

PLÉIADES UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN HAVA LİDAR VERİLERİ ENTEGRASYONU İLE NESNE TABANLI SINIFLANDIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ

Sedanur GÜRDAL¹, Füsun BALIK ŞANLI², Serdar BAYBURT¹

¹Müh., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bimtaş, 34430, İstanbul, sedanur.gurdal@bimtas.istanbul

²Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, fbalik@yildiz.edu.tr

¹Yük. Müh., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bimtaş, 34430, İstanbul, serdar.bayburt@bimtas.istanbul

ÖZET

Uzaktan algılama teknolojileri arazi örtüsünün haritalandırılması için birçok yöntem sunmaktadır. Kentsel gelişimin artmasıyla coğrafi veri tabanlarının doğru ve etkin bir biçimde güncellenmesi ve kullanılması gerekmektedir. Nesne tabanlı sınıflandırma, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden, arazi kullanım haritaları üretmek için etkin bir sınıflandırma yöntemidir. Topografyanın çok hızlı ve hassas bir şekilde elde edilmesine olanak sağlayan hava lidar teknolojilerinden elde edilen yüksek çözünürlüklü ürünler, nesne tabanlı sınıflandırma uygulamalarına entegre edilerek sınıflandırma doğruluğu artırılabilir. Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü Pléiades uydu görüntüsüne, öncelikli olarak yalnız spektral verilerden yararlanarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmış, sonrasında hava lidar nokta bulutu verisinden üretilen, yüksek çözünürlüklü SYM, nSYM, Intensity verileri entegre edilerek sınıflandırma doğruluğundaki değişim analiz edilmiştir. Analiz sonucunda uydu görüntülerinin sağladığı spektral bilgilerin, hava lidar verilerinden elde edilen 3 boyutlu mekânsal özellikler ile birleştirilmesi, özellikle kentsel alanlarda sınıflandırma doğruluğuna katkı sağladığı görülmüştür. Sınıflandırma toplam doğruluğu ve kappa doğruluğunu sırasıyla %3 ve 0,04 oranında artırmıştır.

Anahtar Sözcükler: hava Lidar, Intensity, nesne tabanlı sınıflandırma, Pléiades, SYM, nSYM

ABSTRACT

PLÉIADES SATELLITE IMAGE OBJECT-BASED CLASSIFICATION AND ACCURACY ANALYSIS WITH AIRBORNE LIDAR DATA INTEGRATION

Remote sensing technologies have many methods for land cover mapping. With the increase in urban development, geographical databases need to be used and updated accurately and effectively. Object based classification is an effective classification method for producing land use maps from high resolution satellite images. The high resolution products from airborne lidar technology, which allows the topography to be acquired very quickly and precisely, can be integrated into object based classifications to increase classification accuracy.

In this study, high resolution Pléiades satellite image was initially applied to object-based classification using only spectral data and then integrated high resolution DSM, nDSM, intensity dataset which generated from airborne point cloud data to analyze the change in the classification accuracy. As a result of the analysis, it has been found that combining spectral data provided by satellite images with 3D spatial products obtained from airborne data increases the classification accuracy, especially in the urban areas. Classification overall accuracy and Kappa statistics are increased 3 % and 0,04 respectively.

Keywords: airborne Lidar, Intensity, object base classification, Pléiades, DSM, nDSM

1. GİRİŞ

Arazi kullanım haritaları mekânsal çalışmalarda önemli altlıklar oluşturmaktadır. Arazi yönetimi, arazi yüzeyindeki değişikliklerin tespit edilmesi, coğrafi veri tabanlarının güncellenmesi; hızla değişen topografya ve kentsel alanlar için önemli bir ihtiyaç hâline gelmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda uzaktan algılama teknolojilerinin farklı uygulamalarından elde edilen ürünler, sonuçların doğruluklarını arttırmak amacıyla birlikte kullanılabilir. Spektral görüntüler ve lidar verileri arazi kullanım haritaları oluşturmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı arazi türlerini ayırt etmede, spektral veriler ve 3 boyutlu topografya verileri önemli katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra kullanılan ürünlerin çözünürlük değerleri farklı arazi türleri için görüntü yorumlama ve sınıflandırma aşamasında önemli bir unsurdur.

İstanbul Sarıyer bölgesinde 1,2 x 1 km²lik bir alana ait, 0.50 m çözünürlüklü ve 4 bantlı Pléiades uydu görüntüsü ile Ecognition Developer 9.0 yazılımında, spektral özelliklerden faydalanılarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada sınıflandırma işlemine hava lidar nokta bulutundan elde edilen ve raster hâle getirilmiş, 0.25 m GSD'li (Ground Sample Distance/Yer Örneklem Aralığı), SYM, nSYM ve Intensity verileri eklenmiştir. Her iki sınıflandırma uygulamasının doğruluk analizleri incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

2. UYGULAMA

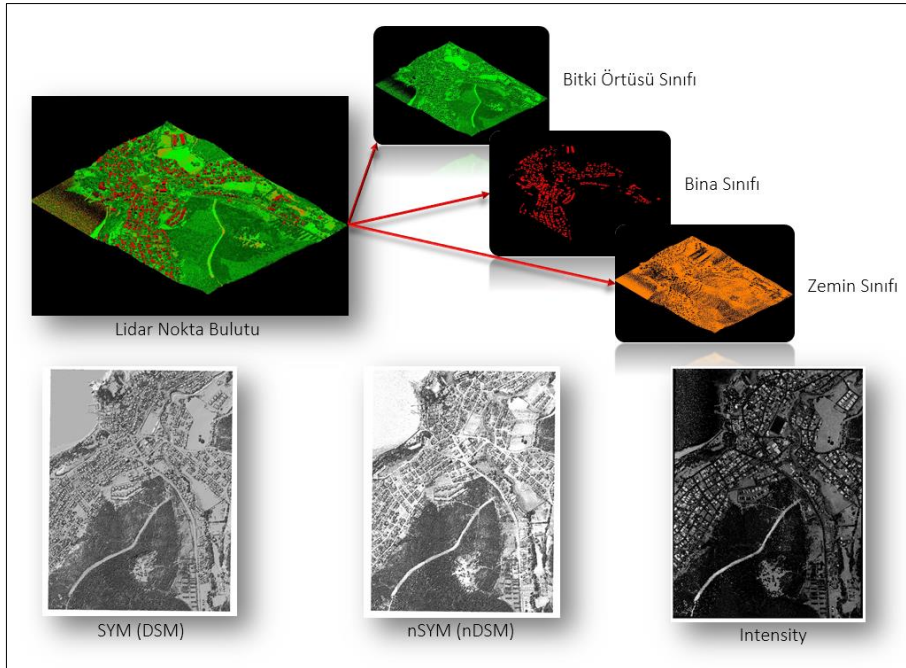
2.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti

Çalışma alanı olarak farklı arazi türlerinin (kentsel alan, bitki örtüsü, su vb.) bir arada bulunduğu İstanbul Sarıyer Kumköy Mahallesi'nde 1,2 x 1 km²lik (120 ha) bir alan seçilmiştir (Şekil 1). Kullanılan Pléiades uydu görüntüsü 2014 yılına ait olup 0.50 m mekânsal çözünürlüğe ve R,G,B ve NIR olmak üzere 4 bantlıdır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait Pléiades uydu görüntüsü.

Çalışma alanına ait hava lidar nokta bulutu 16 nokta/m²lik nokta yoğunluğuna sahiptir. 2013 yılına ait olan sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutu verisinden TerraSolid Yazılımı ile 0.25 m GSD'li SYM, nSYM ve intensity verileri üretilmiştir (Şekil 2).



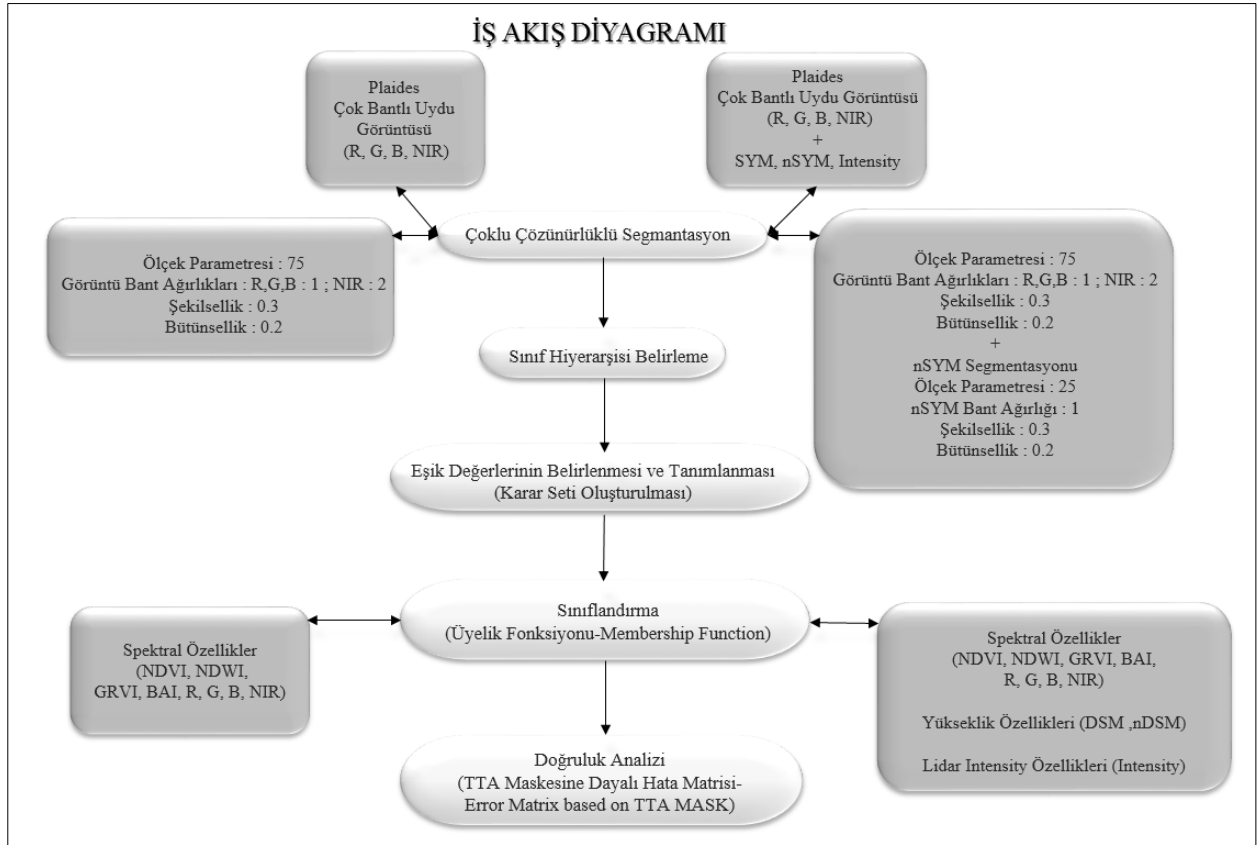
Şekil 2. Çalışma alanına ait sınıflandırılmış Lidar Nokta Bulutu ve sınıfları, Sayısal Yüzey Modeli, Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli ve Intensity verileri.

SYM (Sayısal Yüzey Modeli/Digital Surface Model) verisi sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutunun “Zemin, Bitki Örtüsü, Bina” sınıfları kullanılarak üretilen, yalın arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, bina ve insan yapımı diğer objelerin de dâhil edildiği matematiksel bir yüzey modelidir.

nSYM (Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey modeli / Normalized Digital Surface Model) verisi ise; yine sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutu verisinin “Zemin” sınıfı kullanılarak üretilen ve yalın arazi yüzeyini ifade eden SAM (Sayısal Arazi Modeli/Digital Terrain Model) verisinin, SYM verisinden çıkarılmasıyla elde edilen bir sayısal fark modelidir. nSYM verisi arazi üzerindeki bitki örtüsü, ağaç, bina gibi objelerin yerden olan yükseklik bilgilerini doğrudan verdiği için farklı sınıf türlerini elde etmede oldukça önemli bir veridir. Lidar nokta bulutunun sahip olduğu x, y, z koordinat bilgilerinin yanında, yüzey yansıtımını gri tonları olarak gösteren Intensity bilgisi de mevcuttur ve bu veri kullanılarak raster hâldeki Intensity verisi üretilmiştir.

2.2 Yöntem

Çalışmada “Ecognition Developer 9.0” yazılımı kullanılarak “Nesne Tabanlı Sınıflandırma” yöntemi uygulanmıştır. İki farklı veri setiyle, iki sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Pléiades uydu görüntüsünün 4 bandı kullanılmıştır. İkinci aşamada 4 banda ek olarak, lidar nokta bulutu verisinden üretilen SYM, nSYM ve Intensity verileri eklenmiştir. Her iki aşamada da nesne tabanlı sınıflandırmanın başlıca bileşenleri olan; özellik çıkarımı, segmentasyon ve sınıflandırma aşamaları sırasıyla uygulanmıştır. Çalışmaya ait iş akışı **Şekil 3**’te gösterildiği gibidir.



Şekil 3. İş akış diyagramı.

2.3 Arazi Örtüsü Sınıflarının Tanımlanması

Çalışma alanına ait alan, öncelikli olarak yapay alanlar, bitki örtüsü ve sulak alanlar olmak üzere üç ana sınıfta incelendi. Yapay alanlar ve bitki örtüsü içeren alanlar kendi içinde alt sınıflara ayrıldı. Yapay alanlara; kent alanları, yol ve ilişkili alanlar, toprak yollar ve kumsal olarak alt sınıflar eklendi. Aynı şekilde bitki örtüsü olan alanlara, farklı orman türleri içerdiği için, iki farklı orman sınıfı ve çim sınıfı eklendi. Sınıf hiyerarşisi belirleme ve isimlendirme aşamasında, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımı verisi olan CORINE (Coordination of Information on the Environment)’ den yararlanılmıştır. Sınıflandırma hiyerarşisi **Şekil 4**’te gösterildiği gibidir.

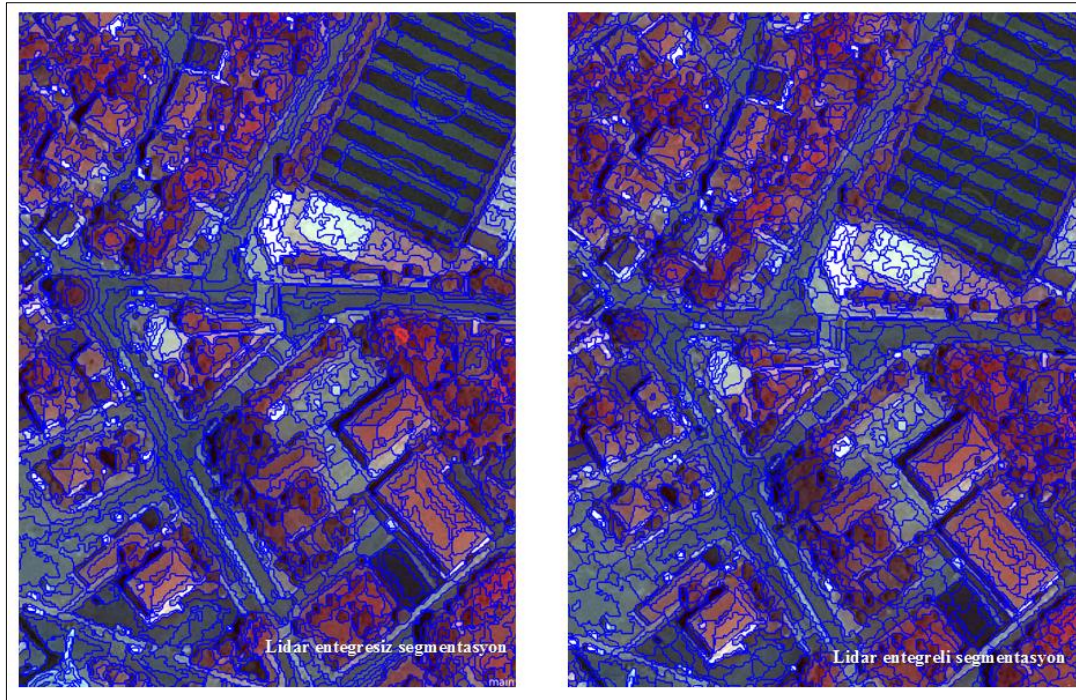


Şekil 4. Sınıf hiyerarşisi.

2.4 Segmentasyon

Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin önemli bir adımı olan segmentasyon işleminde, çoklu çözünürlüklü segmentasyon olarak ifade edilen ve literatürde en çok tercih edilen yöntem olan “Multiresolution Segmentation” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde benzer yansıtım özelliklerine sahip pikseller şekilsellik ve bütünsellik fonksiyonlarıyla gruplandırılır ve tek bir segment hâline getirilir. Segmentasyon sonucu oluşan segmentlerin yansıtım özellikleri yanında doku, uzunluk ve alan gibi özellikleri de kullanılarak sınıflandırma sırasında birçok özelliğin elde edilmesi kolaylaştırılır (Kalkan, 2010). Segmentasyon işleminde uygun ölçeğin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Buna rağmen kullanılan segmentasyon algoritmalarında uygun değerde ölçeğin belirlenebilmesi için objektif bir yöntem bulunmamaktadır (Kim et al. 2008). Farklı ölçek türlerinde, farklı şekilsellik (Shape) ve bütünsellik (Compactness) değerleri denenerek çalışma alanına en uygun segmentasyon parametreleri belirlenmiştir. İlk segmentasyon işleminde yalnız spektral bantlara ağırlık verilmiştir. Segmentasyon ölçek parametresi 75, şekilsellik ve bütünsellik özellikleri sırasıyla 0.3 ve 0.2 olarak kullanılmıştır.

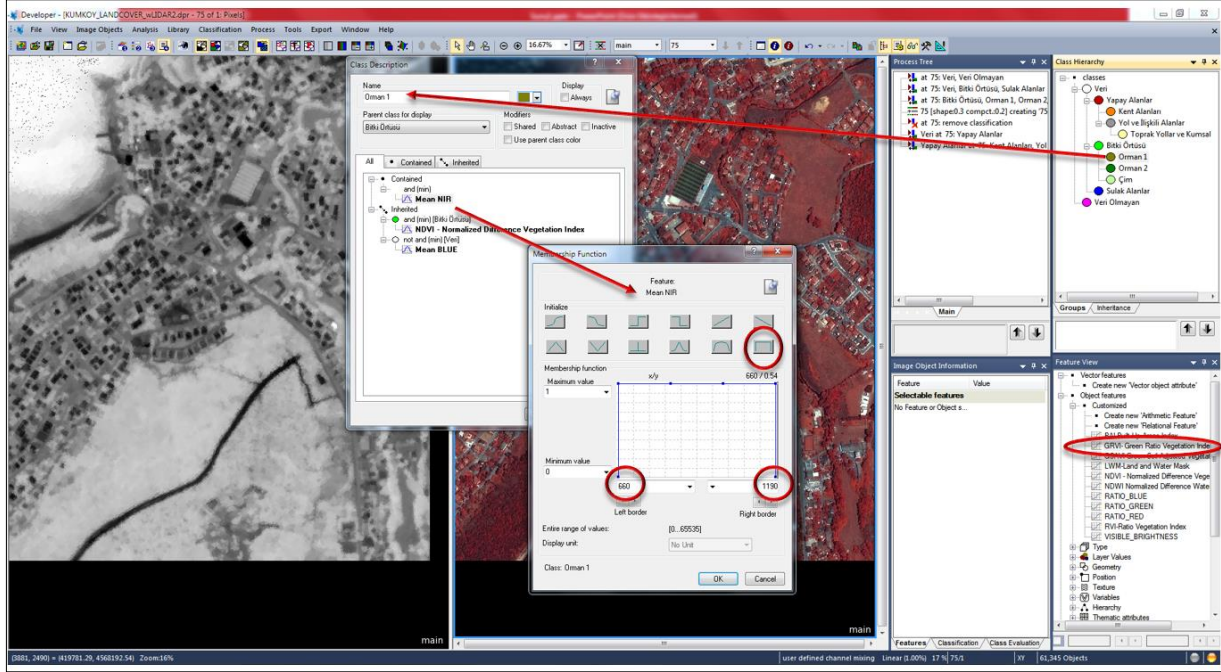
İkinci segmentasyon işleminde, ilk segmentasyondan farklı olarak 25 ölçek parametrelili nSYM segmentasyonu tematik katman olarak kullanılmıştır. Burada nSYM verisinin segmentasyon aşamasına dahil edilmesiyle objelerin, özellikle de binaların ayırt edilebilirliğini arttırmak amaçlanmıştır.



Şekil 5. Segmentasyon sonuçları.

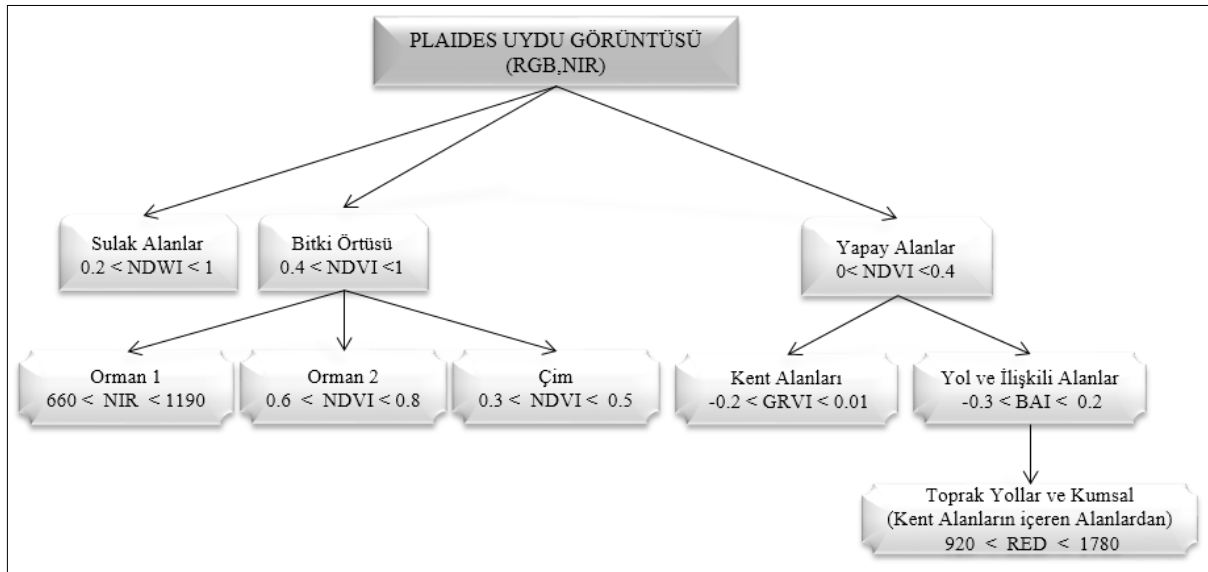
2.5 Sınıflandırma

“Ecognition Developer” yazılımında yer alan spektral ve şekilsel özelliklerin ve bunlar dışında kullanıcı tarafından yazılıma tanımlanabilen formüllerin, her bir sınıfın ayırt edilmesinde kullanılacak, en uygun eşik değerleri **Şekil 7’de** gösterildiği gibi görsel yoruma dayalı olarak belirlenmiştir. Belirlenen değerler üyelik fonksiyonu (Membership Function) yardımıyla, her bir sınıfın içeriğine tanımlanmıştır (**Şekil 6**).



Şekil 6. Eşik değerlerinin belirlenmesi ve tanımlanması.

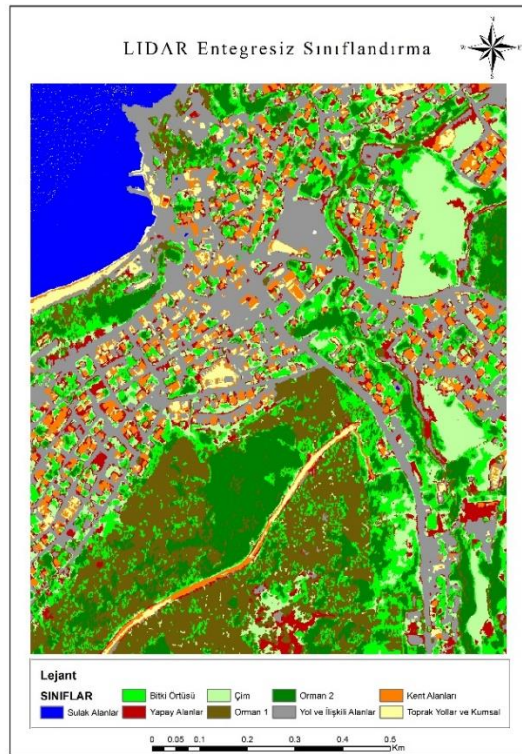
İlk uygulamada, yalnız spektral özellikler kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma aşamasında Pléiades uydu görüntüsünün R,G,B ve NIR bant yansıtım özelliklerinin yanında NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), BAI (Built Up Areas Index), GRVI (Green Ratio Vegetation Index) formüllerinden yararlanılmıştır (**Şekil 7**).



Şekil 7. Lidar entegresiz sınıflandırmada kullanılan eşik değerleri.

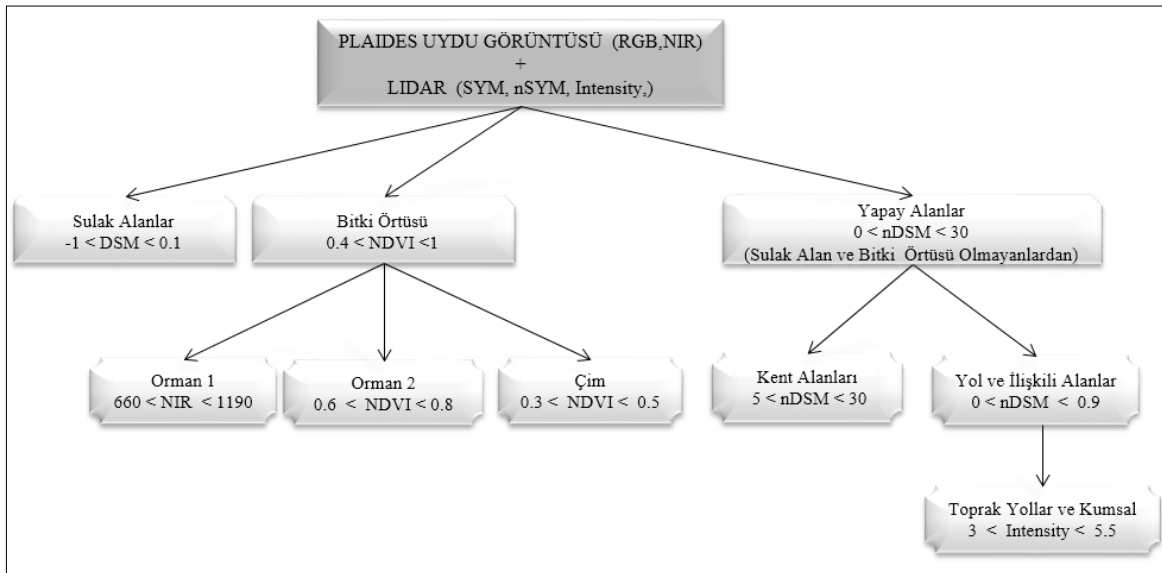
Lidar entegre edilmeden, yalnız spektral özelliklerin kullanıldığı sınıflandırmadan elde edilen sonuç **Şekil 8’de** gösterildiği gibidir. Bu sonuç, özellikle yol ve ilişkili alanlar, kent alanları, toprak yollar ve kumsal sınıfları arasındaki

ayrıt edilebilirliğin ne kadar düşük olduğunu göstermektedir. Sulak ve bitki örtüsü sınıfları daha belirgin ve bitki örtüsü içeren alanlarda farklı türlerin ayrıt edilebilirliği yüksektir.



Şekil 8. Lidar entegresiz sınıflandırma sonucu.

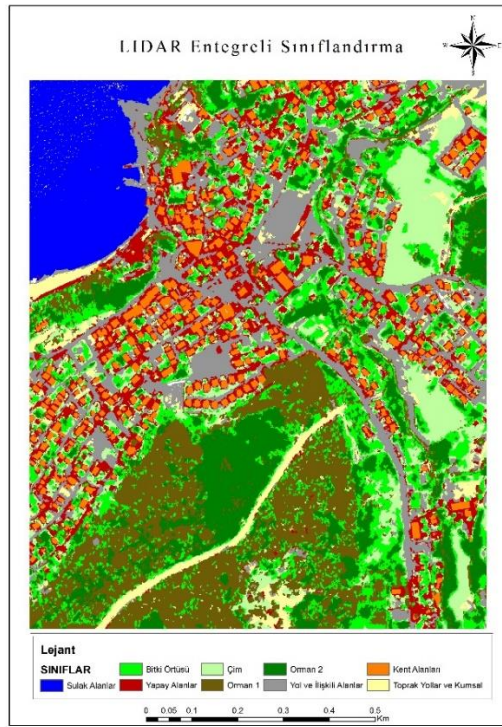
İkinci uygulamada spektral bantlara ek olarak SYM, nSYM ve Intensity verileri dahil edilmiştir. Uygun eşik değerlerinin belirlenmesi aşamasında, bitki örtüsü içeren alanlarda yine spektral özelliklerin kullanılması, daha iyi sonuç verdiği için uygun görülmüştür. Fakat ikinci sınıflandırmada nSYM segmentasyonun dahil edilmesi nedeniyle bitki örtüsü içeren alanlar, ilk sınıflandırmaya göre farklılık göstermiştir. Diğer sınıflarda ise lidar özelliklerinden yararlanılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Lidar entegreli sınıflandırmada kullanılan eşik değerleri.

Hava lidar nokta bulutundan üretilen SYM, nSYM ve Intensity verilerinin dahil edilmesiyle yapılan sınıflandırmadan elde edilen sonuç Şekil 10'da gösterildiği gibidir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ilk olarak göze çarpan, binaları da

içeren kentsel alanlar sınıfının sınırlarının belirgin derecede iyileşmiş olmasıdır. Toprak yollar, kumsal ile kentsel alanlar arasındaki karmaşıklık gözle görülür derecede giderilmiştir.



Şekil 10. Lidar entegreli sınıflandırma sonucu.

3. DOĞRULUK ANALİZİ

Her iki sınıflandırma için “TTA Maskesine Dayalı Hata Matrisi (Error Matrix Based on TTA Mask)” yöntemi ile ayrı ayrı doğruluk analizleri yapılmış ve her bir sınıfın doğruluk değerlerindeki değişimler incelenmiştir (Çizelge 1, Çizelge 2). Uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırma doğruluğu, seçilen referans bilgiler ve sınıflandırılmış veri arasındaki uyumun ne kadar yüksek olduğunun belirlenmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntemde her bir tematik sınıf için seçilen örnek segmentler ile görüntüdeki sınıflandırılmış segmentlerin uyumu test edilir (Kalkan, 2010). Doğruluk analizinin segment bazlı yapılması, çalışma alanının boyutu, segmentasyon aşamasında kullanılan ölçek faktörü gibi parametreler ve kullanılan verilerin yüksek çözünürlükte olması, yüksek doğruluk değerleri elde edilmesi sonucunu doğurmuştur.

Çizelge 1. Lidar entegresiz sınıflandırmadan elde edilen hata matrisi tablosu ve doğruluk değerleri.

Kullanıcı \ Referans	Sulak Alanlar	Bitki Örtüsü	Yapay Alanlar	Çim	Orman 1	Orman 2	Yol ve İlişkili Alanlar	Kent Alanları	Toprak Yollar ve Kumsal	Toplam	Üretici Doğruluğu
Sulak Alanlar	11724	0	0	0	0	0	0	0	0	11724	100%
Bitki Örtüsü	0	65351	2292	0	0	0	0	0	0	67643	97%
Yapay Alanlar	0	2214	67045	0	0	0	0	0	0	69259	97%
Çim	0	0	0	6439	1049	0	0	0	0	7488	86%
Orman 1	0	0	0	1476	16007	0	0	0	0	17483	92%
Orman 2	0	0	0	0	0	9952	0	0	0	9952	100%
Yol ve İlişkili Alanlar	0	0	0	0	0	0	30514	1483	0	31997	95%
Kent Alanları	0	0	0	0	0	0	596	5675	1011	7282	78%
Toprak Yollar ve Kumsal	0	0	0	0	0	0	0	853	5314	6167	86%
Toplam	11724	67565	69337	7915	17056	9952	31110	8011	6325	228995	
Kullanıcı Doğruluğu	100%	97%	97%	81%	94%	94%	100%	71%	84%		
Genel Doğruluk	95%										
Kappa	0.939										

Çizelge 2. Lidar entegreli sınıflandırmadan elde edilen hata matrisi tablosu ve doğruluk değerleri.

Kullanıcı \ Referans	Sulak Alanlar	Bitki Örtüsü	Yapay Alanlar	Çim	Orman 1	Orman 2	Yol ve İlişkili Alanlar	Kent Alanları	Toprak Yollar ve Kumsal	Toplam	Üretici Doğruluğu
Sulak Alanlar	3844	0	0	0	0	0	0	0	0	3844	100%
Bitki Örtüsü	0	69412	0	0	0	0	0	0	0	69412	100%
Yapay Alanlar	0	1209	61643	0	0	0	0	0	0	62852	98%
Çim	0	0	0	18638	0	0	0	0	0	18638	100%
Orman 1	0	0	0	0	10933	0	0	0	0	10933	100%
Orman 2	0	0	0	1209	1022	6923	0	0	0	9154	76%
Yol ve İlişkili Alanlar	0	0	0	0	0	0	18150	0	0	18150	100%
Kent Alanları	0	0	0	0	0	0	0	5255	0	5255	100%
Toprak Yollar ve Kumsal	0	0	0	0	0	0	0	0	3880	3880	100%
Toplam	3844	70621	61643	19847	11955	6923	18150	5255	3880	202118	
Kullanıcı Doğruluğu	100%	98%	100%	94%	91%	100%	100%	100%	100%		
Genel Doğruluk	98%										
Kappa	0.985										

Her iki sınıflandırmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde; genel doğrulukta %3 oranında bir artış ve lidar verisinin genel doğruluğa katkı sağladığı görülmüştür. Her bir sınıf kendi içinde değerlendirildiğinde ise; “Sulak Alanlar” sınıfında herhangi bir değişim söz konusu değildir. Gerek spektral veriler kullanarak gerekse lidar verilerinden deniz vb. su içeren alanlar kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ormanlık alanlarda, iki sınıflandırmada da spektral veri kullanılmasına rağmen lidar entegreli sınıflandırma sonuçlarının doğruluk değerlerinde artış söz konusudur. Bu durum ikinci uygulamada nSYM segmentasyonunun entegre edilmesiyle açıklanabilir. Bitki örtüsü alt sınıflarında yer alan ve çalışma alanında bulunan iki orman türünden ilkini ifade eden “Orman 1” sınıfında; kullanıcı doğruluğu artış gösterirken, üretici doğruluğu azalma göstermiştir. Üretici doğruluğu seçilen test alanlarının kaçının doğru sınıflandırıldığıyla, kullanıcı doğruluğunun ise bu alanların yeryüzü gerçeğini ne oranda doğru temsil ettiğiyle ifade edilebilir. “Yapay Alanlar” sınıfının doğruluk değeri, lidar entegreli sınıflandırma sonuçlarında yüksektir. Özellikle ilk sınıflandırmada kent alanlarının, toprak yollar ve kumsal alanlardan ayırt edilmesi, benzer spektral yansıtım değerlerine sahip olması nedeniyle başarılı olamamıştır. Lidar verilerinden nSYM ve intensity verisinin entegre edilmesi bu aşamada sınıflandırma doğruluğunun artmasına büyük ölçüde katkı sağlamıştır. “Kent Alanları” sınıfı nSYM, “Toprak Yollar ve Kumsal” sınıfı intensity verisi kullanarak kolaylıkla ayırt edilebilmiştir. Bu sınıfların doğruluk değerlerindeki artış miktarı da diğer sınıflara göre daha fazla olmuştur. “Yol ve İlişkili Alanlar” sınıfı ise her iki sınıflandırmada da aynı doğruluk değerini vermiştir.

4. SONUÇLAR

Kentsel alanlarda, arazi örtü türlerinin otomatik olarak haritalandırılması, uzaktan algılamanın en zorlu problemlerinden biridir. Bu bağlamda bu çalışma hem daha efektif hem de daha yüksek doğruluklu arazi örtüsü haritalarının üretilmesi için alternatif bir çözüm sunmuştur. Çoklu sensör verilerinin entegre edildiği bu yöntemin, ilgili kural setleri hazırlanarak coğrafi veri tabanlarının güncellenmesinde kullanılması, bu güncellemelerin sürekliliğinin ve doğruluğunun sağlanması kapsamında uygulanması önerilmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, hava lidar verilerinin nesne tabanlı sınıflandırma uygulamalarına entegre edilmesinin, sınıflandırmadaki genel doğruluğu arttırdığı görülmüştür. Özellikle lidar verilerinden elde edilen nSYM verisi gerek şekilsel gerekse bütünsel açıdan objelerin çıkarımına imkân sağladığı için, piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarının bazı kısıtlarını giderdiği görülmüştür. Bu bağlamda kentsel yapıları ve dokuları içeren alanlarda lidar verisinin doğruluğa katkısı daha fazladır. Bununla birlikte, yalnız spektral verilerin kullanılmasıyla elde edilen genel doğruluğun daha düşük çıkmasına rağmen, bitki örtüsü içeren alanlarda spektral verilerin kullanılması daha uygundur. Özellikle de farklı orman türlerini ayırt etmede uydu görüntülerinin sahip olduğu spektral bilgiler daha faydalıdır.

KAYNAKLAR

BİMTAŞ, 2018. Boğaziçi Peyzaj İnşaat Müşavirlik Teknik Hizmetler San. Tic. A.Ş.
<https://bimtas.istanbul/lttmLas.aspx> , <https://bimtas.istanbul/lttmDsm.aspx> , <https://bimtas.istanbul/lttmnDsm.aspx>
[Erişim Tarihi:06.08.2018].

Chetan, M.A., Dornik, A., Urdea, P., 2017. Comparison of Object and Pixel-based Land Cover Classification Through Three Supervised Methods. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. DOI 10.12902. 6 sayfa.

CORİNE, 2018. Coordination of Information on the Environment.

<http://corine.ormansu.gov.tr/corineportal/nedir.html> [Erişim Tarihi:21.07.2018].

CSCRS, 2018. ITU Research and Application Center for Satellite Communications and Remote Sensing. <http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PleiadesUserGuide.pdf> [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Delen, A., Şanlı Balık, F., 2017. Pamuk Ekili Alanların Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Belirlenmesi: Menemen Örneği, Journal of New Results in Engineering and Natural Science, No:1701. 8 sayfa.

Divina, F., Aquino, D., Romero, J., 2015. Land Cover Classification Using Lidar Data. The 36th Asian Conference on Remote Sensing. 7 sayfa.

Jawak, S.D., Panditrao, S.N., Luis, A.J., 2014. Airborne Lidar and High Resolution Satellite Data For Rapid 3D Feature Extraction. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8. 8 sayfa.

Jia, Y., 2015. Object-based Land Cover Classification with Orthophoto and LIDAR Data. Yüksek lisans tezi. School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden. 75 sayfa.

Kalkan, K., Maktav D., 2010. Nesne Tabanlı ve Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Ikonos Örneği). III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. 8 sayfa.

Kim, M., Madden, M., Warner, T., 2008. Estimation Forest Stands with Multispectral IKONOS Imagery, Object-Based Image Analysis, Berlin, Springer, 291–307.

Alberto, R.T., Serrano, S.C., Damian, G.B., Camaso, E.E., Celestino, A.B., Hernando, P.J.C., Isip, M.F., Orge, K.M., Quinto, M.J.C., Tagaca, R.C., 2016. Object Based Agricultural Land Cover Classification Map of Shadowed Areas From Aerial Image and Lidar Data Using Support Vector Machine. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume III-7. 6 sayfa.

Teo, T., Huang, C., 2016. Object-Based Land Cover Classification Using Airborne Lidar and Different Spectral Images. Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 27, No. 4: 491-504.

TerraSolid, 2018. Terrasolid Develops Software. <https://www.terrasolid.com/download/tscan.pdf> [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Trimble, 2018. eCognition Developer. <http://www.ecognition.com/content/step-step-user-guide-beginner-ecognition-land-cover-mapping-1> [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Yamamoto, T., Nakagawa M., 2015. Merging Airborne Lidar Data and Satellite Sar Data For Building Classification. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4/W5. 6 sayfa.