

Arazi Örtüsü Değişimlerinin Çok Zamanlı Landsat 8 Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi: İstanbul Örneği

(Determination of Land Cover Changes with Multi-temporal Landsat 8 Satellite Images: A Case Study of Istanbul)

Uğur ALGANCİ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
alganci@itu.edu.tr

ÖZ

Gelişmekte olan ülkelerde büyük şehirler, nüfus artışı ve göçe bağlı olarak dinamik bir şehirleşme sürecine maruz kalmaktadır. Şehirleşme sürecinin ivmesine bağlı olarak sürekli inşa edilen yerleşim bileşenleri, arazi örtüsü ve kullanımında önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişimler genellikle doğal örtü ve ekosistem üzerinde negatif etki etmektedir. Dolayısı ile şehirleşmeye bağlı değişimlerin düzenli takibi ve güncel durumun tespiti önem arz etmektedir. İstanbul ili Avrupa ve Asya kıtalarını ekonomik ve kültürel anlamda birbirine bağlayan önemli konumu nedeni ile sürekli şehirleşmeye maruz kalan metropollerden birisidir. Yaklaşık 17 milyon nüfusu ile Avrupa'nın en kalabalık şehri olan İstanbul için şehirleşme süreci hızlı bir şekilde devam etmektedir. Bu çalışmada İstanbul il sınırları dahilinde şehirleşmenin hızla artış göstermesine bağlı olarak arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi ve güncel durumunun ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 2013 - 2017 yılları arasında algılanmış çok zamanlı Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilen yerleşim indeksi verileri ile nesne tabanlı sınıflandırma analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında uydu görüntüleri için veri kaynaştırma ve radyometrik kalibrasyon süreçlerini içeren ön işleme adımları tamamlandıktan sonra her yıl için yerleşim alan indeksi verisi üretilmiştir. Sonraki aşamada indeks veri setine segmentasyon işlemi uygulanarak nesneler oluşturulmuştur. Nesnelere ait spektral ve doku özellikleri için belirlenen eşik değerler kullanılarak tanımlanan sınıflar ile karar ağacı tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise sınıflandırma sonuçlarına doğruluk analizi uygulanmıştır. Çalışma sonuçları mevcut arazi örtüsünün ve yıllara bağlı değişiminin önerilen yöntem ile %90 civarında doğrulukla belirlenebileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Arazi örtüsü, değişim analizi, Yerleşim indeksi, nesne tabanlı sınıflandırma

ABSTRACT

Metropolitan cities in developing countries face dynamic urbanization due to population expansion and migration. Continuous construction of urban components related to urbanization progress result with important changes in land cover and land use characteristics of the city. Such changes generally have negative effects on the natural habitat and ecosystem. Thus, urbanization related changes should be monitored and current situation should be determined in

regular intervals. Istanbul is a metropolitan city that exposed to continuous urbanization with the prominent position that connects the European and Asian continents economically and culturally. Although, it is the most crowded city of Europe with a population of around 17 million, Istanbul faces a continuous and fast urbanization progress. Main scope of this study is to determine the changes occurring in land cover due to the rapid increase of urbanization within the provincial borders of Istanbul and to present the current situation. In this context, object based classification has been applied to built up index dataset produced from multi-temporal Landsat 8 satellite images that were acquired between 2013 – 2017. Within the scope of the analysis, the built up index data were produced for each year after the preliminary processing steps including data fusion and radiometric calibration processes for satellite images were completed. In the next step, segmentation was applied to index dataset in order to produce the objects. As a further step, decision tree based classification was applied to dataset according to class labels that were defined as thresholds derived from the spectral and textural properties of objects. As a last step, accuracy assessment was applied to classification result. Results of the study indicates that current land cover situation and temporal changes can be determined with accuracy around 90% by the proposed method.

Keywords: Land cover, change analysis, Built up index, object based classification

1. GİRİŞ

Şehirleşme ve yerleşim alanlarında meydana gelen artış, insanlık tarihi boyunca ekonomik kalkınma ve hızlı nüfus artışı nedeniyle kaçınılmaz bir süreç olmuştur (Shalaby vd., 2004). Özellikle metropol kentlerde meydana gelen aşırı şehirleşme, arazi örtüsü (AÖ) karakteristiklerinde önemli değişimlere neden olmaktadır (Yuan vd., 2005). Şehirleşmedeki artış ayrıca doğal kaynakların hızlı tüketilmesi nedeni ile ekolojik bozulma ve küresel ısınma gibi negatif sonuçları da beraberinde getirmektedir (Finkl ve Charlier, 2003; Shi ve Singh, 2003). Dolayısı ile güncel AÖ'nün ve değişimlerin düzenli takibi, çevresel ve kentsel yönetim ve planlama süreçleri için önem arz etmektedir (Niemi vd. 2004).

Son 20 yılda uydu sistemlerinde ve teknolojilerinde ortaya çıkan gelişmeler

sonucunda uydu görüntüleri AÖ ve değişiminin tespitinde klasik yersel ölçmelerin önüne geçmeye başlamıştır. Yersel ölçmelerin yüksek iş gücü gereksinimi, maliyet ve zamansal olarak külfetli oluşunun karşısında ücretsiz olarak sunulmakta olan orta mekânsal çözünürlüklü arşiv ve güncel uydu verileri avantajlı konuma geçmiştir (Wardell vd. 2003; Ruiz-Luna ve Berlanga-Robles 2003; Kaya ve Curran, 2006).

Özellikle 1990'lardan itibaren uzaktan algılama verilerinin ulaşılabilirlikleri, spektral ve makansal çözünürlüklerinde önemli gelişmeler söz konusudur. Bu gelişmelere paralel olarak heterojen alanlarda AÖ tespitine yönelik önemli araştırmalar yürütülmüştür (Barnsley ve Barr, 1996; Herold vd., 2003; O'Hara vd., 2003; Schmidt vd. 2004). Buna karşın çalışmalar kapsamında önerilen yöntem ve analizler, kullanılan uydu görüntülerinin çözünürlük özellikleri ve belirlenmesi hedeflenen sınıfların tanımlamalarına göre çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle karmaşık yüzeylerin mevcut olduğu yoğun yerleşim içeren bölgelerde uzaktan algılama verileri kullanarak AÖ'nün güncel durumun ve meydana gelen değişimlerin belirlenmesi için standartlaştırılmış ve basitleştirilmiş yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Campbell, 2002).

Literatürde AÖ'nün güncel durumunun belirlenmesi için piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Bruzzone ve Persello, 2009; Mountrakis vd., 2011). Bu algoritmalar arasında son yıllarda kullanım oranı artan karar destek makinası algoritmasının diğerlerine göre daha yüksek doğruluk sağladığını belirten çalışmalar mevcuttur (Shao ve Lunetta, 2012). Buna karşılık, yüksek sınıflandırma doğrulukları genellikle temel arazi örtüsü sınıfları ya da belirli bir arazi kullanımı sınıfı hedef alındığında elde edilebilmektedir (Herold vd., 2003). Nesne tabanlı sınıflandırma ise, özellikle çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yaygınlaşması sonrasında yoğun olarak kullanılan bir sınıflandırma algoritması olmakla beraber Landsat gibi orta mekânsal çözünürlükteki verilerde kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır (Kim vd. 2009; Tansey vd. 2009; Chofan vd. 2016).

Yüzey örtü tiplerinin karmaşık spektral karakteristiklerinin basitleştirilmesi ve belirli özelliklerin vurgulanması için temel olarak kullanılan yöntemlerden birisi spektral indeks analizidir. Spektral indeksler, bitki indeksi, yerleşim indeksi, su indeksi gibi belirli bir yüzey örtü tipine duyarlılık gösterecek şekilde tasarlanmaktadır. Literatürde yerleşim alanlarının

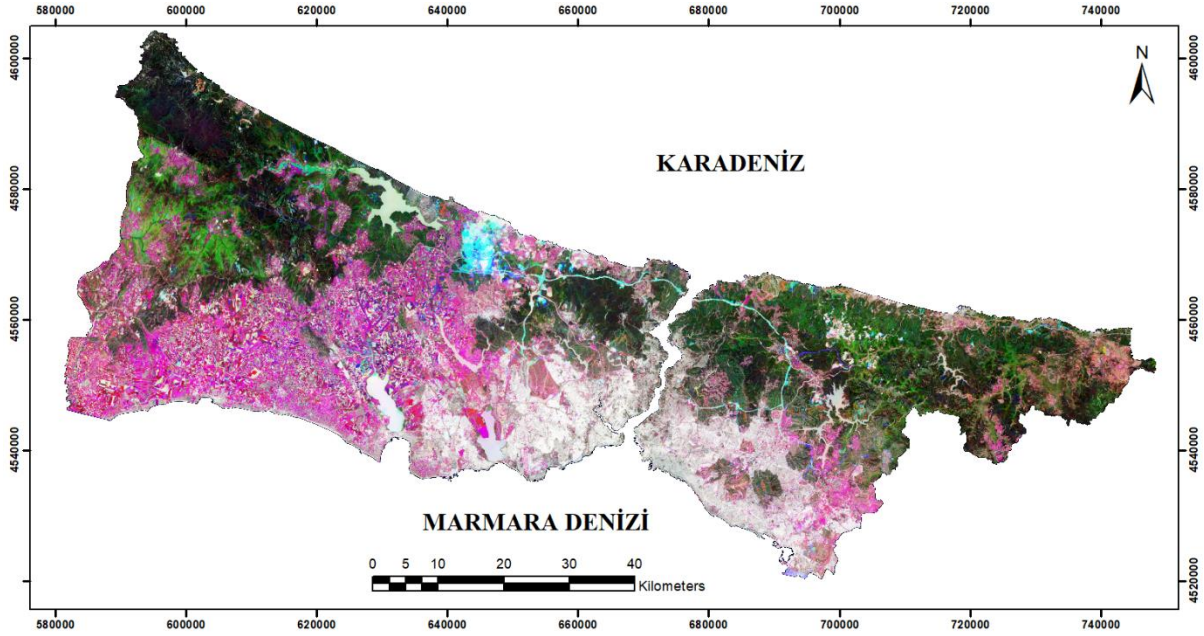
belirlenmesine ilişkin indeks tabanlı sınıflandırma yaklaşımları ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Chen vd., 2006; Zhou vd., 2014).

İstanbul metropolü Türkiye'nin en çok göç alan şehri olup, endüstriyel gelişim ve yerleşim artışına bağlı olarak AÖ'nün dinamik olarak değiştiği heterojen yüzey özellikleri sergilemektedir. İstanbul'da özellikle 2000'li yılların başından itibaren artan şehirleşme ve buna bağlı olarak AÖ'de meydana gelen değişimler birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Güncel durumunun ve meydana gelen değişimlerin uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Goksel vd., 2001; Kaya ve Curran, 2006; Kaya, 2007; Coskun vd., 2008; Canaz vd., 2017). Bu çalışmalar, farklı tarih aralıkları için klasik piksel tabanlı sınıflandırma sonuçları doğrultusunda, yerleşim alanlarında yoğun artışa bağlı olarak doğal yüzey örtü tiplerinde önemli miktarda azalma meydana geldiğini bildirmektedir.

Bu çalışma kapsamında İstanbul ili için 2013-2017 yılları arasında algılanmış Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak güncel AÖ'nün ve bu yıllar arasında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çok zamanlı veri katman sayısının azaltılması için spektral indeks tabanlı yaklaşım ile hazırlanan veri seti üzerinde nesne tabanlı sınıflandırma analizi gerçekleştirilerek sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma kapsamında yerleşim alanlarında ve şehirleşmedeki artışın etkilerinin tespiti temel amaç olduğundan yerleşim indeksi kullanımı uygun görülmüştür. Sınıflandırma analizi kapsamında indeks değerlerinin zaman boyutunda ortaya koydukları karakteristik yapı ve bu değerlerde gözlemlenen zaman bağlı değişimler değerlendirilerek belirlenen eşik değerler ile ilişkisel sınıf tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında diğer çalışmalardan farklı olarak statik AÖ sınıflarına ek olarak dinamik değişim sınıflarının da tanımlanması yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

2. ÇALIŞMA ALANI

İstanbul ili Türkiye'nin en kalabalık şehri olup aynı zamanda Avrupa'nın da en yüksek nüfusa sahip anakentlerinden birisidir. Şehir 5500 km² alan kapsamakta olup, 2017 yılı istatistiklerine göre ülke nüfusunun %18'ine karşılık gelen 15 milyon üzerinde nüfusa sahiptir (TurkStat, 2018). Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında meydana gelen endüstriyel gelişim ve kontrolsüz



Şekil 1. İstanbul il sınırları için çok zamanlı yerleşim indeksi verileri birleştirilerek elde edilen görüntü verisi (2013, 2015, 2017).

yapılaşmaya bağlı olarak şehrin arazi örtüsü /kullanımı ve morfolojisinde önemli değişimler meydana gelmiştir (Kaya, 2007). Özellikle son on yıllık süreç incelendiğinde, şehrin ulaşım altyapısının güçlendirilmesi adına inşa edilen Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Karadeniz otoyolu ve inşa edilmekte olan 3. Havalimanı vb. projeler, şehrin ekosistemi üzerinde etkili olmakta ve şehrin kuzey yarısında yerleşim alanlarının ve geçirimsiz yüzeylerin artışına neden olmaktadır. Şekil 1'de çalışma kapsamında üretilmiş olan çok katmanlı yerleşim indeksi görüntüsünden çalışma alanına ait bir görünüm verilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında İstanbul il sınırlarını kapsayan 2013 – 2017 yılları arasında algılanmış Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat 8 uydusu üzerinde bulunan OLI sensör grubu ile görünür ve kızılötesi dalga boyu aralığında algılanmış 30m mekânsal çözünürlüklü 8 kanal ve 15m mekânsal çözünürlükte pankromatik kanal verisi sunulmaktadır. Buna ek olarak uydu üzerinde bulunan TIRS sensörü ile 100m mekânsal çözünürlükte algılanmış 30m çözünürlüğe örneklenmiş 2 adet ısıal kızılötesi kanal mevcuttur. Uydu ile sağlanan çerçeve boyutu 170 x183 km'dir (Barsi vd., 2014). Görüntüler radyometrik kalibrasyon ve ortorektifikasyon işlemlerini içeren L1TP işleme seviyesinde temin edilmiştir. Bu seviyede yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon

sayesinde yüksek konumsal doğruluk elde edilmektedir. Çalışmada kullanılan verilere ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan Landsat 8 uydu görüntülerinin özellikleri.

Görüntü Adı	Algılama tarihi	Yörünge
LC08_L1TP_180031_20130730_T1	30.07.2013	180 / 31
LC08_L1TP_180031_20141021_T1	21.10.2014	180 / 31
LC08_L1TP_180031_20150906_T1	6.09.2015	180 / 31
LC08_L1TP_180031_20160722_T1	22.07.2016	180 / 31
LC08_L1TP_180031_20170623_T1	23.06.2017	180 / 31

a. Ön İşleme

Landsat 8 uydu verileri için pikseller parlaklık değerleri (Digital Number – DN) formunda sunulmaktadır. Çok zamanlı uydu görüntüsü analizleri kapsamında görüntü algılama tarihine bağlı olarak ortaya çıkan aydınlanma - yansıtım özellikleri farklılıklarını en aza indirmek ve eşdeğer radyometrik ölçekte analizleri gerçekleştirmek için parlaklık değerlerinden atmosfer üstü yansıtım değerine dönüşüm işlemi gereklidir (Song vd., 2001). Bu dönüşüm Landsat 8 uydu görüntüleri için sağlanan metaveri dosyası ile sağlanan parametreler ve aşağıdaki formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Landsat Handbook, 2016) :

$$\rho\lambda' = MpQcal + Ap \quad (1)$$

$\rho\lambda' = \text{Atmosfer üstü yansıtım değeri}$

$Mp = \text{Görüntü kanalına özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü}$

$Ap = \text{Görüntü kanalına özgü toplamsal yeniden ölçeklendirme faktörü}$

$Qcal = \text{Kalibre edilmiş parlaklık değeri (DN)}$

Bu dönüşüm güneş açısı düzeltmesini içermemektedir. Gerekli düzeltme için aşağıdaki ek formül kullanılmaktadır:

$$\rho\lambda = \rho\lambda' / \sin(\Theta_{SE}) \quad (2)$$

$\rho\lambda = \text{Güneş açısı düzeltmesi içeren atmosfer üstü yansıtım değeri}$

$\Theta_{SE} = \text{Görüntü merkez konumu için hesaplanan lokal güneş yükseklik açısı}$

Ön işlemenin ikinci adımında görüntü pan keskinleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Gram-Schmidt spektral pan keskinleştirme algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma ile ilk aşamada düşük mekânsal çözünürlüklü multispektral kanallar kullanılarak yapay pankromatik kanal türetilir. İkinci aşamada yapay pankromatik kanal ve multispektral kanallara Gram-Schmidt dönüşümü uygulanır. Üçüncü aşamada yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik veri ile birinci Gram-Schmidt kanalı yer değiştirir. Son aşamada veri setine ters Gram-Schmidt dönüşümü uygulanarak pan keskinleştirilmiş spektral kanallar elde edilir (Laben ve Brower, 2000). Bu algoritmanın her bir multispektral görüntü kanalını pankromatik veri ile spektral uyumuna bağlı olarak ağırlıklandırdıktan sonra ortogonalizasyon gerçekleştirmesi nedeni ile kısa dalga kızıl ötesi – short wave infrared (SWIR) da dahil olmak üzere tüm multispektral kanallar sürece dahil edilebilmektedir. Son adımda görüntüler İstanbul il sınır vektör verisi kullanılarak kesilmiş ve ön işleme işlemleri tamamlanmıştır.

b. Yerleşim İndeksi Veri Setinin Üretilmesi

Spektral indeks verileri farklı yüzey örtü tiplerinin spektral karakteristiklerini göz önünde bulundurarak bu yüzeylere ait özellikleri ön plana çıkarmak için iki ya da daha fazla görüntü kanalı kullanılarak üretilen verilerdir. Bitki indeksleri literatürde yoğun olarak kullanılmakla beraber, farklı yüzey örtü tiplerini ve bu yüzeylerde meydana gelen değişimleri tespit etmeye odaklı farklı indeks yaklaşımları mevcuttur. Bu indekslere

örnek olarak yanan alan indeksi, su indeksi, kuraklık indeksleri, yerleşim indeksleri ve jeolojik indeksler gösterilebilir. İndeks verileri aynı zamanda multispektral veriler ile gerçekleştirilecek zaman serisi analizlerinde veri boyutunun düşürülmesi hususunda da avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında şehirleşmenin arazi örtüsü ve kullanımı üzerindeki etkileri incelendiğinden yerleşim indeksi tabanlı bir analiz yaklaşımı benimsenmiştir. Yerleşim indeksi olarak normalize edilmiş fark yerleşim indeksi (NDBI), ilk yaklaşımlardan birisidir (Zha vd., 2003). Bu indeksin geliştirilmesi ve yerleşim alanları ile çıplak arazi örtüsü ayrımının artırılması amacı ile normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) entegrasyonu sağlanarak yerleşim indeksi (BUI) oluşturulmuştur (He vd., 2010). Görüntülerden indeks verilerinin üretimi tamamlandıktan sonra ilgili veriler işaretli 8 bit formatta örneklenmiş ve katman birleştirme ile tarih sıralaması gözetilerek birleştirilmiştir.

$$BUI = \frac{(SWIR-NIR)}{(SWIR+NIR)} - \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (3)$$

c. Sınıfların Tanımlanması

Çalışma kapsamında tespit edilecek sınıflar, Anderson (1976) lejantı esas alınarak ve Wulder vd. (2018) tarafından tarif edilen şekilde Arazi örtüsü 2.0 standartları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Wulder vd. (2018), çok zamanlı verinin mevcut olduğu durumlarda, statik arazi örtüsü sınıflarına ek olarak dinamik değişim sınıflarının da bir arada değerlendirildiği altyapıyı tanımlamışlardır. Bu doğrultuda çalışma kapsamında tanımlanan sınıflar ve açıklamaları Tablo 2'de verilmektedir.

ç. Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çok katmanlı veri setinin segmentasyonu ile tek başına ya da gruplar halinde anlamlı bir yeryüzü nesnesini temsil eden segmentler oluşturulmaktadır. Segmentasyon işleminde ölçek, renk, şekil ve doku parametreleri göz önünde bulundurulmaktadır (Benz vd., 2004, Frauman vd., 2005, Blasckhe, 2010). İkinci aşamada ise segmentlerin yansıtım, şekil ve doku özellikleri göz önünde bulundurulacak hiyerarşik ya da ilişkisel tanımlar dâhilinde sınıflandırılması işlemi gerçekleştirilmektedir (Bhaskaran vd. 2010, Herold vd. 2002). Bu çalışmada nesne tabanlı sınıflandırma süreci için eCognition Developer yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 2. Çalışma kapsamında değerlendirilen arazi örtüsü sınıfları

Sınıf Adı	Tanımlama
1. Yerleşim Alanları	Şehir Alanları, Endüstriyel veya Ticari Birimler, Ulaşım Ağları, Limanlar, Havaalanları, Maden Çıkartım Sahaları, İnşaat Sahaları
2. Tarım Alanları	Tek Yıllık ve Çok Yıllık Bitki Ekili Alanlar, Seralar, Meralar
3. Ormanlık Alanlar	İğne Yapraklı Ormanlar, Geniş Yapraklı Ormanlar, Karışık Ormanlar
4. Çıplak ve Doğal Alanlar	Çıplak Kayalıklar, Açık Toprak Alanlar, Seyrek Bitki Alanları
5. Su Alanları	Nehirler, Göller, Rezervuarlar
6. Değişim Alanları -1	2013-2015 arasında Yerleşime Dönüşen Alanlar
7. Değişim Alanları - 2	2015- 2017 arasında Yerleşime Dönüşen Alanlar

Analizin ilk aşaması olan segmentasyon süreci için çoklu çözünürlüklü segmentasyon (multiresolution segmentation) algoritması kullanılmıştır. Algoritma özellikle heterojen örtü tipine sahip çalışma alanlarında farklı nesnelerin boyut ve doku özellikleri doğrultusunda farklı ölçeklerde ifade edilmesi gerekliliğini temel alarak tüm alan için en uygun ölçek parametresinin belirlenmesini hedeflemektedir.

Ölçek parametresi nesneyi oluşturacak piksel grubunun spektral varyasyon miktarını ve sonuçta elde edilen segment büyüklüğünü kontrol eder. Segmentasyon sürecinde tamamlayıcı iki parametre setinden ilki Şekil – Renk bileşenidir. Şekil ve renk biri diğerini 1 değerine tamamlayacak şekilde tanımlanmakta olup, nesne sınırlarının belirlenmesinde hangi parametrenin daha ön planda tutulacağı bu ağırlıklandırmaya göre belirlenmektedir. Şekil özellikleri ayrıca kompaktlık ve yumuşaklık alt parametreleri ile belirlenmektedir (Baatz ve Schape, 2000).

Çalışma kapsamında oluşturulan indeks veri seti üzerinde farklı parametre seti denemeleri gerçekleştirilmiş ve yüzey örtü tiplerinin anlamlı şekilde temsil edildiği nesneleri üreten parametreler belirlenmiştir. Bu kapsamda, ölçek faktörü: 20, şekil: 0.2 ve kompaktlık: 0.5 ile tanımlanan parametre seti ile en uygun segmentasyon sağlanmıştır.

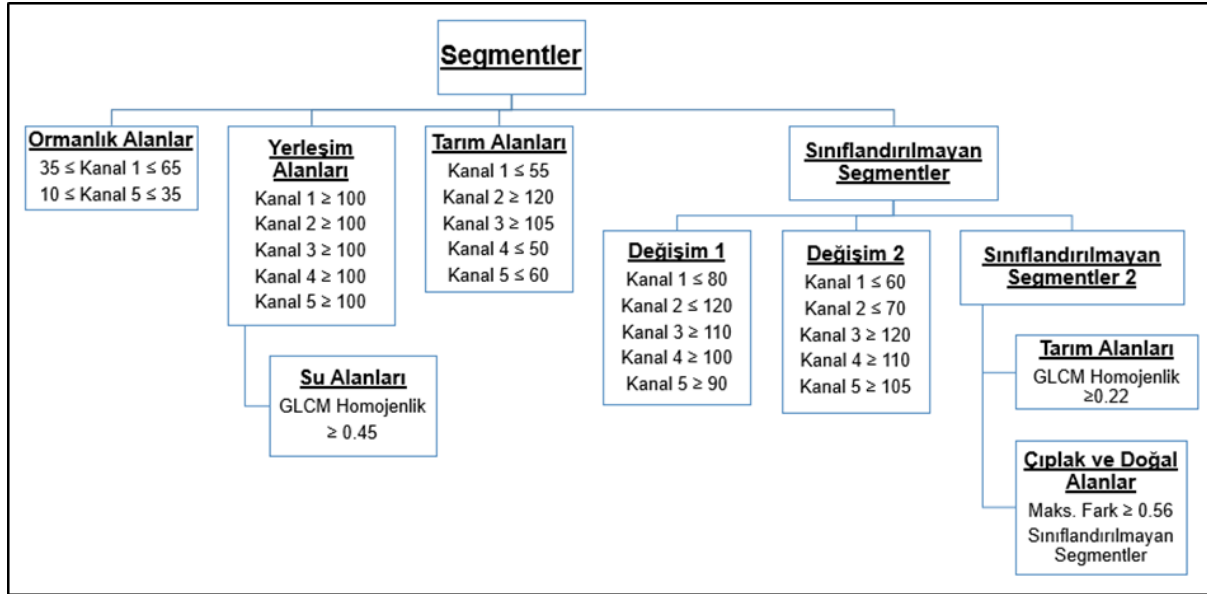
İkinci aşamada segmentleri oluşturan piksellere ait spektral ve doku parametreleri kullanılarak sınıflara ilişkin eşik değerlerin belirlenmesi ve sınıf ilişkilerinin tanımlanması süreci başlatılmıştır.

Bu kapsamda farklı örtü tipleri için seçilen örnek segmentler üzerinde her bir kanala (farklı tarihe ilişkin yerleşim indeks verisi) ait ortalama değer, maksimum fark ve Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM homojenlik değerleri Google Earth referans verisi ile birlikte incelenerek örtü tipini temsil edecek eşik değerler belirlenmiştir (Şekil 2). Bu parametrelerden ortalama değer, segmenti oluşturan piksellerin her bir tarih için indeks değerlerinin ortalamasını; maksimum fark ise segmenti oluşturan pikseller için indeks değerlerinin arasında oluşan en büyük fark değerini temsil eden spektral parametrelerdir. GLCM homojenlik ise bir segmentin dokusal olarak homojenlik seviyesini ifade eden, 0 ile 1 arasında değer alan parametredir.

d. Doğruluk Analizi

Sınıflandırma sonuçları üzerinde nokta bazlı doğruluk değerlendirmesi toplam 250 adet rastgele seçilmiş kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu noktaların sınıf etiketleri ve bunlara karşılık gelen kontrol referansları ile hata matrisleri oluşturulmuştur (Foody, 2002). Çalışma kapsamında doğrulama referans verisi olarak bahsi geçen tüm yıllara ait yüksek çözünürlüklü uydu verisi sunması nedeni ile Google Earth web harita servisi kullanılmıştır.

Kullanıcı ve üretici doğruluk ölçütleri (Story ve Congalton, 1986) ve kappa istatistikleri (Cohen, 1960) bu matrislerden türetilmiştir. Her bir sınıftaki rasgele kontrol noktalarının sayısı; sınıf önceliği, sınıfın kapsadığı alan ve sınıfın homojenliği dikkate alınarak belirlenmiştir (Van Deusen, 1996).

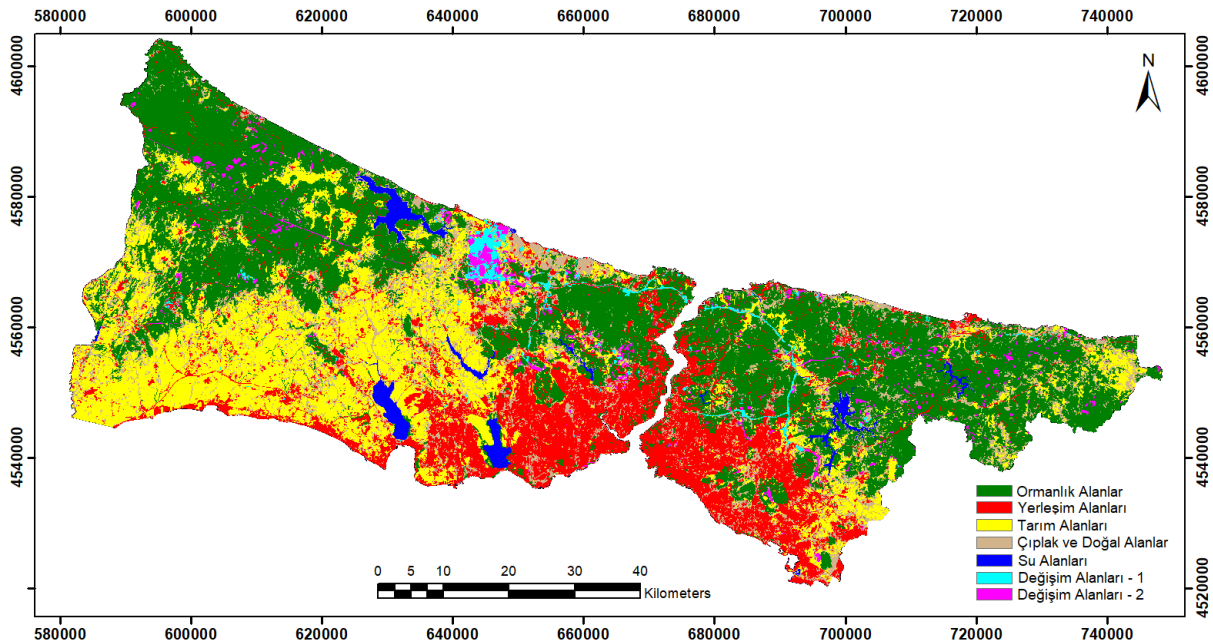


Şekil 2. Nesne tabanlı sınıflandırma kapsamında spektral ve dokusal özelliklere göre belirlenmiş ilişkisel sınıf tanımları.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında yerleşim alanlarındaki artışa bağlı olarak arazi örtüsü / kullanımı karakteristikleri değişim gösteren İstanbul ili özelinde çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda veri boyutunu azaltmak ve yerleşim odağında değişimleri tespit edebilmek amacı ile yerleşim indeksi kullanımı

tercih edilmiştir. AÖ sınıflarının tespiti için yüzey örtü tiplerine ait indeks değerlerini temel alan parametrelerin yıllara bağlı değişimleri ve gösterdikleri karakteristik yapı incelenerek her bir sınıfı temsil eden eşik değerler tanımlanmıştır. Bu tanımlamalara göre görüntü segmentlerinin sınıflandırılması sonucunda elde edilen güncel AÖ haritası Şekil 3'te verilmektedir. Sınıflandırma sonuç verisine uygulanan doğruluk analizi sonuçları ise Tablo 3'te verilmektedir.



Şekil 3. Yerleşim indeksi veri setinin nesne tabanlı sınıflandırması sonucunda elde edilen arazi örtüsü haritası.

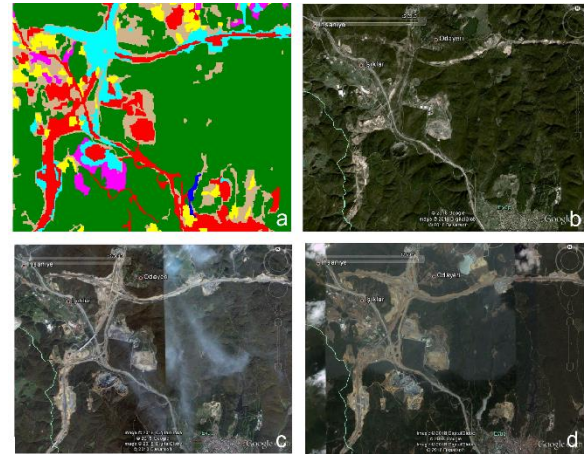
Tablo 3. Rastgele dağılmış kontrol noktaları sonucunda elde edilen doğruluk metrikleri.

Sınıf Adı	Ref. Top.	Sın. Top.	Doğru Nokta	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa
Yerleşim Alanları	44	44	41	93,18	93,18	0,9173
Tarım Alanları	48	47	43	89,58	91,49	0,8947
Ormanlık Alanlar	39	42	39	100,00	92,86	0,9154
Çıplak ve Doğal Alanlar	39	40	37	94,87	92,50	0,9111
Su alanları	17	16	16	94,12	100,00	1,0000
Değişim 1	32	32	28	87,50	87,50	0,8567
Değişim 2	31	29	26	83,87	89,66	0,8819
Toplam	250	250	230	92,00		0,9093

Doğruluk analizi sonuçları değerlendirildiğinde temel değişmeyen sınıflar için %90 üzerinde doğruluğa ulaşıldığı, göreceli olarak tespiti daha zor olan değişim sınıflarında ise %85 - %90 aralığında başarımlar sağlandığı görülmektedir. Bu kapsamda sınıf bazında hatalar irdelendiğinde, ormanlık alanların özellikle seyrek kapallık arz eden bölgelerde çıplak ve doğal alanlar sınıfı ile benzeşim gösterdiği, özellikle ekili olmayan tarım alanlarının çıplak ve doğal alanlar sınıfı ile yer yer karıştığı belirlenmiştir. Yerleşim alanları ise bazı lokal bölgelerde tarım alanları sınıfı ile, değişimin mevcut olduğu bölgelerde ise değişim sınıfları ile karıştığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte bahsi geçen hatalar minimum seviyede kalmış, özellikle yüzey örtü tiplerinin sınır tanımlamaları 15m mekânsal çözünürlük seviyesinde beklenenden daha yüksek başarıma ulaşmıştır. Heterojen karakteristiğe sahip bölgelerde sınıf sınırlarının tanımlanmasında yöntemin başarımları kabul edilebilir seviyededir. Değişim sınıfları için değerlendirme yapıldığında karışımın genellikle birbirleri arasında ortaya çıktığı gözlemlenmiş olup, hata miktarları iki yıllık dönemler için gerçekleştirilen sınıf tanımlaması göz önünde bulundurulduğunda kabul edilebilir sınırlardadır.

Değişimlerin karakteristikleri irdelendiğinde, özellikle son beş yıllık süreçte yerleşim ve üst yapı odaklı değişim gösteren alanların boyutu önem arz etmektedir. Sınıflandırmadan elde edilen alansal analiz sonuçlarına göre 2013 – 2015 yılları arasında 6.367,97 hektar ve 2015 – 2017 yılları arasında 10.141,70 hektar olmak üzere toplamda 16.509,67 hektarlık alan yerleşim ya da üst yapıya dönüşmüştür (Tablo 4). Yerleşim ve üst yapı odaklı değişimin büyük bir bölümü son yıllarda inşa edilen 3. Havalimanı, Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve bu üst donatılara ulaşımı sağlayan bağlantı yolları nedeni ile oluşmaktadır. Buna ek olarak, Avrupa yakasında Sarıyer, Kağıthane, Eyüp ve Anadolu yakasında Ömerli, Riva,

Çekmeköy, Şile bölgelerinde yeni yerleşim alanlarının oluşması bu değişime katkıda bulunmaktadır. Değişimin bir diğer kaynağı ise maden sahalarında ve taş ocaklarında meydana gelen artıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Sınıflandırma sonucu ve referans veri karşılaştırması örneği (a: sınıflandırma sonucu, b: 2013, c: 2015, d: 2017 tarihli referans veri)

Tablo 4. Sınıflandırma sonucuna göre AÖ'nün alansal dağılımı

AÖ Sınıfı	Alan (ha)
Yerleşim Alanları	98.979,70
Tarım Alanları	121.986,30
Ormanlık Alanlar	224.010,00
Çıplak ve Doğal Alanlar	73.157,90
Su alanları	9.924,21
Değişim 1	6.367,97
Değişim 2	10.141,70
Toplam	544.567,78

Çalışmanın sonuçları, İstanbul ilinin son beş yıllık süreçte yerleşim ve üstyapı odaklı AO değişimine yoğun bir şekilde maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Bu değişim özellikle İstanbul'un kuzey yarısında bulunan ormanlık alanların ve doğal alanların tahribine neden olmaktadır. Bu miktarda değişimin doğal çevre ve ekosistem üzerinde olumsuz etki oluşturma potansiyeli oldukça yüksektir. Geçirimsiz yüzeylerdeki artışın ısı adaları gibi meteorolojik etkiler oluşturmaları ve yerleşimdeki artışın evsel atık odaklı çevre kirliliğini artırma potansiyeli yüksektir. Araştırma bulgularının ve önerilen yöntemin, hızlı ve güvenilir biçimde zamana bağlı değişimleri tespit edebilme kapasitesi sayesinde karar vericilerin yönetsel faaliyetlerinde kullanılabilecek mekânsal altlık verisinin periyodik olarak sağlanması hususunda faydalı olabileceği düşünülmektedir. İlerleyen dönemde daha yüksek mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlüğe sahip Sentinel 2 uydu verileri ve farklı veri boyutlandırma teknikleri kullanılarak çalışmanın geliştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach, J.T., Witmer, R.E. (1976). **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**, Government Printing Office, Washington, DC (1976) US Geological Survey, Professional Paper 964.
- Baatz, M., Schape, A. (2000), **Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**. Angew. Geogr. Info. verarbeitung, Wichmann-Verlag, Heidelberg. 12-23.
- Barnsley, M.J., Barr, S.L., (1996), **Inferring urban land use from satellite sensor images using kernel based spatial reclassification**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, 949–958.
- Barsi, J.A., Lee, K., Kvaran, G., Markham, B.L., Pedelty, J.A., (2014). **The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager**. Remote Sensing, 6, 10232-10251.
- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., (2004). **Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS ready information**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58, 239–258.
- Bhaskaran, S., Paramananda, S., Ramnarayan, M. (2010). **Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban features using Ikonos satellite data**, Applied Geography, 30, 650–665.
- Blaschke, T., (2010). **Object based image analysis for remote sensing**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66(1), 2–16.
- Bruzzzone, L., Persello, C., (2009). **A novel context-sensitive semisupervised SVM classifier robust to mislabeled training samples**. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 47, 2142–2154.
- Canaz, S., Aliefendioğlu, Y., Tanrıvermiş, H., (2017). **Change detection using Landsat images and an analysis of the linkages between the change and property tax values in the Istanbul Province of Turkey**. Journal of Environmental Management 200, 446-455.
- Campbell, J.B., (2002). **Introduction to Remote Sensing**, 3rd edn (New York: Guilford Press).
- Chaofan, W., Jinsong, D., Ke, W., Ligang, M., Tahmassebi, A.R.S., (2016). **Object-based classification approach for greenhouse mapping using Landsat-8 imagery**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 9(1), 79-88.
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., Yin, Z.-Y. (2006). **Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes**. Remote Sensing of Environment, 104 (2), 133-146
- Cohen, J., (1960). **A coefficient of agreement for nominal scales**, Educational and Psychological Measurement, 20, 37–46.
- Coskun, H.G., Alganci, U., Usta, G., (2008). **Analysis of Land Use Change and Urbanization in the Kucukcekmece Water Basin (Istanbul, Turkey) with Temporal Satellite Data using Remote Sensing and GIS**. Sensors 8 (11), 7213-7223.
- Finkl, C.W., Charlier, R.H., (2003). **Sustainability of subtropical coastal zones in southeastern Florida: Challenges for urbanized coastal environments threatened by development, pollution, water supply, and storm hazards**. Journal of Coastal Research, 19, 934–943.

- Foody, G.M., (2002). **Status of land cover classification accuracy assessment**, Remote Sensing of Environment, 80,185–201.
- Frauman, E., Wolff, E., (2005). **Segmentation of very high spatial resolution satellite images in urban areas for segments-based classification**, Proceedings of the International Symposium Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas and 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas, 14–16 March, Tempe, Arizona, unpaginated CD-ROM.
- Goksel, C., Kaya, S., Musaoglu, N., (2001). **Using satellite data for land use change detection: a case study for Terkos water basin, Istanbul**. A.A. Balkema (Ed.), Proceedings of the 21st EARSeL Symposium, Rotterdam, Netherlands, 299-302.
- He, C., Shi, P., Xie, D., Zhao, Y. (2010). **Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach**, Remote Sensing Letters, 1(4), 213-221.
- Herold, M., Scepan, J., (2002). **Object-oriented mapping and analysis of urban land use/cover using Ikonos data**, Proceedings of the 22nd EARSeL Symposium Geoinformation for Europeanwide Integration, Prague, unpaginated CD-ROM.
- Herold, M., Liu, X., Clarke, K.C., (2003). **Spatial metrics and image texture for mapping urban land use**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, 991–1002.
- Kaya, S., Curran, P., (2006). **Monitoring urban growth on the European side of the Istanbul metropolitan area: A case study**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 8 (1), 18-25.
- Kaya, S., (2007). **Multitemporal analysis of rapid urban growth in Istanbul using remotely sensed data**. Environmental Engineering Science 24 (2), 228–233.
- Kim, M., Madden, M., Warner, T.A., (2009). **Forest type mapping using object-specific texture measures from multispectral Ikonos Imagery: Segmentation quality and image classification issues**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 75(7), 819–829.
- Laben, C.A., Brower, B.W. (2000). **Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpning**, US Patent 6,011,875.
- Landsat Handbook (2016). **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. LSDS-1574 Version 2.0, USGS –EROS, Sioux Falls, South Dakota, USA, 29 March 2016.
- Mountrakis, G., Im, J., Ogole, C., (2011). **Support vector machines in remote sensing: a review**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 66 (3), 247-259.
- Niemi, G., Wardrop, D., Brooks, R., Anderson, S., Brady, V., Paerl, H., Rakocinski, C., Brouwer, M., Levinson, B., McDonald, M., (2004). **Rationale for a new generation of ecological indicators for coastal waters**. Environmental Health Perspectives, 112, 979–986.
- O'Hara, C.G., King, J.S., Cartwright, J.H., King, R.L., (2003). **Multitemporal land use and land cover classification of urbanized areas within sensitive coastal environments**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41, 2005–2014.
- Ruiz-Luna, A., Berlanga-Robles, C.A., (2003). **Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwest Mexico**. Landscape Ecology, 18, 159–171.
- Schmidt, K.S., Skidmore, A.K., Kloosterman, E.H., Van Oosten, H., Kumar, L., Janssen, J.A.M., (2004). **Mapping coastal vegetation using an expert system and hyperspectral imagery**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 703–715.
- Shalaby, A., Aboel Ghar, M., Tateishi, R., (2004). **Desertification impact assessment in Egypt using low resolution satellite data and GIS**. International Journal of Environmental Studies, 61(4), 375–384.
- Shao, Y., Lunetta, R.S., (2012). **Comparison of support vector machine, neural network, and CART algorithms for the land-cover classification using limited training data points**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 70, 78-87.
- Shi, H. Singh, A., (2003). **Status and interconnections of selected environmental issues in the global coastal zones**. Ambio, 32, 145–152.

- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K. C., Lenney, M.P., Macomber, S.A., (2001) **Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effect?** Remote Sensing of Environment, 75, 230–244.
- Story, M., Congalton, R.G., (1986). **Accuracy assessment: A user's perspective**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52(3), 397–399.
- Tansey, K., Chambers, I., Anstee, A., Denniss, A., Lamb, A., (2009). **Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas**, Applied Geography, 29, 145–157.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TurkStat), (2018). www.turkstat.gov.tr/ Erişim Tarihi: 30.01.2018.
- Van Deusen, P.C., (1996). **Unbiased estimates of class proportions from thematic maps**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62(4), 409–412.
- Wardell, D.A., Reenberg, A., Tøttrup, C., (2003). **Historical footprints in contemporary land use systems: forest cover changes in savannah woodlands in the Sudano-Sahelian zone**. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions 13, 235–254.
- Wulder, M. A., Coops, N.C., Roy, D.P., White, J.C., Hermosilla, T., (2018). **Land cover 2.0**, International Journal of Remote Sensing, 39(12), 4254-4284.
- Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., Bauer, M.E., (2005). **Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multi-temporal Landsat remote sensing**. Remote Sensing of Environment 98 (2–3), 317-328.
- Zha, Y., Gao, J., Ni, S. (2003). **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery**. International Journal of Remote Sensing, 24, 583–594.
- Zhou, Y., Yang, G., Wang, S., Wang, L., Wang, F., Liu, X. (2014). **A new index for mapping built-up and bare land areas from Landsat-8 OLI data**, Remote Sensing Letters, 5(10), 862-871.