

# ÇOKLU ALGILAMA SİSTEMLERİ İLE OBJE ÇIKARIMI

M. Uzar, N. Yastıklı

YTU, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34210 Davutpaşa İstanbul, Türkiye  
(auzar, ynaci)@yildiz.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELER:** LiDAR, Obje çıkarımı, Segmentasyon, Sınıflandırma, NDVI, CIR, Morfolojik operatörler.

## ÖZET:

Lazer tarama teknolojisi (LiDAR), yer yüzeyine ilişkin 3B (X,Y,Z) nokta bulutu ve “intensity” verisi sağlayan yeni ve oldukça popüler bir algılama sistemidir. Sayısal hava kameraları ise sağladıkları renkli ve yapay renkli görüntülerle fotogrametrik üretim ve görselleştirme çalışmalarında yeni olanaklar sağlayan diğer bir algılama sistemidir. Aynı platform üzerine yerleştirilen LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU’dan oluşan çoklu algılama sistemleri, sağladığı veriler ve otomasyon imkanları ile otomatik obje çıkarımında da geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. Kent yöneticileri, kentin sorunlarının çözümü, kentin gelişimine ilişkin kritik kararların verilmesi, kaçak yapılaşmanın takibi ve önlenmesi, ormanlık alanların korunması vb. konularda güncel coğrafi verilere ihtiyaç duymaktadır. Kentsel planlamada, insan yapısı objelerin, öncelikli olarak binaların çıkarımı, altyapı hizmetlerinin götürülmesi, doğal afet ve kriz yönetimi gibi konularda çok büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmanın hedefi, LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU’dan oluşan çoklu algılama sistemi ile toplanan veriler kullanılarak, nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi ile obje çıkarımıdır. Ülkemizde bu çalışma alışma için çoklu algılama sistemi ile elde edilen veri seti bulunmadığından, Amerika’da *National Science Foundation* (NSF) sponsorluğunda, Ohio State Üniversitesi (OSU) ve *U.S. Geological Surveys* (USGS) tarafından *San Andreas-San Jacinto* fay hatları tespiti amaçlı “*Before*” (B4) isimli proje kapsamında elde edilen işlenmemiş veriler kullanılmıştır. LiDAR nokta bulutu verisi ve sayısal kamera ile kaydedilen görüntüler kullanılarak yardımcı veri setleri oluşturulmuştur. LiDAR verisi ile yükseklik değişimi incelemesi, eğim analizi yöntemi kullanarak ağaç ve bina sınıfları birbirinden ayrılması amacıyla kullanılmıştır. Otomatik obje çıkarımında Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntüsü özellikle yeşil alan ile diğer objelerin ayrımı ve morfolojik filtreler ile karışan sınıfların iyileştirilmesi amaçlı kullanılmıştır. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon ve nesne tabanlı sınıflandırma işlemleri için çoklu algılama sistemleri ile elde edilen verilerin kullanımını için kural setleri *Definiens e-Cognition Developer 8.64* ortamında geliştirilmiştir. Geliştirilen kural seti ile otomatik olarak çıkarılan bina ve yeşil alan gibi objeler ve izlenen yaklaşımlara ilişkin analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

## ABSTRACT:

Laser scanning technology (LiDAR) is a new and highly popular sensor system which supplies 3D (X, Y, Z) point cloud of earth surface and “intensity” data. Digital cameras are another sensor which offer new opportunities in photogrametric production and visualization supplying RGB and Color Infrared (CIR). Multi sensor systems, which are composed of LiDAR, digital camera and GPS/IMU positioned on the same platform, have a high potential in automatic feature extraction with the data they supplied and automation opportunities. City administrators need up-to-date geographical data for urban monitoring, making critical decisions on development of the city, pursuit and prevention of illegal housing, protection of forestlands etc. The extraction of manmade objects in urban area especially extraction of buildings has a great importance in city planning for supply of understructure service, natural disasters and crisis management. The aim of this study is feature extraction using object-based image analysis method with multi sensor systems. Since multi sensor systems data sets are not available in our country, the raw data set is used from a project named as “Before” (B4) was aimed determination of the San Andreas-San Jacinto fault system. B4 project is a joint study of Ohio State University (OSU) and U.S. Geological Surveys (USGS) and under the sponsorship of National Science Foundation (NSF) in USA. The additional data sets are established with point cloud data obtained by the use of LiDAR and CIR images from digital camera. LiDAR data set is used for analyses change of height and using slope analysis to separate building and tree classes. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method is used for separation of the mixed classes in vegetation and other objects, which has obtained with classification and morphologic filtering. The rule sets are developed under *Definiens e-Cognition Developer 8.64* program for multi-resolution segmentation and object-based classification processes. The extracted object, like buildings and vegetations with developed rule sets are assessed and analyzed for the most suitable approach.

## 1. GİRİŞ

Kentsel alanlardaki gelişim sonucu oluşan insan yapımı nesnelere ait bilgilerin en kısa sürede ve doğru bir şekilde elde edilmesi mühendislik, askeri ve ticari alanda, analiz ve yönetim aşamaları için önemli bir temel oluşturmaktadır. Bu sebeple kentsel alanlardaki bina, yeşil alan gibi objelerin otomatik çıkarımı fotogrametri ve bilgisayar görüntüleme çalışma gruplarının önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu amaçla, çevresel ve ekolojik değişiklikleri izleme (Drake, 2002), 3B kent modelleri, kentsel planlama ve gelişme (Haala ve Brenner,1999; Maas ve Vosselman,1999) ve afet yönetimi

(Cobby, 2001; Steinle, vd., 2001) gibi konularda modern lazer tarama teknolojileri ile objelerin çıkarımı konusunda araştırmalar yapılmıştır. Son yıllarda aynı platform üzerine yerleştirilen LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU’ dan oluşan çoklu algılama sistemleri ile özellikle bina çıkarımı konusu, 3B kent modellerinin üretilmesi, kent planlamadaki çarpık yapılaşmanın tespiti, ormanlık alanlardaki kaçak yapılaşma, bina modellenmesi ve detaylarının çıkarılması gibi farklı uygulama alanlarında kullanılabileceği gibi, afet ve kriz yönetiminde erozyon, sel ve deprem gibi doğal afetlerin durum tespitinde önemli rol almaktadır. Çoklu algılama sistemi kullanılarak elde edilen veriler, otomatik ve yarı otomatik obje

yakalama yöntemlerinin gelişmesini ihtiyacı kalmıştır (Baltsavias 1999; Rottensteiner, vd.2005; Lafarge vd.,2008). Sadece hava fotoğrafları kullanılarak bina çıkarımı konusunda gölge, boşluk ve zayıf kontrast değerleri gibi problemler ortaya çıkmaktadır (Rottensteiner, vd.,2004). Bu tür problemlerin ortadan kaldırılması için LiDAR verileri ile hava fotoğrafları yada uydu görüntülerinin birlikte kullanıldığı bütünleşik sistemler alternatif olarak önerilmektedir (Sohn ve Dowman, 2007).

Otomatik obje çıkarımında farklı stratejiler geliştirilmek sayısal fotogrametrik iş istasyonlarının bir parçası haline gelmiştir (Mayer, 2008). Görüntü işleme, fotogrametri ve uzaktan algılama sistemleri ile elde edilen verilerin piksel gri değerleri yardımıyla görüntü ve fotoğraflardan bilgi çıkarımı için kullanılan bir tekniktir (Navulur, 2007). Bu teknik modern teknolojideki alım yöntemlerindeki değişikliklere paralel olarak gelişmektedir (Kabolizade, vd.,2010). Bu gelişim ile geleneksel görüntü işleme tekniği olan piksel tabanlı yöntemler yerine nesne tabanlı yöntemler almaya başlamıştır (Rottensteiner, vd.,2005). Bu çalışmada obje çıkarımı için nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin kullanılmasının sebebi ise segmentasyon yöntemi ile çıkarılmak istenen objenin daha anlamlı olarak ifade edilebilmesidir. Bu şekilde nesneye yönelik şekil, doku ve morfolojik özellikler ek parametre olarak yöntemde dahil edildiğinde daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir (Navulur, 2007). Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin ilk aşaması olan segmentasyon gerçekleştirildikten sonra ikinci aşamada ise oluşturulan segmentasyon sonuçlarına dikkate alınarak bulanık mantığa dayalı sınıflandırma uygulanmaktadır.

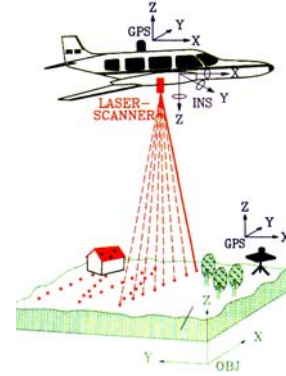
Bu çalışmada nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi ile obje çıkarımı, öncelikli olarak bina çıkarımı hedeflenmiştir. Bina sınıfı yanı sıra çalışma alanında elde edilen veriler dikkate alınarak yeşil alan, zemin ve diğer olarak isimlendirilen sınıflar oluşturulmuştur. Segmentasyon aşamasında çoklu çözünürlüklü segmentasyon, satranç tahtası segmentasyonu ve kontrast farkı segmentasyonu gibi farklı segmentasyon yöntemleri kullanılmıştır. Sayısal görüntü işlemede kullanılan morfolojik filtreler, bant işlemleri, topoğrafik analizler gibi farklı yöntemler yine bu çalışmada kullanılan diğer yöntemlerdir. Objeye çıkarımı amacıyla gerçekleştirilen sınıflandırma geliştirilen kural setleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu geliştirilen kural setleri yapılacak düzenlemelerle yeni veri setlerine kolaylıkla uygulanabilir. Farklı uygulama ve yeni veri setleri için verilere ilişkin ağırlıklar değiştirilerek sonuçlar iyileştirilebilir. Çıkarılan objeler yardımıyla çalışma alanının 3B modelinin oluşturulması bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. 3B modelin doğruluğu 2 boyutlu obje çıkarımı sonucunda çıkarılan objelerin doğruluğuna bağlıdır (Mayer, 2008; Demir ve Baltsavias, 2010).

## 2. ÇOKLU ALGILAMA SİSTEMLERİ

Bu çalışmada, LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU' dan oluşan çoklu algılama sistemi ile toplanan veriler kullanılarak, nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi ile obje çıkarımı üzerine çalışılması amaçlanmıştır. Çoklu algılama sistemleri, tek bir algılama sistemi ile yaşanan sorunların çözümü yada elimine edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada ifade edilen çoklu algılama sistemleri aynı platformda yerleştirilen LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU' dan oluşan bütünleşik sistemi kapsamaktadır.

## 2.1 LiDAR

LiDAR (Light Detection and Ranging) olarak isimlendirilen hava taşıtlarında kullanılan lazer tarayıcı sistemler, 1990'lı yılların sonlarından itibaren yüksek doğruluklu konumsal veri elde edilmesinde önemli bir algılama sistemi haline gelmiştir. Hava taşıtlarında kullanılan lazer tarayıcıların ilk deneysel çalışmaları 1970'li ve 1980'li yıllara kadar uzanmaktadır. Bu yeni teknoloji yaklaşık 10 yıl önce Fotogrametri ve Uzaktan Algılama topluluğu tarafından bir algılama sistemi olarak görülmeye başlanmıştır. Son yıllarda GPS/IMU sistemlerinin gelişimiyle birlikte algılama sistemlerinin doğrudan yönlendirmesinin olanaklı hale gelmiş LiDAR sisteminde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. LiDAR sisteminin ölçme prensibi, sistem tarafından gönderilen dar lazer ışın demetinin gönderilme ve obje yüzeyinden yansıtıp alıcıya dönmesi arasındaki sürenin ölçülmesine dayanmaktadır. Lazer ışın demetinin gönderiliş ve dönüş zamanı arasındaki fark sistem tarafından çok hassas bir şekilde ölçülür. Lazer ışın demetinin boşluktaki hızı bilindiğine göre, ölçülen bu fark yardımıyla sistem ile lazer ışınının yansıdığı obje arasındaki uzunluk hesaplanabilir (Yastıklı vd., 2005).



Şekil 1. LiDAR ve GPS/IMU sistemi

## 2.2 GPS/IMU

GPS/IMU sistemi, uçak, helikopter vb. hareketli platformlardan kayıt anında algılayıcının yönlendilmesi için gerekli olan konum ve dönüklük bilgilerinin doğrudan ölçülmesine olanak sağlar. Bütünleşik GPS/IMU sistemi ile elde edilen diferansiyel GPS ölçümleri ve IMU verileri, Kalman filtreleme yöntemi ile birleştirilerek, konum ve dönüklük verileri için yüksek doğruluk elde edilmektedir. Hareket halindeki aracın inersiyel koordinat sistemine göre doğrusal ivmeler toplamı bu ölçümler yardımıyla belirlenebilir. Belirlenen doğrusal ivmelerin zamana göre integrali alınarak hız verileri, zamana göre ikinci integrali alınarak istenen konum verileri elde edilir.

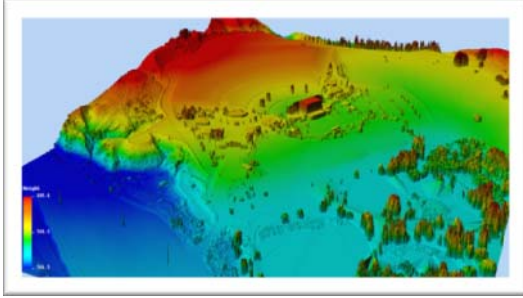
## 2.3 Sayısal Kamera

Sayısal kameralar silikon detektör, bilgisayar işlem hızı, depolama kapasitesi gibi teknolojik gelişmelerle bugün projelerde başarı ile kullanılmaktadır. Sayısal kameralar klasik analog fotoğraflardaki banyo ve tarama işlemlerini ortadan kaldırmakta, yüksek ve görüntünün tümünde aynı radyometrik çözünürlüğü sağlamakta, elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgesinde aynı anda görüntü kaydını olanaklı hale getirmekte bunun sonucu renkli ve yapay renkli görüntüler elde edilebilmektedir. Sayısal kameralarda kullanılan görüntü kayıt sistemi Charge Couple Device (CCD)'ye dayanmaktadır. CCD'lerin temel yapı elemanı silikon detektörler bir dizi şeklinde veya bir çerçeve içerisindeki alanı

kaplayacak biçimde dizilirler. Her kayıt elemanı, diğer bir deyişle silikon detektör, yeryüzündeki objelerden yansıyan ışık enerjisini elektrik sinyallerine dönüştürerek kaydeder. Bu detektörlerin diziliş şekillerine göre sayısal dizi veya çerçeve kamera sistemi olarak isimlendirilirler. LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU dan oluşan bütünleşik sistem ile tarama işlemi diğer bir deyişle veri toplama işlemi bitirildikten sonra LiDAR tarafından kaydedilen mesafe ve lazer dönüklük açıları, GPS/IMU sistemi tarafından kaydedilen konum ve dönüklük verileri ve LiDAR, sayısal kamera, GPS/IMU arasındaki ofset bilgileri kullanılarak rastgele dağılmış tarama noktalarının X,Y,Z koordinatları belirlenir.

### 3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

#### 3.1 Çalışma Alanı

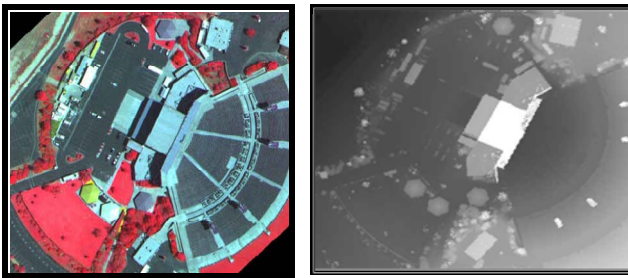


Şekil 2. Çalışma alanı genel görünüm

Bu çalışmada çoklu algılama sistemi ile elde edilen veri seti ülkemizde bulunmadığından, Amerika'da *National Science Foundation* (NSF) sponsorluğunda, Ohio State Üniversitesi (OSU) ve *U.S. Geological Surveys* (USGS) ortak çalışmasının sonucunda gerçekleştirilen *San Andreas-San Jacinto* fay hatları tespiti amaçlı "*Before*" (*B4*) adlı, proje için 15-25 Mayıs 2005 tarihleri arasında elde edilen işlenmemiş veriler kullanılmıştır (Şekil 2). Cessna 310 uçak ile oluşturulan bütünleşik sistem bileşenleri; Optech ALTM 3100 LiDAR, Applanix POS AV 510 georeferans sistemi (Novatel GPS ve LN200 IMU) ve Redlake MS 4100 sayısal kameradan oluşmaktadır (Csanyi vd., 2007, Toth vd., 2007).

#### 3.2 Çoklu Algılama Sistemi Verileri

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. (Şekil 3). Bu çalışmada LiDAR lazer tarayıcı ile elde edilen 0,2m çözünürlüğe sahip, (X,Y,Z) değerlerini içeren işlenmemiş nokta bulutu verisi kullanılmıştır. Sayısal yüzey modeli, yapay renkli görüntüler (CIR) kullanılarak orto görüntüler ve NDVI görüntüler üretilmiştir.

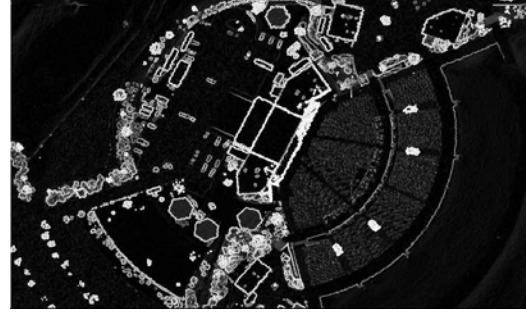


Şekil 3. Yapay renkli orto görüntü ve LiDAR SYM görüntüsü

### 3.3 Yardımcı Veri Seti Oluşturma

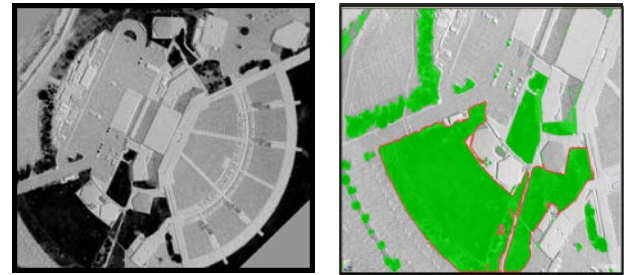
Yardımcı veri seti üretiminde kullanılan eğim analizi, NDVI yöntemi ve morfolojik filtreler ilgili detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

**3.3.1 Eğim Analiz Yöntemi:** Bu aşamada, görüntüdeki objelerin eğim farklarından yararlanarak sınırlarını belirlemek için sayısal yüzey modelindeki her piksel eğim değerini üretmek için Zevenbergen ve Thorne (1987) metodu kullanılarak eğim görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Eğim görüntüsü

**3.3.2 NDVI Yöntemi:** 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 için en iyi sonucu veren NDVI yöntemi ile MATLAB programlama dili kullanılarak NDVI görüntüsü oluşturulmuştur. 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.5).



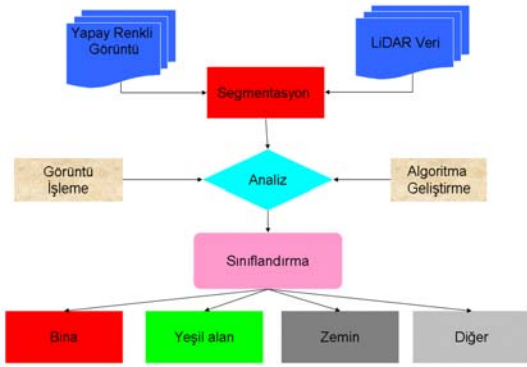
Şekil 5. NDVI görüntü ile Yeşil alan sınıfı

**3.3.3 Morfolojik Filtreler:** Morfolojik operatörler, görüntü işleme tekniğinin bir görüntü içindeki objeleri ortaya çıkarmak, tespit etmek, belirginleştirmek için kullandığı bir filtreleme yöntemidir. En temel morfolojik operatörler, dilatasyon ve erozyon olarak adlandırılır. Dilatasyon ile görüntü içerisindeki objeler büyür veya kalınlaşır. Erozyon da ise tam tersi inceleme veya büzülme meydana gelir. Dilatasyon ve erozyon işlemlerinin birbiri ardına kullanılması ile açılma ve kapanma olarak adlandırılan üst seviye operatörler oluşturulur. Matematiksel morfolojinin doğuşuyla temel küme işlemlerine dayanan, obje sınırlarını çıkarma, objelerin tanımlanması ve çıkartılması, gürültü giderimi gibi uygulamalar için geometrik bilgi çıkartan gerekli bir araçtır.

Morfolojik operatörler yardımıyla ikili görüntülerin yanı sıra renkli görüntüler ile de başarılı sonuçlar elde edilir (Matheron ve Serra,2002). Bir görüntü penceresi elde etmek için yapıtaşı elemanı olarak bilinen bir filtre matrisi penceresi kullanılır. Operatörlerin etkileri filtre matrisinin şekline ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu çalışmada Morfolojik filtreleme yöntemini açma ve kapama işlemi ile yeşil alan sınıfını oluşturan segmentlerin uygun parametreler seçilerek oluşturulmuştur.

#### 4. YÖNTEM

Bu yöntemde ilk aşama görüntü segmentasyonudur. Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin ikinci aşaması ise bulanık mantığa dayalı sınıflandırma işlemidir. Segmentasyon sonuçlarına göre oluşturulan objeleri temsil eden segmentlerden, bulanık mantık ile sınıflandırma yöntemi kullanılarak, istenilen obje sınıfları oluşturulmuştur. Objeye çıkarımı için izlenen yaklaşım Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Objeye çıkarımı için izlenen yaklaşım

#### 4.1 Kural Seti Oluşturma

Bu çalışmada, sayısal görüntüdeki piksel gri değerleri kullanılarak yapılan görüntü işleme ve sınıflandırma işlemleri ile otomatik obje çıkarımı için kural seti oluşturulmuştur (Şekil 7).



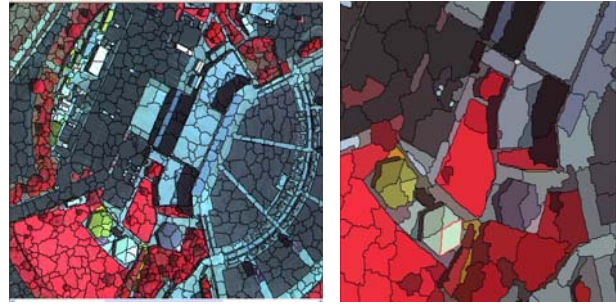
Şekil 7. Kural seti döngüsü

Kural setleri bina sınıfı ve diğer sınıfların karışmasını engellemek amacıyla yardımcı veri setleri yardımıyla belirlenen aralıklar kullanılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla farklı segmentasyonlar gerek tek tek gerekse çoklu olarak farklı ağırlıklarla kural setlerinde kullanılmıştır. Böylece bir objeyi temsil eden segment sadece tek bir özelliği ele alınarak belirli sınıfa atılmaz. Sadece yapay renkli görüntüden elde edilen çoklu çözünürlüklü segmentasyon uygulandığında gölgeden kaynaklanan hatalar meydana gelmektedir. Benzer şekilde sadece LiDAR verisi kullanıldığında ise ağaç ile bina sınıflarının birbirine karıştığı gözlemlenmiştir. Bu şekilde

sınıfların birbirine karışmasından dolayı oluşan hataları ortadan kaldırmak için sayısal görüntü işleme filtrelerinden yararlanılarak kural setleri geliştirilmiştir.

#### 4.2 Segmentasyon

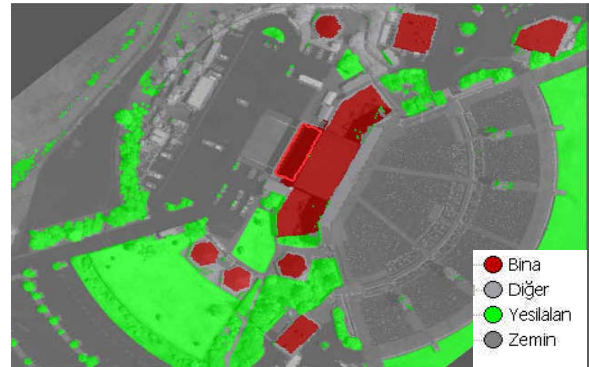
Görüntüyü ortak özelliklerine göre bölgelere (segmentlere) ayırma, bölme işlemidir (Sithole, 2005). Sınıflandırma işlemi kapsamaz. Oluşturulan segmentlerin birbirleri ile ilişkisi yoktur. Bu aşamada objeler spektral ve konum özellikleri dikkate alınarak piksel gri değerlerine göre gruplara ayrılmıştır. 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 segmentasyonu gibi farklı segmentasyon yöntemleri kullanılmıştır. Farklı ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri ile yapılan segmentasyon örnekleri Şekil.7'de verilmiştir.



Şekil 7. Farklı şekil, ölçek ve bütünlük parametreleri ile gerçekleştirilen segmentasyon örnekleri

#### 4.3 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 karşılaşılmaktadır (Rottensteiner, vd.,2002). Bu sorunların giderilmesi ve doğruluğa etkisinin minimum seviyeye düşürülmesi için bulanık mantık ile desteklenen sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamasında ise, yardımcı veri setlerinden yararlanılarak bulanık mantık yöntemi ile alan, şekil, parlaklık değeri gibi istatistiksel değerler kullanılarak, sınıflar oluşturulmuştur. Objeye çıkarımı amacı ile bina, yeşil alan, zemin sınıfı oluşturulmuştur. Bina ve yeşil alan sınıfı oluşturulma aşamasında zemin sınıfı (Şekil 8) oluşturulmuştur. Oluşturulan diğer isimli sınıfta insan yapımı olan ve bina olmayan objeler yer almaktadır.



Şekil 8. Sınıflandırılmış görüntü ve hedef sınıflar

## 5. DOĞRULUK ANALİZİ

Bu çalışmada çoklu algılama sistem veri seti ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak obje çıkarımı konusunda yeşil alan ve bina sınıflarının çıkarımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçları için Definiens e-cognition Developer 8.64 yazılımının içerdiği doğruluk analizi yöntemlerinden “Error Matrix based on TTA (Training or Test Areas) Mask” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde her bir sınıf için seçilen örnek segmentler ile görüntüdeki sınıflandırılmış segmentlerin uyumu test edilmiştir. Geliştirilen kural seti ile çıkarılan bina ve yeşil alan sınıfı için doğruluk analizi sonuçları (Tablo.1)’de verilmiştir.

Tablo 1. Doğruluk analizi değerleri

Örnek ve Test Alanı Maskesine Göre Hata Matrisi				
Doğruluk Analizi Değerleri.				
Kullanıcı\ Referans	Bina	Yeşil -Alan	Diğer Objeler	Toplam
Bina	27096	0	185	27281
Yeşil Alan	0	77569	36	77605
Diğer Objeler	592	234	10007	10833
Toplam	27096	81063	13423	
<b>Doğruluk %</b>				
Üretici	97	95	75	
Kullanıcı	100	100	92	
KIA	72	97	88	
<b>Genel doğruluk= %94</b>				
<b>Kappa=%88</b>				

## 6. SONUÇLAR

Kentsel alanlardaki gelişim sonucu oluşan insan yapımı nesnelere ait bilgilerin en kısa sürede ve doğru bir şekilde elde edilmesi mühendislik, askeri ve ticari alanda, analiz ve yönetim aşamaları için önemli bir temel oluşturmaktadır. Bu sebeple kentsel alanlardaki bina, yeşil alan gibi objelerin otomatik çıkarımı fotogrametri ve bilgisayar görüntüleme çalışma gruplarının önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Modern algılama sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak obje çıkarımında piksel tabanlı yöntemlerin yerini nesne tabanlı yöntemler almaya başlamıştır. Bu yöntemde segmentasyon yöntemi ile çıkarılmak istenen objenin daha anlamlı olarak ifade edilebilmesi ve nesneye yönelik şekil, doku ve morfolojik özelliklerin ek parametre olarak yonteme dahil edilmesi sağlanmakta ve sonuç olarak daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Bu araştırma ile, LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU’ dan oluşan çoklu algılama sistemi ile toplanan veriler kullanılarak, nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi ile obje çıkarımı öncelikli olarak bina çıkarımı amaçlanmıştır. Bu çalışmada çoklu algılama sistemi ile elde edilen veriler kullanılarak sayısal yüzey modeli, orto görüntüler üretilmiş ve yardımcı veri seti olarak eğitim görüntüsü ve NDVI görüntü oluşturulmuştur. Çoklu algılama sistemi ile elde edilen veriler ve üretilen yardımcı veri setleri kullanılarak oluşturulan kural setleri yardımıyla otomatik obje çıkarımı için görüntü segmentasyonu ve bulanık mantığa dayalı nesne tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bina, yeşil alan, zemin ve insan yapımı olan ve bina olmayan objelerin yer aldığı diğer sınıfı oluşturulmuştur. Çoklu algılama sisteminin sağladığı veriler ve üretilen yardımcı veriler kullanılarak farklı segmentasyonlar gerek tek tek gerekse çoklu olarak farklı ağırlıklarla kural setlerinde kullanılabilir. Objeler sadece tek bir segmentteki özelliği dikkate alınarak belirli sınıfa atanamaz. Örneğin sadece yapay renkli görüntüden elde edilen

çoklu çözünürlüklü segmentasyon uygulandığında gölgeden kaynaklanan hatalar meydana gelmektedir. Benzer biçimde sadece LiDAR verisi kullanıldığında ise yeşil alan özellikle ağaç ile bina sınıflarının birbirine karıştığı gözlemlenmiştir. Bu şekilde obje çıkarımında çıkarılan sınıfların birbirine karışmasının önlenmesi, hataların ortadan kaldırılması için çoklu algılama sistemleri kullanılmalıdır.

## Teşekkür

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

## Referanslar

- 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.
- Cobby D.M., Mason D.C., and Davenport I.J., 2001. Image processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood mapping. *ISPRS J. Photogrammetry. Remote Sensing*. 56, pp. 121-138.
- Csanyi, N. and 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.
- Demir N., Baltsavias E., 2010. Combination of image and Lidar data for building and tree extraction. *IAPRS*, Vol. XXXVIII, Part 3B – Saint-Mandé, France.
- Drake J.B., Dubayah R.O., Clark D.B., 2002. Estimation of tropical forest structural characteristics using large-foot print lidar. *Remote Sensing. Environ.* 79, pp. 305-319.
- Haala N., Brenner C., 1999. Extraction of buildings and trees in urban environments, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54, pp. 130-137.
- 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*.
- Lafarge F., Descombes X., Zerubia J., Pierrot-Deseilligny M., 2008. Automatic building extraction from DEMs using an object approach and application to the 3D-city modeling *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 63, pp. 365-381.
- Maas H., and Vosselman G., 1999. Two algorithms for extracting building models from raw laser altimetry data. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing*. 54, pp. 153-163
- Matheron G., Serra J., 2002 The Birth of Mathematical Morphology. *ISMM*, Sydney, 3-5
- Mayer H., 2008 Object extraction in photogrammetric computer vision. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 63, pp. 213-222
- Navulur K., 2007. Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm, CRC Press, *Taylor & Francis Group*, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.

Rottensteiner F., Briese C., 2002. A new method for building extraction in urban areas from high-resolution LIDAR data, *IAPGIS XXXIV 3A* pp. 295–301.

Rottensteiner F., Trinder J., Clode S., Kubik K., 2004. Fusing airborne laser scanner data and aerial imagery for the automatic extraction of buildings in densely built-up areas *The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing's Twentieth Annual Congress*, Istanbul, pp. 512-517.

Rottensteiner F., Trinder, J., Clode, S., Kubik, K., 2005. Using the Dempster Shafer method for the fusion of LIDAR data and multispectral images for building detection. *Information Fusion* 6 (4), pp. 283-300.

Sithole G., 2005. Segmentation and classification of airborne laser scanner data. Ph.D. Thesis. Technical University of Delft, The Netherlands. Publications on Geodesy, 59. Publication of Netherlands Geodetic Commission. ISBN 90 6132 292 8, pp. 184.

Sohn G., Dowman I., 2007. Data fusion of high-resolution satellite imagery and LiDAR data for automatic building extraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62, pp. 43–63.

Steinle E., Kiema J., Leebemann J., 2001. Et al. Laser scanning for analysis of damages caused by earthquake hazards, in: *Proceedings of the OEEPE–Workshop on Airborne Laser scanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models*, Stockholm

Toth C., Brzezinska D., Csanyi N., Paska E., Yastikli N., 2007. “Lidar Mapping Supporting Earthquake Research Of The San Andreas Fault”, *Proc. ASPRS 2007 Annual Conference Identifying Geospatial Solutions*(on CD), May 7-11 Tampa-Florida,

Yastıklı N., Jacobsen K., 2005. “Influence of System Calibration on Direct Sensor Orientation”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, ISSN: 0099-1112, Vol. 71, No.5, pp. 629-633

Zevenbergen L., Thorne C., 1987. Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms* 12, pp. 47–56.