YASA DIŞI YAPILAŐMANIN LIDAR VERİLERİ VE İMAR PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İLE SAPTANMASI

Beril VAROL¹, Elif Özlem YILMAZ², Derya MAKTAV³, Serdar BAYBURT⁴

¹İTÜ, Geomatik Mühendisliđi Böl., 34469, Maslak, İstanbul, varolber@itu.edu.tr

²İTÜ, Geomatik Mühendisliđi Böl., 34469, Maslak, İstanbul, yilmazelif@itu.edu.tr

³İTÜ, Geomatik Mühendisliđi Böl., 34469, Maslak, İstanbul, maktavd@itu.edu.tr

⁴BIMTAS, İstanbul, Turkey, serdar.bayburt@bimtas.istanbul

ÖZET

Yasadıőı yapılaőma, çarpık kentleşmeye ve dengesiz kent yapısına neden olmakta, özellikle yüksek nüfuslu kentlerde teknik ve sosyal açılardan büyük bir sorun oluşturabilmektedir. İmar uygulaması yapılacak kentsel alanlar hakkında detaylı teknik bilgiler veren imar planları, bir binanın zemin üzerinde kaplaması gereken maksimum alanı ve kat adetleri ile oranlarının sınır değerlerini de vermektedir. Bu planlar, her ne kadar olması gereken kent yapısı için ideali belirtse de pratikte uygulanması, özellikle İstanbul gibi kentsel dönüşüm geçiren kentlerde zorlayıcı olabilmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'un Üsküdar ilçesinde Güzeltepe mahallesine ait hava LIDAR nokta bulutu verileri ile bölgenin imar planları karşılaştırılmış ve bu verilerin planlarla ne kadar uyduğu araştırılmıştır. Mevcut imar planları CBS ortamına aktarılmış ve LIDAR verilerinden, dijital yüzey modeli (DSM), dijital arazi modeli (DTM) ve normalize edilmiş dijital yüzey modeli (nDSM) üretilerek bina yükseklikleri elde edilmiştir. Ayrıca bina verileri CityGML semantik yapısına dönüőtürülerek binalara ait çatı ve cephe detaylarının ayrımı da yapılmıştır. Bu bina yükseklik verileri imar planlarındaki sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, otomatik bina çıkarımı ve 3D model üretimi ile kentsel değişim kontrolünde uygulanma potansiyeli olabilir.

Anahtar Sözcükler: kentleşme, imar planı, LIDAR, DTM, DSM, nDSM

ABSTRACT

DETECTION OF ILLEGAL CONSTRUCTIONS BY COMPARING LIDAR DATA WITH DEVELOPMENT PLANS

Illegal building construction can lead to crooked urbanization and unbalanced urban structure, especially in highly populated cities. Building coverage and floor ratios are defined by the development plans and they limit the highest possible values for construction in a particular area. However, in cities that are going under urban transformation, such as İstanbul, it can be very challenging to apply the plans to the real life. In this study, LIDAR point cloud data and development plans of the region were compared and their cohesion is examined. The development plans were transformed into GIS format. Digital terrain models (DTM) and digital surface models (DSM) are created with LIDAR data, and normalized DSMs (nDSM) are obtained to extract the building heights. In addition, the building data are converted into the CityGML semantic structure and the roof and facade details of the building were determined. These extracted building heights are then compared with the limit values. Results obtained from this study may be potentially useful for automatic building extraction, 3D model production and controlling the urban changes.

Keywords: urbanization, development plan, LIDAR, DTM, DSM, nDSM

1. GİRİŐ

Mülkiyet, kent yaşamında insanlara eşya üzerinde kullanım hakkı veren bir kavramdır ve bu hakkın yasalar ile korunması, kentin düzenli bir şekilde sürdürülebilmesi açısından oldukça önemlidir (Reisoğlu, 1980). Düzenli kentsel planların olması kentsel yaşamın da daha düzenli olmasını sağlar. Örneđin, İstanbul özellikle çok kalabalık bir kent olduğundan, yerleşim ve iş alanlarına olan talep gittikçe artmakta ve bu da doğal olarak yapıların artmasına neden olmaktadır. Ancak talebin uygulanabilecek planlama sürecinden daha hızlı artması, önceden planlanmış senaryolara uymamakta ve plan dışı yapı eklemeleri oluşmaktadır. Kentteki çeşitli imkânlarla göre de insanların yoğunlaőtığı bölgelerde nüfus ve yerleşim yığılması görülmektedir. Bu da kentin düzgün bir plana uymadan organik gelişmesine yol açmaktadır (Ioannidis, vb, 2009). Düzgün bir gelişimin sağlanması için de kentsel dönüşüm uygulaması gereklidir. Bu dönüşüm, yalnızca kentsel yapıların yenilenmesiyle değil, aynı zamanda sosyo kültürel farkındalığın da geliştirilmesi ile mümkün olabilir. Alt yapı ve ulaşım hizmetleri gibi gereksinimlerin devlet ve özel kurumlar tarafından sağlanması gerekir (Şişman ve Kibaröđlu, 2009). Kayıt dışı olan ve vergilenemeyen yasa dışı binaların artması problemlere yol açtığı gibi, bu tür binalar için oluşturulan zorunlu alt yapılar da kaçak kullanıma yol açmaktadır. Bu nedenle bu tür binaların en kısa zamanda saptanması, kayıt altına alınması ve bunlara müdahale edilmesi gerekir. 2018 yılında çıkarılan İmar Barış Yasaı da bu çerçevede değerlendirilebilir. Türkiye'de alt yapı ve güçlendirme eksikliği bulunan, ekonomik ve sosyal açıdan zayıf ve suç oranı artan birçok kent bulunmaktadır. Bu bölgelerde kentsel dönüşüme özellikle gereksinim duyulmaktadır. 1980'lerden beri Türkiye'de kentsel dönüşüm

önem kazanmıştır. Ancak, bu dönüşümle ilgili olarak çıkarılan çok sayıda kanun ve yönetmelik olmasına karşın, uygulamalar ne yazık ki yalnızca fiziksel değişimden öteye gidememektedir (Şişman ve Kibaroglu, 2009).

Son zamanlarda uzaktan algılama ağırlıklı olarak, kentsel alanlarda otomatik bina çıkarımı, değişim belirleme ve sınıflandırma, vb. gibi yöntemler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Singhal ve Radhika, 2014; Benedek vb, 2010; Yastıklı ve Çetin, 2017). Ayrıca, özellikle yüksek doğruluğa sahip olması ve yersel haritalamanın mümkün olmadığı alanlarda veri sağlayabilmesi gibi nedenlerden dolayı, LIDAR verileri de kent kapsamındaki çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır (Maltezos ve Ioannidis, 2015; Pang vb, 2014; Ioannidis vb, 2009; Uzar ve Yastıklı, 2013). Bu çalışmada da günümüzde oldukça önemli olan imar uygulamalarında LIDAR verilerinin kullanılabilirliği gösterilmiş, karşılaştırma ve doğruluk analizi ile gelecekteki potansiyeli irdelenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İstanbul'un Üsküdar ilçesinde bulunan Güzeltepe mahallesidir. Alanın köşe koordinatları (Y=421,093.591m, X=4,547,294.825m), (Y=422,329.727m, X=4,547,318.109m), (Y=422,365.710m, X=4,546,039.639m), (Y=420,989.874m, X=4,546,045.989m) dır. Koordinatlar UTM Zone-35 içinde tanımlanmıştır ve referans elipsoit olarak WGS-84 kullanılmıştır. Yüz ölçümü 288 ha olan ve toplam 1649 binanın bulunduğu bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilme nedeni, karmaşık ve düzensiz yerleşim yapıları bulunduran ve plana aykırı hukuksal sorunlu olduğu bilinen bölgelerden biri olmasıdır. Ayrıca, bölgeye ait hava LIDAR verilerinin mevcut ve ulaşılabilir olması da alan seçiminde etkili olmuştur (Şekil 1).

a) Üsküdar ilçesinin İstanbul'da konumu

b) Güzeltepe mahallesinin Üsküdar'da konumu

Şekil 1. Çalışma alanı: Güzeltepe mahallesi.

2.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar

2013 yılında helikopterden elde edilen LIDAR verileri Bimtaş'tan, bölgeye ait imar planları ise Üsküdar Belediyesinden temin edilmiştir. Çalışmada yapılan dijital ön işleme, sınıflandırma ve analiz işlemlerinde MicroStation, Terrasolid, ArcGIS, ENVI, ERDAS, NETCAD yazılımları ve Google Earth geo-tarayıcısı kullanılmıştır.

3. METODOLOJİ

3.1 LIDAR Verileri, Nokta Bulutu Sınıflandırması ve Model Üretimi

Çalışmada, Güzeltepe çalışma alanını kapsayan 8 adet 1/1000 ölçekli harita althığına karşılık gelen 3D LIDAR nokta bulutu kullanılmıştır. Uçuş şerit dengelemesi ve yer kontrol yüzeyleriyle geometrik düzeltmeleri Bimtaş tarafından yapılan nokta bulutu, Terrasolid yazılımı kullanılarak sınıflandırılmıştır. Katmanlar hâline getirilmiş nokta bulutu, .LAS uzantılı verilerin TerraScan modülü ile sınıflandırılmasıyla üretilmiştir. Sınıflandırılmış veriler; 'yer', 'bina', 'bitki örtüsü' ve diğer temel sınıfları içermektedir. Bitki örtüsü sınıfı ayrıca, 'yer' sınıfından ne kadar yüksekte olduğuna göre; alçak (low vegetation), orta (medium vegetation) ve yüksek (high vegetation) bitki örtüsü olarak alt sınıflara ayrılmıştır. Sınıflandırılmış nokta bulutu Şekil 2'de, temel sınıflar ise Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. LIDAR Nokta Bulutu Temel Sınıfları.

1	Default
2	Ground
3	Low vegetation (0,25 m)
4	Medium vegetation (0,25-2,5 m)
5	High vegetation (2,5 m - above)
6	Building
7	Low point
8	Model key points
9	Error

Şekil 2. Güzeltepe çalışma alanına ait sınıflandırılmış LIDAR nokta bulutu (Yer: turuncu, bitki örtüsü: yeşil, binalar: kırmızı).

‘Ground’ sınıfı yalın yer yüzeyini, ‘vegetation’ sınıfı belli yüksekliklerdeki bitki örtüsünü, ‘building’ sınıfı binaları, ‘low point’ sınıfı ‘ground’ sınıfının altında kalan noktaları, ‘model key points’ sınıfı ortofoto üretimi için kullanılan sadeleştirilmiş karakteristik yer noktalarını, ‘error’ sınıfı ise herhangi bir sınıfa ait olmayan hatalı noktaları ifade etmektedir.

DTM, ‘ground’ sınıfından üretilen, detayların (bitki örtüsü, elektrik direği vb.) dahil edilmediği ve yer noktalarının x, y ve z değerleri kullanılarak üretilen matematiksel bir yüzey modelidir. Bu modelde, .LAS verilerinin yoğunluğu minimum 16 nokta/m² olduğu için 25 cm grid aralıklı bir DTM üretimine olanak vermektedir. DSM, yer yüzeyindeki görünür tüm nesneleri içeren matematiksel bir model olup nDSM ise tüm detayları içeren yükseklik modelinden yalın yeryüzü modelinin çıkarılması ile elde edilir. Bu çalışma alanı (288 ha) için üretilen DTM, DSM ve nDSM’ler .TIFF raster formatına dönüştürülmüştür.

Bimtaş tarafından 2013 yılında tamamlanan bir proje kapsamında İstanbul ili idari sınırları içinde toplam 5400 km² alanın, lazer tarayıcıya entegre sistemler kullanılarak taramaları ve görüntü alımları yapılarak geo-referanslı LAS verileri elde edilmiştir. Uygulama alanına ait DSM, DTM, nDSM ve LoD-2 düzey CityGML formatında 3D bina modelleri ise bu çalışma kapsamında oluşturulmuştur (Şekil 4). Elde edilen LIDAR nokta bulutu verileri ile istenilen detay seviyesindeki 3D bina modeli elde edilene kadar, çeşitli sınıflandırmalar otomatik ve manuel olarak yapılmıştır (Şekil 3).

İstanbul’da bazı bölgelerdeki yoğun yapılaşmadan ya da topoğrafyadaki eğim farklılıklarından dolayı LIDAR nokta bulutunun sınıflandırılmasında, ‘bina-bitki’ ve ‘zemin-bina’ sınıfları arasındaki ayrım net bir şekilde yapılamamıştır. Özellikle arazi eğiminin fazla olduğu yerlerde, topoğrafya ile zemine yakın binaların ayrımı tam olarak yapılamamış, bina çatıları zemin sınıfına karışmıştır. Ayrıca ‘high vegetation’ sınıfına atanmış olan, ≥ 2.30 binalara çok yakın olan veya dalları çatıların üzerine düşmüş olan ağaçlar, binaların sınıflandırılmasında sorunlara yol açmıştır. Bu sorunların giderilmesi için LIDAR verileri üzerinde detaylı manuel çalışma gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).

Şekil 3. LoD-2 seviye bina modeli.

LIDAR nokta bulutunda kesitler alınarak çalışılmış, ‘bina-topoğrafya’ ve ‘bina-bitki örtüsü’ sınıflarının ayrımının düzgün yapılamadığı yerlerde kesitler alınarak sınıflandırma sonuçları düzeltilmiştir. Editleme işlemleri bitirildikten sonra, bina vektörlerinin oluşturulması işlemlerine başlanmıştır. Öncelikle nokta bulutu verileri otomatik sınıflandırılmış, daha sonra ise manuel editlemeler yapılmıştır. Binalara ait 3D modeller oluşturulurken, hava fotoğrafları ve 1/1000’lik hâlihazır haritalar kullanılarak bina vektörleri oluşturulmuştur. Hâlihazır haritalardan bina dış hatlarına ait poligonlar kullanılarak, bina dış sınırlarının düzgün olması sağlanmıştır. Gereken durumlarda hava fotoğraflarından da yararlanılarak eksik ve hatalı binalar düzeltilmiştir.

Şekil 4. LIDAR sınıflandırmasının manuel düzeltilmesi.

Terrasolid-TerraModeler alt modülü kullanılarak çatı yüzeyleri belirlenmiş ve bu yüzeyler arazi modeline uzatılarak bina cepheleri oluşturulmuştur. Cami kubbeleri, minareler, köprü ve viyadükler gibi yapılar hariç, tüm binalar için işlem otomatik yapılmıştır. Cami kubbeleri gibi özel yapılar amorf yüzeyler içerdiğinden, otomatik sınıflandırıldığında gerçeğe uzak sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bunun yerine, bu spesifik durumlar için bire bir detaylı modellemelerin yapılması sonuçların doğruluğunu oldukça arttırmaktadır.

3D kent modelleri; arazi, bina, bitki modelleri ve yollar gibi ulaşım ağlarını da içeren mekânsal tabanlı kent verilerinin 3D bir ortamda gösterimini kapsayan ve karar vericilere gerçeğe en yakın modeller üzerinden planlama ve diğer mühendislik hesaplamalarını yapabilmelerini imkân veren, metrik ve sanal bir platformdur. 3D kent modellerinin en önemli özelliği farklı mekânsal bilgilerin tek bir platformda gösterilebilmesidir. Bu modellerin oluşturulması oldukça zor ve karmaşık bir iş olup, her bir model hangi yazılımda üretilmişse o formatta saklanmaktadır. Ancak 3D kent modelleri ile tüm bu modeller tek bir ortamda gösterileceği için formatlar arası dönüşüm ve standart bir kent modeli formatının olması bu konudaki karmaşıklığın giderilebilmesi için son derece önemlidir.

3D bina veri paylaşımını kolaylaştırmak için ilk standartlar CityGML modelleme dili kapsamında oluşturulmuştur. CityGML; 3D sanal kent modellerinin değişimi, sunumu, depolanması ve uygulamalarda altlık olarak kullanılması için tasarlanmış açık yapıda XML-tabanlı bir bilgi modelidir. Detay seviyesi olarak ifade edilen ‘Level of Detail (LoD)’, 3D binalar için ölçek kavramını ifade eder. Ölçek kavramı, 3D modeller için 2D haritalar gibi standart değildir. Şu anda geçerli olan LoD veri çözünürlüğü, semantik bilgilerin içeriğine ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir. LoD kavramına bir standart getiren CityGML; LoD-0, LoD-1, LoD-2, LoD-3 ve LoD-4 olmak üzere beş detay seviyesiyle tanımlanmıştır. LoD-0 3D dijital arazi modelini ifade ederken, detay arttıkça, kutu bina modeli (LoD-1), bina çatıları, çatı tipleri, dış cephe detayları ve dokusu eklenerek model geliştirilmektedir. LoD-3 modele, binanın içindeki odalar, merdivenler, iç duvarlar ve mobilyalar gibi ayrıntılar eklendiğinde de LoD-4 elde edilir. Son dönemlerde LoD kavramı için detay seviyeleri arasındaki ayrıntıları da dikkate alan yeni bir tasarım geliştirilmiştir (Biljecki, 2017). Projedeki iş akışı Şekil 5’te gösterilmiştir.

Bina modelleri bir CAD verisi olduğundan semantik yapıları yoktur. Ayrıca çatı geometrisini oluşturacak olan yüzeylerin birleşiminde kenarların tam yakalanamaması gibi sorunlu geometrileri de içermektedir. Bina modellerindeki hataların giderilmesi ve semantik yapının oluşturulması için, editleme, otomatik ve manuel olmak

üzere iki aşamada yapılmıştır. Otomatik editlemeye FME Workbench (FMW) yazılımı kullanılmıştır. Mekânsal veri çıkarımı, dönüşüm ve veri yükleme ile ilgili bu yazılım, çalışmamız kapsamında .dgn formatındaki CAD verilerini format dönüştürme, veri modeli yapılandırması ve dönüşümü, basit ve kompleks dönüşüm ve veri işleme problemlerini yeni bir yazılım yazmaya gerek kalmadan çözebilmek için tercih edilmiştir.

Şekil 5. İş akış şeması.

Oluşturulan modellerdeki her bir nesne semantik olarak yapılandırılmıştır. Hiyerarşik bir şekilde, bina (building), çatı (roof), cephe (facade), çatı detayı (roof detail), cephe detayı (facade detail) olarak yapılandırılan bina modellerinin çatı ve cephe ayrımı yapılmış ve CityGML veri yapısına uygun olarak akıllandırılmıştır (Şekil 6). Bu işlemlerin otomatik olarak yapılan kısmı FME yazılımında, manuel olarak editlenen kısımları ise CityGRID Modeller yazılımında yapılmıştır. Oluşturulan yapılar CityGML semantiğine uygun CityGRID .XML formatında kaydedilerek ve 1/1000'lik pafta sınırları kullanılarak gruplandırılmıştır.

Şekil 6. Akıllandırılmış bina modeli.

3.2 İmar Planlarından CBS Üretimi

NETCAD ile hazırlanan imar planlarının, gerek formatları, gerekse oluşturulma yapıları farklı olduğundan; bu planların, yükseklik modelleri ile ilişkilendirilmesi bu hâliyle mümkün değildir. Verilerin analiz edilebilmesi için, gerekli katmanların seçilerek CBS formatına aktarılması gerekmektedir. Bu nedenle, bina sınırları, kat sayıları ve maksimum yükseklik sınır bilgileri seçilerek ArcGIS ile bir geo veri tabanına dönüştürülmüştür. Ayrıca, planın datumu ED50'den ITRF96'ya dönüştürülmüştür. Bu dönüşümden sonra herhangi bir geometrik uyumsuzluk olup olmadığı ortofotolar ile kontrol edilmiştir. İmar adalarına ait sınırlar ArcMap yazılımı kullanılarak dijitalleştirilmiştir. Ada sınırlarına karşılık gelen bilgiler, nDSM ve CityGML verileri bir analiz tablosunda toplanmış, tüm veri katmanları ile işlem yapılabilmesi için ortak bir GIS veri tabanına aktarılarak bir ArcMap çalışma dosyası oluşturulmuştur. CAD

verilerinin aktarılmasında ‘Import CAD Annotation’ aracı kullanılarak CBS verileri ortak veri tabanına aktarılmıştır. İmar planlarındaki tüm bilgiler, ilişkilendirme açısından gerekli olduğu için, nokta ve polyline formuna dönüştürülmüş ve analizlerimizde kullanılmıştır.

İmar planlarının yükseklik ile ilgili kısıtlamalarına konu olan bina saçaklarına ait mevcut yükseklikler LIDAR verilerinden elde edilip veri tabanında özellik tablosuna eklenmiştir. İmar planlarında bulunan kısıtlama değerlerinden maksimum yükseklik sınırı, yan komşuya ve yola olan mesafeleri belirten değerler bulunmaktadır. Bu çalışma için yalnızca $Y_{\text{ençok}}$ olarak ifade edilen yükseklik bilgisi kullanılmıştır. Tüm bu veriler GIS ‘Spatial Join ve Table Join’ fonksiyonları kullanılarak veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir. İmar planlarından ve LIDAR verilerinden elde edilen yüksekliklerin farkları alınarak veri tabanına yazdırılmıştır (1).

$$H_{\text{ortalama/CityGML}} - H_{\text{yençok}} \quad (1)$$

İstanbul fazlasıyla eğimli ve karmaşık bir kent olduğundan, aynı katta bile farklı yükseklikler görülebilmektedir. Binanın bir tarafı cadde seviyesinde iken, diğer tarafı daha yukarıda olabileceğinden; yükseklik sınırları, genellikle yalın arazi yüzeyinden değil, artı eksi sıfır kotu adı verilen bir merkezden alınır. Bu değer, genellikle binanın dört köşe kotunun ortalaması şeklinde alınırken, farklı topoğrafya ve ölçme koşullarına göre daha farklı yerlerden de alınabilmekte olup yüksekliklerin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi bu gibi sorunları azaltmak için akıllı imar planları geliştirmiştir. Bu çalışmada yukarıda belirtilen faktörler göz ardı edilerek, doğrudan bina saçaklarının ortalama yükseklikleri bina yüksekliği olarak değerlendirilmiştir.

Bina dış sınırı olarak kabul edilen saçak sınırları LIDAR verilerinden elde edilmiş ve binanın taban alanı sınırları olarak kabul edilmiştir. Bu değerler imar planlarından elde edilen parsel bilgileri ile ilişkilendirilerek taban alanı katsayısı (TAKS) hesaplanmıştır. Bina yükseklikleri ve TAKS değerleri imar planlarında belirtilen sınırlar ile karşılaştırılmıştır. İmar planlarından alınan bina sınır değerleri ve parsel bilgileri, LIDAR-CityGML bina verileri ile karşılaştırılmıştır. LIDAR verilerinden elde edilen yüksekliklerin imar planlarındakilerden olan farkları ArcGIS (merge) aracı kullanılarak tablo ve grafikler hâlinde görsel ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İmar planlarında belirtilmiş ada sınırları çerçevesinde, oluşturulan nDSM’deki her adaya düşen ortalama bina yükseklikleri hesaplanmış ve bu değerler imar planında belirtilen yapı sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında imar planına uymayan bölgeler belirlenmiştir. Toplamda 1649 bina bulunan çalışma alanında, LIDAR verilerinin analizi sonucunda, binaların %16’sının imar planında belirtilen sınır değer olan 12,5 metrenin üzerinde kaldığı saptanmıştır (Şekil 7).

Şekil 7. Güzeltepe mahallesinde yükseklik sınırını aşan ve sınırdaki kalan binalar (Sınırı aşan binalar: kırmızı, sınırdaki kalan binalar: mavi).

TAKS değerlerinin LIDAR verileri ile karşılaştırılması için parsel sınırları ve binaların saçak sınırından itibaren olan taban alanları seçilmiştir. Her binanın, bulunduğu parsel içindeki TAKS hesabı yapılmış ve buna göre binalar dört aralıkta sınıflandırılmıştır. Bu hesapta, binaların taban alanları saçak çevresinden alındığı için ve normal şartlarda TAKS hesabına katılmaması gereken alanlar da dahil edilmiş olabileceği için hata payı bulunmaktadır. Yapılan TAKS hesabı sonucunda, binaların 49 tanesi 0.02-0.15 değerleri arasında, 523 tanesi 0.16-0.30 değerleri arasında, 726 tanesi

0.31-0.45 değerleri arasında iken; 351 tanesi ise 0.46- 0.85 sınırları arasında kalmaktadır (Şekil 8). İmar planlarında ise Güzeltepe mahallesi için belirtilen TAKS değeri 0.15 olduğundan 1649 binadan sadece 49'unun bu değerin altında kaldığı anlaşılmaktadır.

Şekil 8. TAKS sınırının altında ve üstünde kalan binaların sınıflandırılması.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, değişim görülen bölgelerde kat artırımı ve/veya azaltımı olabilecek bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilir olmasının yanında, otomatik bina çıkarımı ve 3D model üretimi ile kentsel değişim kontrolünde uygulanma potansiyeli de olabilir. Tapu kadastro uygulamalarında LIDAR kullanımının geliştirilmesi için, mobil tarayıcı sistemler gibi daha farklı teknolojilerin kullanılmasının yanında, imar ve kadastral bilgilerin birlikte kullanıldığı bir veri havuzu da oluşturulmalıdır. Bu veri havuzu aynı zamanda son dönemlerin popüler konularından 3D kadastro bilgi sistemi için de önemli bir altlık oluşturabilir. LIDAR verilerinin kullanımını yaygınlaştırmak için farklı yöntemlerin geliştirilmesi ve imar bilgilerinin daha ayrıntılı ve farklı teknolojilerin kullanımına uygun şekilde düzenlenmesi ile kentsel alanların 3D ortamında çalışılması ve planlanması gibi konularda projeler üretilmelidir.

KAYNAKLAR

Reisoğlu, S., 1980. *Türk Eşya Hukuku*. 6. Basım, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 12.

Şişman, A. ve Kibaroglu, D., 2009. Dünya’da ve Türkiye’de Kentsel Dönüşüm Uygulamaları, 12. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 May 2009, İstanbul.

Ioannidis, C., Psaltis, C., and Potsiou, C., 2009. Towards a Strategy for Suburban Informal Building Control Through Automatic Change Detection. *Computer, Environment and Urban Systems*, 33(1): 64-74.

Uzar, M. and Yastıklı N., 2013. Automatic Building Extraction Using Lidar and Aerial Photographs, *Boletim De Ciencias Geodesicas*, 19(2):153-171.

Maltezos, E ve Ioannidis C., 2015. Automated Detection of Building Point From Lidar and Dense Image Matching Point Clouds. *ISPRS Geospatial Week*, La Grande Motte, France, pp: 33-40.

Yastıklı, N. and Çetin, Z., 2017. Automatic 3D Bulding Model Generations With Airborne Lidar Data. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4th International GeoAdvances Workshop, Karabük, Turkey, pp: 411-414.

Pang, S., Hu, X., Wang, Z. and Lu, Y., 2014. Object Based Analysis of Airborne Lidar Data for Building Change Detection, *Remote Sensing*, 6(11): 10733-10749.

Singhal, S., and Radhika, S., 2014. Automatic Detection of Building from Aerial Images Using Color Invariant Features and Canny Edge Detection, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 11(8): 393-396.

Benedek, C., Descombes, X., and Zerubia, J., 2010. Building Detection in a Single Remotely Sensed Image with a Point Process of Rectangles, *International Conference on Pattern Recognition*, Istanbul, Turkey, pp: 1417-1420.

Biljecki, F., 2017. Level of Detail in 3D City Models. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, Holland, 353 pages.