat 2011, Antalya.
- Zhang K., Yan J., Chen S., 2008. *A Framework for Automated Construction of Building Models from Airborne LiDAR Measurements*. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis, p. 511-534.