



LIDAR Verileri İle Desteklenmiş Ortofoto Görüntülerinden Bina Tespiti Performans Değerlendirilmesi: İstanbul, Küçükçekmece Örneği

Building Detection Performance Evaluation Orthophoto Images Supported by LIDAR Data: Istanbul, Küçükçekmece Case

Vural GERİM^{1,*}, Arzu ERENER¹

¹ Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Kampüsü, Kocaeli, 41380, Türkiye

Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 20/04/2018

Kabul Tarihi : 22/10/2018

Anahtar Kelimeler

Bina Tespiti,
CBS,
LIDAR,
nSYM,
Ortofoto Görüntüsü,
SAM,
SYM,

Özet

Son yıllarda lazer tarama teknolojisi (LIDAR), yeryüzüne ilişkin otomatik olarak 3B (X,Y,Z) veri elde etmede geniş bir kullanım alanı bulmuştur. LIDAR verileri arazi koordinatları yanında arazi üzerindeki nesnelerin de koordinatlarını içermekte ve kısa sürede araziye ait Sayısal Arazi Modelinin (SAM) ve Sayısal Yükseklik Modelinin (SYM) oluşturulmasına imkân vermektedir. Bu modellerin oluşturulmasında LIDAR nokta bulutu verilerinin ilk dönüş ve son dönüş geri yansıma ölçümlerinden faydalanılmaktadır. İlk dönüş objenin altındaki zemine ait olmayıp, objenin kenar ya da yüzeyine çarpıp dönen yansımalarıdır. Son dönüş ise daha çok zemine ait dönüş yansımalarıdır. Bu çalışma kapsamında ise İstanbul, Küçükçekmece bölgesinde bulunan binaların tespiti için ortofoto görüntüsü ve LIDAR verileri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak CBS ortamında alana ait LIDAR nokta bulutu kullanılarak SYM ve SAM elde edilmiş, daha sonra bu model farklarından Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) oluşturulmuştur. Alana ait ortofoto görüntüsü, bina izi alanlarının tespiti için öncelikle En Büyük Olasılık Sınıflandırma (EBOS) yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Daha sonra sınıflandırma işlemi nSYM modeli ortofoto görüntü verisine ek bant olarak eklenerek tekrar edilmiştir. nSYM'nin ek bant olarak eklenmesi ile sınıflandırma analizi performansının nasıl etkilendiği ve LIDAR verilerinin binaların tespit edilmesindeki etkisi, elde edilen doğruluk parametrelerinin karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir. Elde edilen bina tespiti çalışma sonuçlarına göre, LIDAR verileri ile desteklenmiş ortofoto görüntülerinden, sınıflandırma performansının arttığı görülmüştür.

Research Paper

Received Date : 20/04/2018

Accepted Date : 22/10/2018

Keywords

Building Determination,
DEM,
DSM,
GIS,
LIDAR,
nDEM,
Orthophotos Images.

Abstract

In recent years, Light Detection and Ranging (LIDAR) has found widespread use in obtaining 3D (X, Y, Z) data automatically for the earth. In addition, along with the land coordinates of the LIDAR data, which include coordinates of the objects on the earth, it allows the creation of the Digital Terrain Model (DTM) and Digital Elevation Model (DEM) of the land in a short time. The creation of these models makes use of the first and last return reflection measurements of the LIDAR point cloud data. The first return does not belong to the ground layer of the object but is the reflection of the object that hits the surface of the edge. The last return is mostly the reflection belonging to the ground layer. In this study, orthophotos images and LIDAR data used for the determination of the buildings in İstanbul Küçükçekmece district. Within the scope of the study, DEM and DTM obtained by using the LIDAR point cloud belonging to the study area in GIS environment. Then, a normalized Digital Surface Model (nDEM) was created by differences of these models. orthophotos images of the same area classified by using Maximum Likelihood Classification (EBOS) for the detection of building sites. The classification process then repeated by adding the nDEM model as an additional band to the orthophotos images data. The effect of addition nDEM as an additional band on the classification analysis performance and the effect of LIDAR data on building identification process, evaluated by comparing the accuracy parameters. According to the results of the study, it realized that using LIDAR data improved orthophotos images classification performance of building detection process.

1. Giriş

Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri ile elde edilen uydu görüntüleri, kentsel alanlarda arazi örtüsü bilgilerini geniş ve sürekli olarak yakalayabilmektedir. Yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerden bir kentsel alanda bulunan binalar birbirinden farklı olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, orta çözünürlüklü uydu görüntülerine göre (örn. Landsat, SPOT) tanımlanması zor olan binaların zemin taban alanları ve konumlarını elde etmek için oldukça faydalıdır.

Hava LIDAR dünyada yaygın olarak kullanılan yeni nesil haritalama tekniğidir. Hava LIDAR sistemi lazer tarayıcı, IMU, GPS ve kameranın hava aracına entegrasyonundan oluşmaktadır. Hava aracı lazer tarayıcı sayesinde saniyede yüz binlerce ölçüm yapmaktadır. Araçta bulunan GPS ise uçuş boyunca anlık olarak koordinat belirlemektedir. Yer istasyonu ve IMU'dan alınan verilerle bu koordinatlar dengelenmektedir. Hava aracı planlanan uçuş hatları boyunca ilerlerken lazer tarama ile eş zamanlı olarak çekilen fotoğraflardan yüksek çözünürlüklü ortofoto üretilmektedir. Tarama sonrası elde edilen LIDAR verisi işlenerek nokta bulutuna dönüştürülmektedir. Bu nokta bulutu topoğrafya, bitki örtüsü, bina, enerji iletim hatları gibi sınıflara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırılmış verinin topoğrafya sınıfı kullanılarak arazinin çok hassas sayısal arazi modeli (SAM), eş yükselti eğrileri, arazi ve üzerindeki bina, bitki örtüsü gibi bütün objeleri tanımlayan sayısal yüzey modeli (SYM) üretebilmektedir. Karayolu, demiryolu, boru hatları, enerji iletim hatları gibi koridor tipi projelerin planlanması ve etüt çalışmalarında LIDAR tarama sistemi kullanılarak hassas mühendislik hesaplamaları yapılabildiği gibi, enerji iletim hatlarının modellenmesi, yaklaşım mesafeleri analizleri için de LIDAR verisi etkin olarak kullanılmaktadır. Geniş arazi kullanımı olan ormancılık ve tarım sektöründe de hava LIDAR en hızlı ve doğru çözümü sunmaktadır. LIDAR verisi ile üretilen SYM araziye ait tüm detaylar bulunduğu için taşkın modellerinde doğru sonuçlar elde edilmektedir. Kent modeli ve şehir planlama çalışmaları için üç boyutlu altlık veriyi üreten hava LIDAR ölçüm sistemleri birçok alanda çözüm üretmektedir [1].

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ise verilerin toplanması, yönetilmesi ve analiz edilmesi için kullanılan bir teknoloji olup, birçok veri türünün birleştirilerek bilgi üretmek amacıyla farklı disiplinlerde son yıllarda yaygın olarak tercih edilmektedir. CBS mekânsal konumu analiz eder ve birbirinden farklı bilgi katmanları üretir, haritalar ve 3B modelleri kullanarak veri sunumunu yapar. Bu benzersiz özelliklerle, CBS, kullanıcılara daha akıllı kararlar vermelerine yardımcı olmak için kalıplar, ilişkiler ve

durumlar gibi verilere daha derin bir bakış açısı sunmaktadır.

UA ve CBS yöntemleri kullanılarak günümüzde farklı alanlarındaki: hava ve uydu görüntülerinden otomatik bina tespiti, yayılım haritalarının oluşturulması ve güncellenmesi, kentsel modellemeler ve kentsel izleme uygulamaları, yeşil alan tespiti, en uygun alan tespiti, çevresel ve ekolojik değişim analizleri, hidrolojik alanda analizler, risk ve deprem değerlendirmeleri, arazi kullanım alanı haritalaması gibi uygulamalarda önemli sorunlar çözülmektedir. Hızla büyüyen kentleşme ve belediye bölgelerine göre, UA görüntülerinden yapılan otomatik algılama, ilgi uyandıran bir konu olup, etkin bir araştırma alanı olmuştur.

Bina tespiti ve çıkarımı kapsamında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Multispektral görüntüler, Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli(nSYM), Sayısal Arazi Modeli(SAM), Synthetic Aperture Radar(SAR), LIDAR veri kümeleri gibi bina tespiti için kullanılan veri türleri göz önünde bulundurulduğunda, mevcut yöntemler iki gruba ayrılabilir: birincisi 3B görüntü sağlayıcı veri setlerini kullanarak bina algılama ve ikincisi ise optik sistemler kullanarak bina tespiti. Son zamanlarda, algılama görüntülerinden binaları tespit etmek ve çıkarmak için sınıflandırma yöntemlerine dayanan bazı yöntemler önerilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma ve Hough dönüşüm ile Lee ve ark., İkonos görüntülerinden binaları çıkarmak için yeni bir yöntem sunmaktadır. Önerilen model yapılarının, doğru ve detaylı bina çatıları seti elde etmek için denetlenen sınıflandırma yöntemine bağlı olduğunu göstermişlerdir [2].

Erener, çalışmasında bina tespitinde en yaygın kullanılan iki farklı sınıflandırma algoritmalarından Maximum Likelihood Classifier(EBOS) ve destek vektör makineleri(DVM) yöntemlerinin performansını basitten kompleks yapıya sahip altı farklı kentsel bölgede karşılaştırmıştır. Çalışmada performans karşılaştırması için Quickbird görüntülerine temel bileşenler ve yoğunluk görüntüleri ek bant olarak eklenmiş ve hücre tabanlı ve nesne tabanlı doğruluk değerlendirmeleri ile farklılıklar ortaya konulmuştur [3].

Ayrıca, İnglada insan yapımı nesnelere yüksek çözünürlüklü optik uzaktan algılama görüntülerinden tespit etmek için geometrik görüntü özelliklerini destek vektör makineleri sınıflandırmasında(DVM) kullanmıştır. DVM'yi öğrenmek için sadece SPOT 5 uydu görüntülerinin orijinal bantlarını kullanmıştır. Daha sonra, Normalized Difference Vegetation Index(NDVI), nDSM gibi ek bantlar ve çeşitli doku ölçüleri ek olarak kullanılmıştır. Ek bantların bir etkisi olarak, bina algılama metodunun doğruluğunun yaklaşık %10 oranında arttığı görülmüştür [4].

Yastıklı, LIDAR ve hava fotoğraflarının füzyonu ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanarak otomatik bina çıkarımı gerçekleştirmiştir. Bu amaca ulaşmak için bulanık mantığa dayalı sınıflandırma, farklı segmentasyonlar, NDVI ve Hough dönüşümü ile yardımcı veri setleri üretimini ve analizlerini içeren kural setleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonunda doğruluk analizi ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu şekilde kentsel alanlara ilişkin geliştirilen kural setleri ve geliştirilen yöntemin, kaçak yapılaşmanın takibi ve önlenmesi, doğal afet ve kriz yöntemi gibi önemli birçok alanlarda kullanılabileceğini ispatlamışlardır [5].

Sefercik ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri kullanarak otomatik bina tespiti performansının artırılmasına yönelik yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmada Türkiye'nin her bölgesine ait uydu görüntülerinden normalize edilmiş sayısal yüzey modelleri (nSYM) oluşturularak uydu görüntülerinden otomatik bina çıkarımında yükseklik verisi sağlanmış ve elde edilen veriyi segmentasyon aşamasında ağırlığı düşük bir bant olarak eklemiştirler. Çalışma sonucuna göre uygulamanın doğruluğu %24, tamlığının %2.5 ve genel kalitesinin %22.7 oranında arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca referans

hava fotoğraflarındaki binaların alansal büyüklüğünden olan farkın da %21.64'ten %8.54'e düştüğünü ispatlamışlardır [6].

Bu çalışmada ise uzaktan algılama yöntemlerinden LIDAR verisi, ortofoto görüntüleri ve CBS yöntemleri kullanılarak bina tespitinde performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda ortofoto görüntülerinden ve ortofoto görüntülerine ek bant olarak eklenen LIDAR verileri ile ayrı ayrı analizler yapılarak elde edilen sonuçlar CBS ortamında karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların bina performansı değerlendirmesindeki etkisinin tespiti için yer gerçeği verileri ile doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Çalışma alanı olarak İstanbul'da yer alan Küçükçekmece bölgesi seçilmiştir. Küçükçekmece 28°47'38" -28°48'00" Doğu boylamları, 41°00'00"-41°00'23"Kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Çalışma bölgesi sık binalar, farklı bina yapıları (meskun, ticari, sanayi vb.), yeşillik alanlar ve dar sokaklardan oluşmaktadır (Şekil 1).



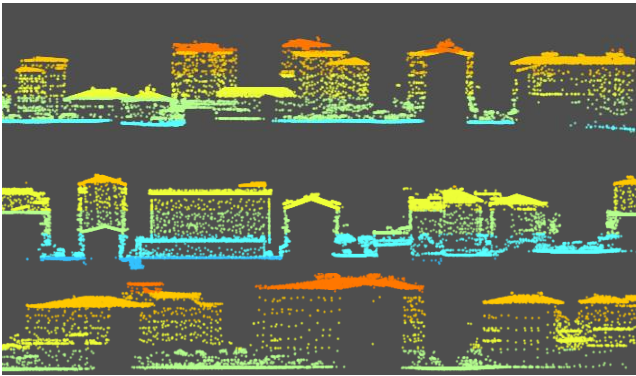
Şekil 1. Çalışma alanı İstanbul Küçükçekmece ilçesi

Çalışma alanına ait LIDAR verisi, ortofoto görüntüsü ve aynı alanın bina taban haritası İSTAÇ A.Ş. ve Dünya Harita Firmasından temin edilmiş olup verilere ilişkin bilgi Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Çalışma alanında kullanılan veriler

Veri	Format	Ölçek	Tür	Yıl	Kaynak
LİDAR	Nokta bulutu		.las	2013	İSTAÇ A.Ş.
Ortofoto	Raster	1/1000	Ortofoto	2013	İSTAÇ A.Ş.
Hâlihazır	Exel	1/1000	DGN	2013	Dünya Harita

Bölgede bulunan binaların tespiti için kullanılan LIDAR ham verisi 0.3m örnekleme aralığındaki nokta bulutu, Lazer tarama türü Airborne-Based-Hava Platform Temelli(ALS) sisteminde olup kalibre yapılarak georeferanslandırılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan LIDAR verisine ait üç farklı profil kesitine ait görüntüler Şekil 2’de sunulmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi alanda birbirinden farklı yükseklikte, farklı genişlikte bina yapıları ve bitki dokusu bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan 25 cm konumsal çözünürlüklü ortofoto 8 bit radyometrik çözünürlükte .tiff formatında kaydedilmiştir. Elde edilecek sonuçların doğruluk kontrolü için eş zamanda yapılan yersel hâlihazır verisi ve exel ortamında bulunan binalara ait öznitelik bilgileri CBS ortamına aktarılarak, mekânsal anlamda farklılıkları gözlemleyebilmek amacı ile haritalanmıştır.

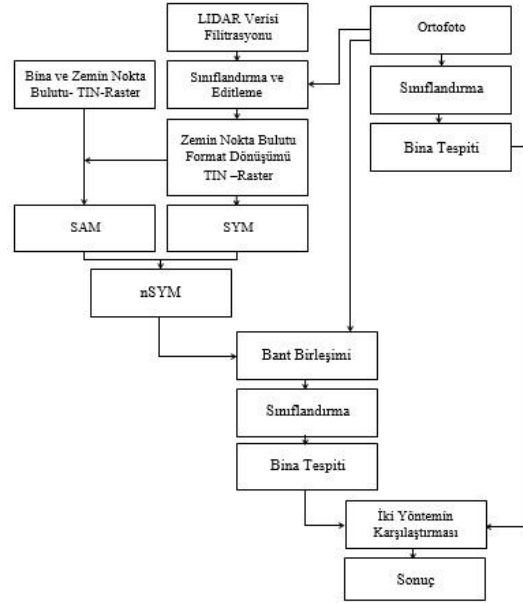


Şekil 2. Ham LIDAR verisine ait farklı profil kesitlerine ait görüntüler

3. Amaç ve Yöntem

Bu çalışma dört temel aşamadan oluşmaktadır: İlk aşamada bölgeye ait ortofoto görüntüsü üzerinden bina tespiti için sınıflandırma çalışması yapılmıştır. İkinci aşamada LIDAR nokta bulutu kullanılarak nSYM elde edilmiştir. Bu veri, bina taban alanlarını ve binaya ait 3.

boyutta yükseklik bilgisini içermektedir. Üçüncü aşamada ise ikinci aşamadan elde edilen nSYM verisi ek bant olarak Ortofoto bantları ile birleştirilerek yeni bir sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Son adımda ise ortofoto görüntü bantları ile elde edilen sınıflandırma sonuçları ile nSYM’nin ortofoto bantlarına ek bant olarak ilave edildiği sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak bina tespiti performansının nasıl etkilendiği değerlendirilmiştir. Buna göre çalışmaya ait izlenen iş akış şeması Şekil 3’de özetlenmiştir.



Şekil 3. Çalışma akış şeması

4. Ortofoto ile Bina Tespiti

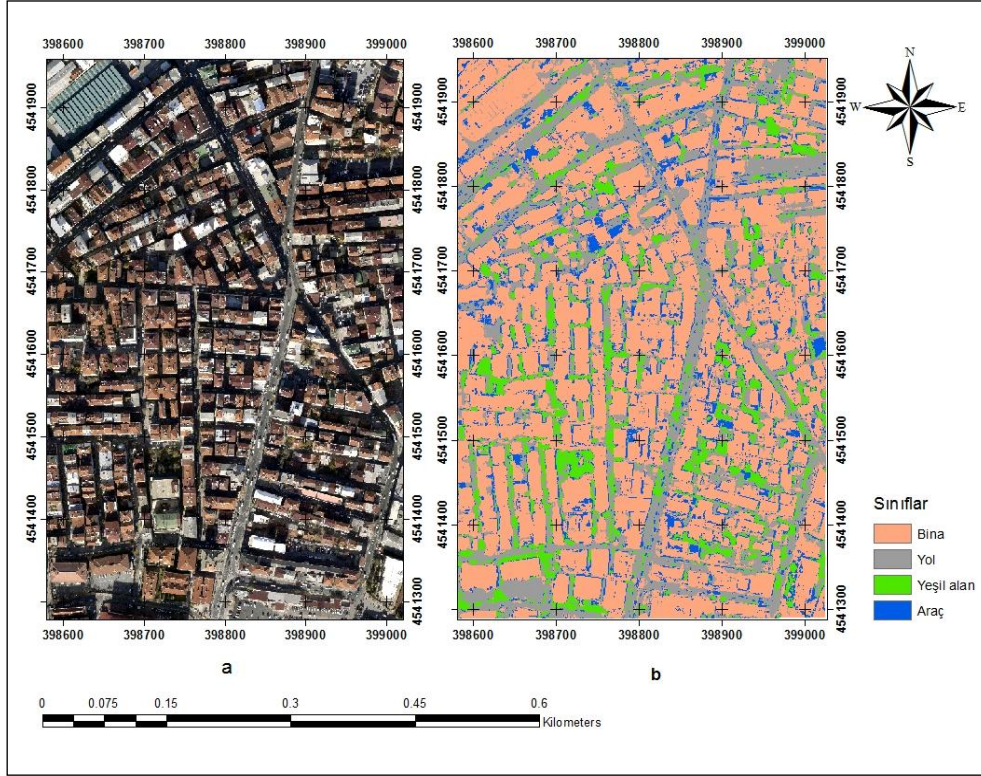
Çalışma alanındaki binaların tespit edilmesi için bölgeyi kapsayan ortofoto görüntüsü üzerinden kontrollü sınıflandırma uygulaması yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırmada görüntü işleme yazılımı, kullanıcıyı ilgi alanında arazi örtüsü sınıflarını belirleme konusunda yönlendirir. Kullanıcı, “eğitim alanları” nı tanımlar. Eğitim alanları, belirli bir arazi örtüsü tipini temsil ettiği bilinen haritadaki alanlar olup her bir arazi örtüsü türü için tanımlanır. Yazılım, her bir eğitim alanı içindeki piksellerin spektral imzasını belirler ve bu bilgileri, tüm giriş bantları veya katmanları ile ilişkili olarak sınıfların ortalama ve varyansını tanımlamak için kullanır. Görüntüdeki her piksel, daha sonra spektral imzasına dayanarak en yakın eşleşen sınıfa atanır. Yazılımın, görüntünün geri kalan kısmını doğru bir şekilde sınıflandırmasına olanak tanımak için, her arazi örtüsü tipindeki tüm çeşitliliği kapsayan eğitim alanlarını seçmek önemlidir. Kontrollü sınıflandırma yanında yaygın olarak kullanılan sınıflandırma algoritmalarından bazıları, paralelepiped

sınıflandırma, destek vektör makineleri ve en kısa mesafe sınıflandırmasıdır[7].

Çalışma alanında bina, yol, yeşil alan ve araç gibi farklı nesnelere için sınıflandırma uygulamasında dört ayrı sınıf seçilmiştir. Uygulama ArcGIS 10.5 yazılımı ortamında yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma sonunda uygulama performansının değerlendirilmesi için doğruluk analizi yapılmıştır.

Doğruluk analizi için sınıflandırma sonucu ve yer gerçeği verilerinden bir hata matrisi oluşturulmuştur. Uygulama sonucunda ise bu hata matrisi kullanılarak genel doğruluk %79 ve kapa değeri ise 0.72 elde edilmiştir.

Buna göre Tablo 2 dikkate alınarak hata matrisi oluşturulmuştur. Formül (1)'e göre kapa değeri ve Formül (2)'ye göre ise toplam doğruluk değeri (TDD) hesaplanmıştır [8].



Şekil 4. Çalışma alanı a. Ortofoto görüntü, b. Sınıflandırılmış görüntü

Tablo 2. Sınıflandırma Performansı, Hata Matrisi

	Sınıflar	Sınıflara Ayrılmış Piksel Sayısı				I	II	III	IV
		1	2	3	4				
Bilinen Sınıf Tipi Referans Verisi	1	65	5	0	9	79	81.25	14	15
	2	13	60	3	4	80	75.00	20	20
	3	0	3	77	0	80	96.25	3	3
	4	21	8	0	51	80	63.75	29	29
	V	80	80	80	80	319		66	67
		Bina	Yol	Yeşil alan	Araç				

I = Satır toplamı,

II = Her bir sınıfın yüzde olarak sınıflandırma doğruluğu,

III = Referans verisinde i sınıfına ait olan, fakat sınıflandırma sonucu i sınıfına atanmamış piksel sayısı,

IV = Sınıflandırma sonucu i sınıfına atanmış olan, fakat referans verisinde i sınıfında olmayan piksel sayısı,

V = Sütun toplamını,

i = Sınıf adını ifade eder.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}}{2 \sum_{i=1}^r x_{i+} * x_{+i}} \quad (1)$$

K= kapa değeri

r= köşegen değer sayısı;

x_{ii}= hata matrisinin köşegen elemanları;

x_{i+}= satır toplamı;

x_{+i}=sütun toplamı

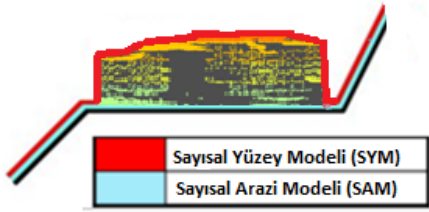
N = Hata matrisindeki toplam kat sayısı

$$TDD = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \quad (2)$$

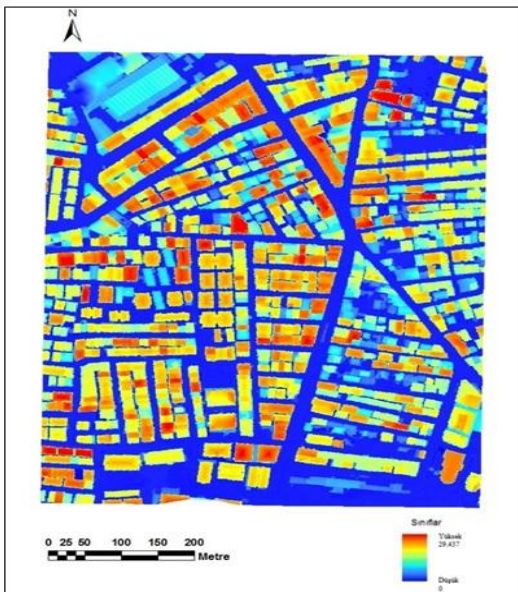
TDD= Toplam Doğruluk Değeri

5. LIDAR ile nSYM Tespiti

LIDAR verisi ile SYM oluşturularak zemin üzerindeki objelerin tespiti yapılmıştır. Bu amaçla nokta bulutu verisine yükseklik filtresi uygulanmış olup zemin ve diğer topoğrafyayı temsil eden objeler sınıflandırılmıştır. Zemini temsil eden noktalar bir sınıf ve geri kalan noktalar (bitki, binalar, araçlar) ayrı bir sınıfa atanmıştır. Sadece zemine ait bilgiye ulaşabilmek için obje sınıfı veri tabanından filtrelenmiştir. Zemin yüksekliğini temsil eden nokta grubunun programda kullanılabilmesi için veri yazılıma uygun formata (.shp) dönüştürülmüştür. Daha sonra TIN modeli oluşturularak raster formatına dönüştürülmüş olup SAM elde edilmiştir. SAM bitkiler ve binalar gibi herhangi bir nesne olmadan yalın arazi yüzeyini temsil etmektedir. SAM'ı temsil eden her bir hücre değeri mekânsal konumu ve zemine ait ortalama deniz seviyesinden olan yükseklik değerini içermektedir(Şekil 5).



Şekil 5. SAM ve SYM



Şekil 6. nSYM

Çalışmada bina izlerinin çıkarılması için bina ve zemin sınıflarına ait noktalar kullanılarak SYM oluşturulmuştur. SYM yeryüzünü temsil eder ve tüm nesnelere (orman, bina, bitki örtüsü v.b. detayları) içermektedir. Oluşturulmuş SYM ve SAM'ın birbirinden farkının alınması ile nSYM elde edilmiş olup zemin üstünde bulunan objelere ait veri elde edilmiştir. SAM, SYM ve nSYM verileri Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmuştur.

6. LIDAR Verilerin Yardımı ile Bina Tespiti

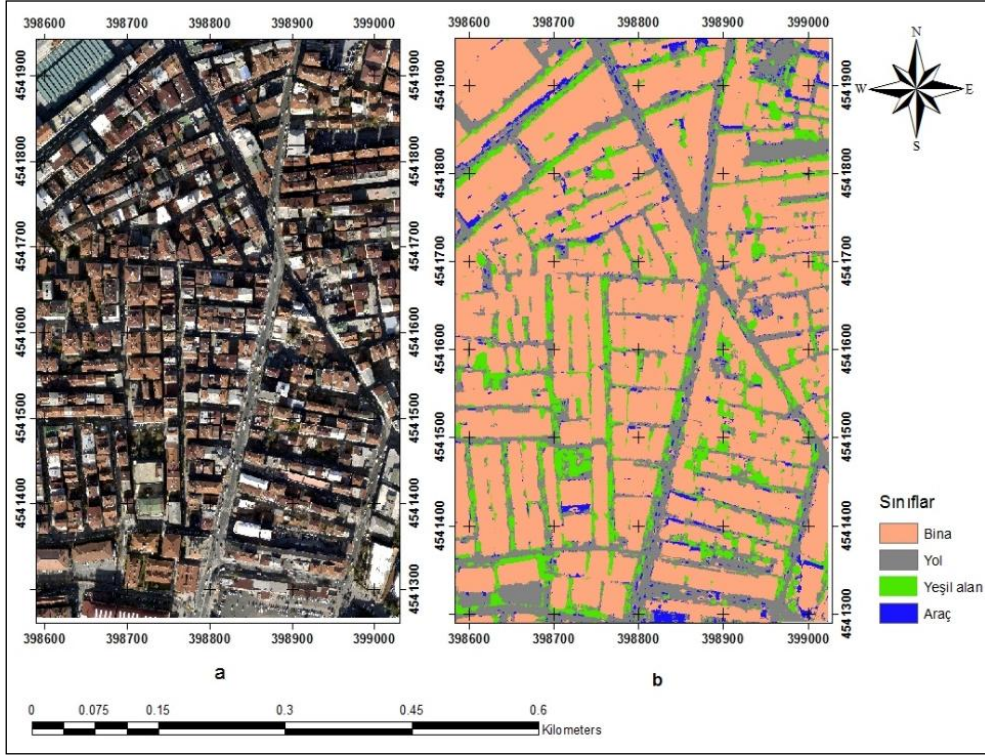
Bu aşama LIDAR verilerinden üretilen nSYM verisinin, ortofoto görüntü bantlarına ek bant olarak eklenerek bina tespiti çalışmasını içermektedir. Ortofoto görüntüsünden yapılan sınıflandırma çalışmasına göre sınıflandırma performansını değerlendirmek amacı ile ek bant sonrası veriye tekrar sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırmada farklılık yaratmaması için aynı örnekleme alanları tekrar kullanılarak sınıflandırma işlemi ek bant eklenmiş veriye uygulanmıştır. Çalışma alanında objeler dört sınıfa (bina, yol, yeşil ve araçlar) ayrılmış ve kontrollü sınıflandırma yöntemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yeşil alan, yollar ve araçlar bir sınıf olarak atanmış ve sadece bina sınıfı ek bant içeriğinde bırakılmıştır. Buna göre Tablo 3'te görüldüğü gibi yeni bir hata matrisi oluşturulmuş olup doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Sınıflandırma Performansı, LIDAR verisi ile desteklenmiş Hata Matrisi

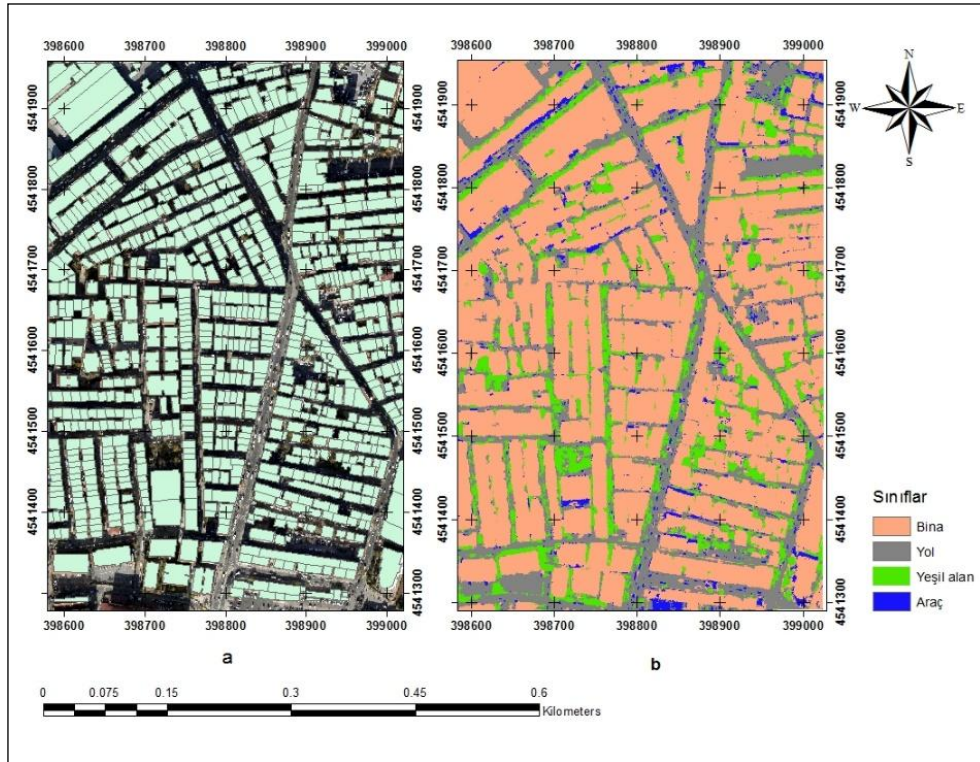
		Sınıflara Ayrılmış Piksel Sayısı							
		1	2	3	4	I	II	III	IV
Bilinen Sınıf Tipi Referans Verisi	1	80	0	0	0	80	100	0	0
	2	6	66	6	2	80	82.5	14	14
	3	3	2	75	0	80	93.75	5	5
	4	1	22	6	51	80	63.75	29	29
V		80	80	80	80	320		48	48
		Bina	Yol	Yeşil alan	Araç				

LIDAR'dan elde edilmiş bina verilerinin ek bant olarak eklendiği yöntem sonucunda genel doğruluk değeri %85 ve kappa değeri ise 0.80 elde edilmiştir. Şekil 7'de

sınıflandırılmış ortofoto ile LIDAR'dan elde edilen raster birleşimi gösterilmiştir.



Şekil 7. Sınıflandırılmış ortofoto ile LIDAR'dan elde edilen raster birleşimi, a. Ortofoto b. Sınıflandırılmış görüntü



Şekil 8. Hâlihazır harita ortofoto üzerinde konumu a. Ortofoto üzerinde yerleştirilmiş hâlihazır harita, b. Sınıflandırılmış görüntü

7. Performans Değerlendirilmesi

LIDAR verisi son yıllarda genellikle SAM elde etme amaçlı olmak üzere daha çok kadastral ve topoğrafik uygulamalarda kullanılmaktadır. Binaların sık olmadığı alanlarda ise binaya ait bilgiler yüksek doğrulukla elde edilebilmektedir. Bu çalışmada ise kullanılan yöntemin etkisini araştırmak için özellikle sık binaların, farklı bina yapılarının (meskun, ticari, sanayi vb.) ve dar sokakların olduğu bir çalışma alanı seçilmiş olup LIDAR verileri ile desteklenmiş ortofoto görüntülerinden bina tespiti performans değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu bölgede yapılar karmaşık bir dokuya sahip olmasına rağmen alana ait ortofotoya, LIDAR verileri yardımı ile elde edilen nSYM'nin ek bant olarak eklenmesi ile bina tespiti performansının pozitif yönde etkilediği görülmektedir.

Bu çalışmada sadece ortofoto kullanıldığında bina tespiti performansının düşük olduğu ve LIDAR veri yardımı ile nSYM'nin ek bant olarak tespit edilerek farklı bir bant olarak ortofoto ile birleştirildiğinde bina tespiti performansının arttığı ispat edilmiştir. Performans değerlendirmesi bölgeye ait bina taban izi haritası ile sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılması ile yapılmıştır. Tablo 4'de görüldüğü gibi LIDAR verisi ile desteklenmiş ortofoto sınıflandırılmasının yer gerçeği verilerine daha yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4. Farklı haritalara ait bina alanları ve doğruluk analizi sonuçları

Harita	Bina Alanı (m ²)	Genel Doğruluk	Kappa Katsayısı
Sınıflandırılmış Ortofoto	140073.31	%79	0.72
Ortofoto ve LİDAR verisi birleşimin sınıflandırması	160019.23	%85	0.80
Hâlihazır Harita	158559.63	-	-

8. Sonuçlar

LIDAR sistemleri haritalama alanında bilim insanlarının yüksek doğruluk ve hassasiyette hem doğal hem de yapay ortamları incelemelerine olanak tanımaktadır. Bilim insanları daha hassas kıyı haritalarını üretmek, coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılmak üzere dijital yükseklik modelleri yapmak, acil durum müdahale operasyonlarında ve diğer birçok uygulamada LIDAR kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ise LIDAR verisi ile desteklenmiş

ortofoto sınıflandırılmasında, sınıflandırma genel doğruluğunun %79'dan %85'e yükseldiği, kappa istatistiğinin ise 0.72'den 0.80'e yükseldiği gözlenmiştir. LIDAR çalışmaları yüksek maliyeti dışında, farklı bir bilgi gerektirmeyen basit, hızlı, zaman ve doğruluk açısından etkili bir yöntemdir.

Çalışma performansını olumsuz etkileyen etmenler kentin metropoliten bir yapıda olması, kontrol verilerinin denetlenememesi, binaların birbirine çok yakın bitişik nizamda olması gibi sebepler sıralanabilir. Bunun yanı sıra farklı bina çeşitleri ve farklı arazi sınıflarının bir arada bulunmasında çalışmaya daha genel ve gerçekçi bir bakış açısına sahip olması konusunda değer kazandırmıştır. Ayrıca LIDAR kullanımıyla spektral hata kaynaklarından da uzak kalınmıştır.

Bu ve benzeri çalışmalar ileriye yönelik kaçak yapılaşmanın takibi, afet anında hasarlı ve hasarsız binaların tespiti gibi çalışmalarda altlık olarak kullanılabilmesi gibi bölgedeki bina yoğunluğunun hesaplanması ve hasar tahmini gibi çeşitli uygulamalar için de kullanılabilir bir altlık sunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Jeoinformasyon Bölümü'nde yapılan yüksek lisans tezinin bir bölümünü içermektedir. Yazarlar ayrıca bu çalışmaya bilgi ve veri altlığı ile destek sunan İSTAÇ A.Ş. ve Dünya Harita Firması'na teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

- [1] Yılmaz M., 2015. Hava LIDAR nokta bulutunun sayısal yüksek modeli doğruluğunda etkisi. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(3), 15-20.
- [2] Lee D. S., 2003. Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery. Fotogrametrik Engineering and Remote Sensing Dergisi, 69(2), 143-150.
- [3] Erener A., 2013. Classification Method, Spectral Diversity, Band Combination and Accuracy Assessment Evaluation for Urban Feature Detection. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 397-408.
- [4] Inglada J., 2007. Automatic recognition of man-made objects in high resolution optical remote sensing images by SVM classification of geometric image features. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62(3), 236-248.
- [5] Yastıklı N., 2011. LIDAR ve hava fotoğraflarının füzyonu ile otomatik bina çıkarımı. 13 üncü Türkiye

- Harita, Bilimsel ve Teknik Kurultayı Poster Sunumu. Shereton Oteli, Ankara, 18-22 Nisan 2011, s. 14.
- [6] Sefercik U. G., Karakış S., Bayık Ç., Alkan M., Yastıklı N., 2014. Yüksek Çözünürlüklü Optik Uydu Görüntülerinden Otomatik Bina Çıkarımı Performansının Arttırılmasına Yönelik Yeni Bir Yaklaşım-Quicbird Örneği. 5 inci Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, İstanbul, 14-17 Ekim 2014.
- [7] Humboldt Devlet Üniversitesi web sitesi 2014, http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson6-1/supervised.html.
- [8] Congalton R. G., 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, **37**, 35-46.