

Nesne-Tabanlı Sınıflandırmada Segmentasyon (Bölütleme) Kalitesinin Sınıflandırma Doğruluğu Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Hasan Tonbul^{1*}, Taşkın Kavzoğlu¹

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği Bölümü, Gebze/Kocaeli.

e-posta: htonbul@gtu.edu.tr, kavzoglu@gtu.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.02.2017 ; Kabul Tarihi: 20.07.2017

Özet

Segmentasyon, görüntüdeki belirleyici nitelikleri temel alarak homojen görüntü nesnelere (segment) oluşturma işlemidir. Esas olarak, görüntü nesnelere ilgilenilen gerçek yeryüzü nesnelere karşılık gelmelidir. Segment ve özelliklerini belirleme işlemi sınıflandırmanın temelini oluşturduğundan, segmentasyon işlemi nesne-tabanlı sınıflandırmanın en önemli aşamasıdır. Üretilen segmentlerin kalitesini belirlemek için referans veri seti ve çeşitli segmentasyon değerlendirme metrikleri üretilmiştir. Bu çalışmada, kullanıcı tarafından referans alanlar (binalar) seçilerek, segmentasyon kalite analizi Area Fit Index (AFI) ve Quality Rate (Qr) metrikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, farklı ölçek parametreleri kullanılarak oluşturulan segmentlerin kalite analizlerinin çeşitli metrikler yardımıyla belirlenerek sınıflandırma doğruluğu hakkında bir gösterge olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırmasını yapmaktır. Bu kapsamda, Quickbird-2 yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak 30 adet bina referans olarak seçilmiş ve segmentasyon kalite metrikleri kullanılarak sınıflandırma doğrulukları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük segmentasyon metodu kullanılarak, ölçek parametresi belirleme aracı (ESP-2) yardımıyla 3 seviyede ölçek parametresi belirlenmiş ve her biri için segmentasyon kalite analizi gerçekleştirilmiştir. eCognition Developer (v. 9.2) yazılımı kullanılarak en yakın komşuluk sınıflandırıcı ile nesne-tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, segmentasyon kalitesi ölçütü (Qr) metriğinde yaklaşık %20 oranındaki iyileşmenin, sınıflandırma doğruluğu artışına etkisinin %9 seviyesinde olduğu gözlemlenmiş ve segment kalitesi arttıkça sınıflandırma doğruluğunun da paralel olarak artış gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler

Bölütleme; Segmentasyon kalitesi; Çoklu-çözünürlük segmentasyon; Nesne-tabanlı sınıflandırma; Ölçek parametresi

Investigation of The Effect of Segmentation Quality on Object-Based Classification Accuracy

Abstract

Segmentation is the process of creating homogeneous image objects (segments) based on the deterministic attributes of the image. Basically, image objects should correspond to real earth objects of interest. Since the process of determining segments and properties is the basis of classification, the segmentation process is the most important phase of object-based classification. Reference data set and various segmentation evaluation metrics have produced to determine the quality of the generated segments. In this study, segmentation quality analysis was performed by using Area Fit Index (AFI) and Quality Rate (Qr) metrics by selecting reference objects (buildings) by the user. The main purpose of this study is to investigate whether segment quality analysis using different scale levels can be determined by using various metrics and used as an indicator of classification accuracy. In this context, 30 buildings were selected as reference object from Quickbird-2 high resolution satellite image and segmentation quality analyzes were conducted and the classification accuracies were compared. In this study, by using the multi-resolution segmentation method three scale levels determined by the Estimation of Scale Parameter (ESP-2) tool and segmentation quality analysis was performed for each segmentation. Object-based classification was performed with the nearest neighbor classifier using eCognition Developer (v. 9.2) software. As a result, approximately 20% improvement in segmentation quality criterion (Qr) metric and 9% increase in classification accuracy were observed, and it can be stated that the increase in segment quality was parallel to the increase in classification accuracy.

Keywords

Segmentation Quality; Multi-resolution segmentation; Object-based classification; Scale Parameter

1. Giriş

Günümüzde, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının artan oranda kullanılmasıyla birlikte yeryüzü nesne çıkarımı uzaktan algılama alanında daha önemli bir hale gelmiştir. Klasik piksel-tabanlı metotlar, yüksek çözünürlüklü görüntülerdeki nesnelerin genellikle farklı spektral özniteliklere sahip heterojen piksellerden oluşması sebebiyle nesne çıkarımı aşamasında yetersiz kalmaktadırlar (Colkesen and Kavzoglu 2017). Spektral domain dikkate alınarak yapılan sınıflandırma işleminde sadece spektral bant bilgileri kullanılırken, konumsal domain dikkate alındığında segmentasyonla üretilen nesnelerin geometrik şekilleri, büyüklükleri, dokusal ve örüntü özellikleri de kullanılmaktadır (Kavzoglu, 2017).

Nesne-tabanlı görüntü analizi, görüntü segmentasyonu adı verilen ve homojen nesnelere elde etmek için benzer pikselleri bir araya toplama işlemiyle başlar. Segmentasyon işlemi, nesne-tabanlı sınıflandırmanın en temel adımıdır. Görüntü üzerinde segmentlere ayrılan bölgeler görüntü nesneleri olarak da ifade edilebilir ki bunlar nesne-tabanlı analizin çekirdek yapılarıdır (Benz et al. 2004; Blascke, 2010). Bu nedenle, segmentasyon kalitesinin değerlendirilmesi, etkili segmentasyon yaklaşımlarının seçiminde ve optimum parametrelerin belirlenmesinde nesne-tabanlı görüntü analizi için esastır (Neubert et al. 2008). Ayrıca, segmentasyon kalitesinin devamında gelen sınıflandırma sonucunu önemli derecede etkilediği birçok yazar tarafından ifade edilmiştir (Blaschke, 2010; Clinton et al. 2010; Tunay et al. 2012; Weidner, 2008; Kavzoglu, 2017).

Genel olarak, segmentasyon kalitesini değerlendirmeye yönelik çalışmalar, sistem seviyesinde değerlendirme, ampirik iyilik ve ampirik uyumsuzluk yöntemlerini içerir (Zhang et al. 2015). Halihazırda, kontrolsüz yöntemler (ampirik iyilik yöntemleri) ve kontrollü yöntemler (ampirik uyumsuzluk yöntemleri) olmak üzere iki tür görüntü segmentasyon kalitesi değerlendirme

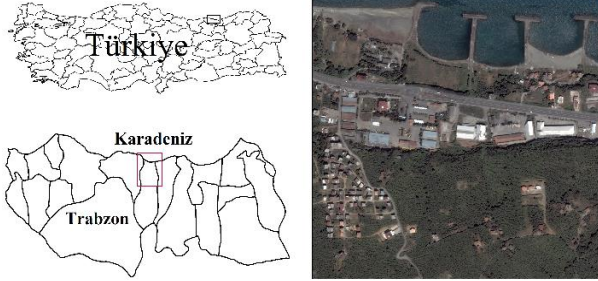
yöntemibulunmaktadır (Zhang, 1996; Johnson and Xie 2011). Kontrolsüz yöntemler, segmente edilmiş bir görüntünün insan algılarını esas alarak bir dizi özellik kümesiyle ne kadar iyi eşleştiğine bağlı olarak görüntüyü değerlendirir (Zhang et al. 2008) ve insan algılamasıyla uyumlu segmentasyona neden olan belirli ölçütleri kullanır (Chabrier et al. 2006). Kontrollü yöntemler ise segmentasyon sonucunun sayısal bir analiz yardımıyla bir yer kontrol veya referans nesnesiyle karşılaştırılması esasına dayanır (Weidner, 2008). Bir segment ve referans arasındaki tutarsızlık segmentasyon kalitesini ortaya koymaktadır. Tutarsızlık ne kadar küçükse segmentasyon kalitesi o kadar yüksektir (Zhang et al. 2015). Kontrolsüz yöntemler ise herhangi bir segmentasyon algoritmasıyla ilişkilendirilmediğinden ve insan algısına bağlı olduğundan dolayı kontrollü yöntemlere göre daha subjektif kalmaktadırlar (Zhang, 1996). Dolayısıyla, referans segmentleri doğru bir biçimde elde edilebildiği sürece kontrollü yöntemlerin segmentasyon kalitesi sonuçları için daha objektif ve güvenilir olacağı öngörülmektedir (Cheng et al. 2014).

Bu çalışmanın iki temel amacı bulunmaktadır: i) çoklu-çözünürlük segmentasyon metodu kullanılarak, ölçek parametresi belirleme (ESP-2) (Drăguț et al. 2014) aracı ile üretilen üç farklı ölçek parametresinin oluşturduğu segmentlerin kalite analizini çeşitli metrikler yardımıyla belirlemek, ii) segment kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisini detaylı bir şekilde araştırmaktır.

2. Çalışma alanı ve veri seti

Bu çalışmada, Trabzon ili Yomra ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve 5 Mayıs 2008 tarihinde elde edilmiş 0.6 metre konumsal çözünürlüğe sahip multispektral pan-sharpened Quickbird-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 1). Görüntü, 1421x1451 piksel boyutlarında ve yaklaşık 75 ha'lık bir alanı kapsamaktadır.

Pankromatik ve multispektral görüntülerin füzyonunda Gram-Schmidt algoritmasından yararlanılmış ve bu işlem sonucu elde edilen görüntülerin yeniden örneklemeinde Bilineer enterpolasyon tekniği kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı, Trabzon Yomra bölgesi

Çalışma bölgesi, ülkemizin kuzey-doğu bölümünde, etrafı dağlık alanlarla çevrilmiş orman, tarım alanları ve kırsal yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Çalışma alanına ait görüntü, arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları bakımından benzer spektral özellik gösteren yoğun heterojenliğe sahip bölgeyi içermektedir. Buna bağlı olarak, sınıflandırma aşamasında kullanılmak üzere 10 farklı arazi örtüsü-arazi kullanımı sınıfı (toprak, çakıl-betonarme, asfalt yol, orman, otlak alan, su, gölge, mavi çatı, kırmızı çatı, beyaz çatı) belirlenmiştir.

3. Metodoloji

3.1. Çoklu-Çözünürlük Segmentasyon

Çoklu-çözünürlük segmentasyon algoritması görüntü nesnelere ortalamada heterojenliğini minimum seviyeye indirgeyen bir optimizasyon işlemidir (Dorninger and Pfeifer, 2008). Çoklu-çözünürlük segmentasyonu iki temel adımdan meydana gelmektedir. İlk adım, birleşecek görüntü nesnelere belirlemek için karar deneyimlerinin belirlenmesi, ikinci adım ise bir çift görüntü nesnesi için uyum derecesini hesaplamak için görüntü nesnelere homojenliğinin tanımlanması olarak ifade edilmektedir (Baatz and Schäpe 2000). Bu segmentasyon yönteminde ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri olmak üzere üç farklı parametre kullanılır.

Ölçek parametresi nesnelere biraya gelmesine ait spektral homojenliği ayarlarken, bütünlük faktörü bütünlük ve yumuşaklık dengelemesini yaparak, yumuşak kenarlar ve tüm kenarlara bağlı olarak nesnenin şeklini ve kenar sınırlarını belirlemektedir (Definiens, 2010). Ölçek parametresi, görüntü nesnelere üretme arasında en önemli etkiye sahip olan parametredir ve istenilen nesne boyutunun belirlenmesinde anahtar rol oynar (Kavzoglu and Yıldız, 2014; Kavzoglu et al. 2016). Ölçek parametresi ne kadar büyük olursa, o kadar çok nesne bir araya gelir ve nesnelere o ölçüde büyür (Baatz and Schäpe 2000). Optimum ölçek parametresi belirleme işlemi, literatürdeki birçok araştırmacı tarafından deneme yanılma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kavzoglu et al. 2015; Lowe and Guo 2011). Bu çalışmada, ölçek parametresi seçiminde, çok bantlı görüntülerin lokal varyansını hesaplamaya dayanan ve otomatik ölçek parametresi tahmini yapan ESP-2 (Drăguț et al. 2014) aracı kullanılarak belirlenmiştir. ESP-2 aracı, ESP aracının geliştirilmiş bir versiyonudur ve birden fazla (toplam 30 banta kadar) bant kullanıma olanak sağlamaktadır. ESP aracında, her bir ölçek parametre değeri için hesaplanan lokal varyans-lokal varyanstaki değişim grafiği çizdirilir. Grafik, lokal varyansın tek başına anlamlı nesnelere belirtmeyeceğini göstermektedir. Lokal varyansın değişim oranlarındaki eşik değeri hangi ölçek parametresinde anlamlı objelerin segmentasyonun yapılacağını belirler. Değişim oranı grafiği ani iniş çıkışlardan oluşan pikler şeklindedir ve ani değişimin görüldüğü pikler seçilebilecek optimum ölçek parametresini göstermektedir (Drăguț vd., 2010).

3.2. Segmentasyon Kalite Ölçütleri

Segmentasyon parametreleri için optimum değerlerin kullanılmaması durumunda fazla bölütleme (over-segmentation) veya yetersiz bölütleme (under-segmentation) olarak adlandırılan durumlar meydana gelmektedir. Bu sebeple, görüntü segmentasyon kalitesini değerlendirmek için optimum ölçütlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, segmentasyon parametreleri belirleme işleminde bir standart olmadığı gibi, segmentasyon

kalitesini değerlendirme işleminde de bir standart bulunmamaktadır. Segmentasyon kalitesi değerlendirmesinde, kontrollü yöntemler arasında yer alan ve referans nesne ile oluşturulan segment arasındaki ilişkiyi sayısal olarak değerlendiren Area Fit Index (AFI) ve Quality Rate (Qr) metrikleri literatürde en sık kullanılan ölçütler arasında yer almaktadır (Tablo 1). Belirtilen metrikler, referans nesne ile oluşturulan segment arasındaki kesişim ve birleşim alanlarını fark alma esasına dayanır (Clinton et al. 2010). Literatürde belirtildiği üzere, referans nesne seçiminde bina veya benzeri yapıların kullanılmasının daha uygun olacağı birçok çalışmada ifade edilmektedir (Clinton et al. 2010; Cheng et al. 2014).

Fazla bölütleme, görüntü nesnelere referans nesneden küçük olması durumunda, yetersiz bölütleme ise görüntü nesnelere referans nesnelere büyük olması durumunda meydana gelmektedir. Yetersiz bölütleme ne kadar minimum seviyede tutulursa o seviyede yüksek sınıflandırma doğruluğu elde edileceği Belgiu ve Drăgut (2014) tarafından ifade edilmektedir.

Tablo 1. Segmentasyon kalite metrikleri. $A_{r(i)}$ toplam referans alanını göstermekte, $A_{s(j)}$ ele alınan segmentlerin toplam alanını göstermektedir.

Metrik	Formül	Kaynak
Area Fit index (AFI)	$AFI = \frac{A_{r(i)} - A_{s(j)}}{A_{r(i)}}$	Lucieer and Stein (2002)
Quality rate (Qr)	$Qr = \frac{A_{r(i)} \cap A_{s(j)}}{A_{r(i)} \cup A_{s(j)}}$	Winter (2000)

AFI, referans birimi ile en büyük üst üste gelen segment nesnesi arasındaki örtüşme derecesini ölçen bir metriktir. AFI, 0 değerini aldığı anda, referans ve segmente edilmiş nesnelere arasında mükemmel bir uyum var demektir. Pozitif AFI fazla segmentasyonu, negatif AFI yetersiz segmentasyonu temsil eder. Qr metriği 0 ile 1 arasında değerler alır ve referans nesnesi ile ilgili segment arasındaki alana ait örtüşmeyi yetersiz

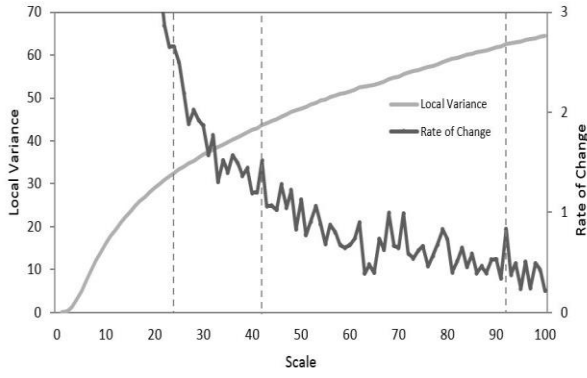
segmentasyon ve fazla segmentasyon değerlerini ele alarak belirler. İdeal bir durumda, Qr değerinin 1'e yakın olması beklenir.

4. Deneysel Bulgular

Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük segmentasyon işlemi eCognition Developer (v.9.2) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçek parametresi seçimi, eCognition Developer yazılımının Cognition Network Language (CNL) ortamında programlanan, ESP-2 aracı kullanılarak belirlenmiştir.

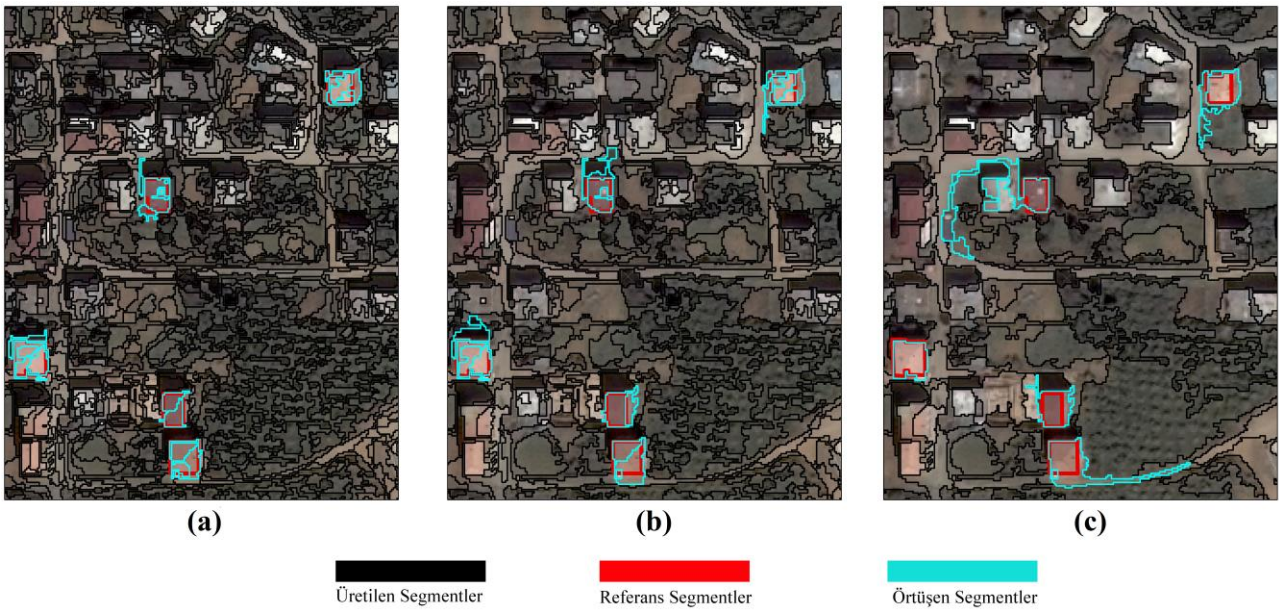
ESP-2 aracı görüntü nesnelere (segment) ait lokal varyans değişimlerini ele alarak 3 seviyeli ölçek tahmini gerçekleştirmektedir. Belirtilen üç seviye, L1, L2 ve L3 olarak adlandırılmakta ve L1 en iyi nesne ölçeğini, L2 orta seviye nesne ölçeğini, L3 ise en geniş ölçeğini temsil etmektedir. Görüntü nesne sayısı, L1'den L3'e doğru azalmaktadır. ESP-2 aracı ile oluşturulmuş lokal varyans-lokal varyanstaki değişim grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna bağlı olarak, L1, L2 ve L3 ölçek değerleri sırasıyla 24, 42 ve 92 olarak grafikteki ani değişimin görüldüğü pikler esas alınarak belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda da ifade edildiği üzere (örn.: Drăgut et al. 2014; Kavzoglu ve Yıldız, 2014), biçim ve bütünlük parametresinin görüntü nesnelere üretimde sınırlı etkisi olduğundan dolayı sırasıyla 0.1 ve 0.5 değerleri sabit alınarak kullanılmıştır.

Segmentasyon işlemi sonucunda, L1 seviyesi için 22.165 görüntü nesnesi, L2 seviyesi için 7.733 görüntü nesnesi ve L3 seviyesi için 1.784 görüntü nesnesi oluşturulmuştur. Segmentasyon kalite değerlendirmesinde kullanılmak üzere, referans nesnesi olarak 30 adet bina hassas bir şekilde sayısallaştırılmıştır.



Şekil 2. ESP-2 lokal varyans-ölçek parametresindeki değişim grafiği

Üç farklı seviyede üretilen segmentlerin referans nesnelerle olan örtüşme alanları Şekil 3'de gösterilmiş ve ölçek parametresi büyüdükçe (L1'den L3'e doğru) üretilen segmentlerin boyutlarının büyüdüğü ve referans nesnelerle olan örtüşmelerinde yetersiz segmentasyon olayının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Özellikle L3 seviyesinde gerçekleştirilen segmentasyon işleminde, küçük binalar için uygun görüntü nesnelerinin oluşturulmadığı ve referans nesnelerle örtüşme oranlarının tutarsız ve olması gerekenden büyük olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Segmentlerin referans nesnelerle olan örtüşme alanları, a) L1, b) L2, c) L3 görüntü nesneleri

Segmentasyon kalite ölçütleri olan AFI ve Qr metrikleri ArcGIS (v.10.2) yazılımında hesaplanmıştır ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Segmentasyon kalite değerlendirmesi

Seviye	Ölçek	Segment Sayısı	AFI	Qr
L1	24	22.165	-0.237	0.80
L2	42	6.447	-0.328	0.74
L3	92	1.784	-0.582	0.61

L1 seviyesinde üretilen görüntü nesnelerinin L3 seviyesinde üretilen görüntü nesnelere göre

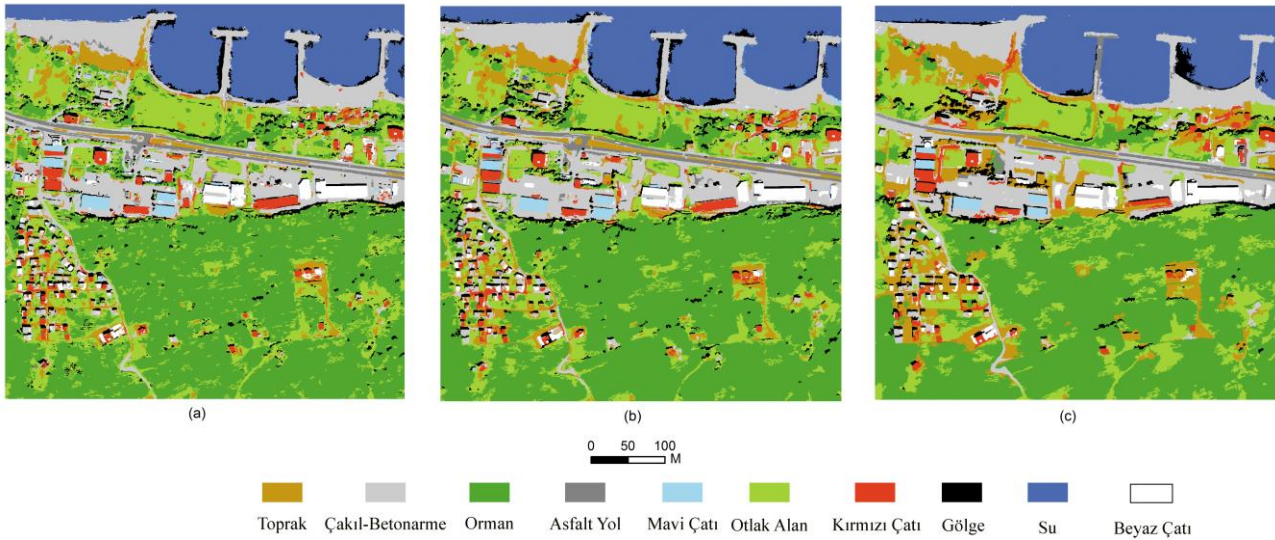
segmentasyon kalitesi sonuçları analiz edildiğinde oldukça farklı sonuçların elde edildiği saptanmıştır. Örneğin, AFI ve Qr değerleri L1 için sırasıyla -0.237 ve 0.80 olarak hesaplanırken, L3'de bu değerlerin -0.582 ve 0.61 olarak hesaplandığı görülmektedir. Böylelikle, L1 seviyesinde üretilen görüntü nesnelerinin segment kalitesi bakımından L2 ve L3'de üretilen segmentlere göre daha kaliteli olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Ayrıca, AFI değerlerinin tüm seviyedeki segmentasyon sonuçlarında eksi değerlerde hesaplanması yetersiz segmentasyonun meydana geldiğini göstermektedir. Görüntü nesneleri için optimum parametre seçimi ve kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki

etkisini araştırmak amacıyla nesne-tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Nesne-tabanlı sınıflandırma işlemi (üç farklı segmentasyon sonucu için), ilgili yazılımda bulunan ve segmentler üzerinden sınıf hiyerarşisine göre alınan örneklere dayanan en yakın komşuluk sınıflandırma algoritması ile sınıflandırılmıştır. Tüm sınıflandırma işlemlerinde, olabildiğince birbirine yakın eğitim ve test alanları kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminde tüm bantların spektral ortalama, minimum ve maksimum değerleri, NDVI ve IHS özellikleri olmak üzere (toplam 17 özellik) kullanılmıştır. Tablo 3. Üç ölçek seviyesi için elde edilen sınıflandırma sonuçları

Seviye	Ölçek	Kappa	Genel Doğruluk (%)
L1	24	0.91	91.5

L2	42	0.88	89.16
L3	92	0.81	82.74

Doğruluk analizinde, kappa değeri ve genel doğruluk rastgele seçilen 2.500 piksel yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'den görüleceği üzere en yüksek doğruluk (% 91.5) ve Kappa değeri (0.91) L1 seviyesi segmentasyonu sonucunda elde edilmiştir ve genel doğruluk sonuçları karşılaştırıldığında L3'e göre yaklaşık % 9'luk bir farkın olduğu gözlemlenmiştir. Segmentasyon kalitesi sonuçlarının sınıflandırma doğruluğu sonuçlarıyla birbirine yakın sonuçlar verdiği tüm kombinasyonlarda gözlemlendi. Buna bağlı olarak, Qr metriğinde yaklaşık %20 oranındaki iyileşmenin, sınıflandırma doğruluğu artışının %9 seviyesinde olduğu gözlemlenmiş ve tüm değerlendirmelerde birbirine benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. Sınıflandırma sonuçları, a) L1 (24), b) L2 (42), c) L3 (92) seviye tematik haritaları

Ayrıca, şekil 4'deki tematik haritalar incelendiğinde, segment boyutlarının artmasıyla bazı arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının (örneğin otlak alan ve asfalt yol) düzleştiği ve bazı sınıfların (çakıl-betonarme ve gölge) daha baskın hale geldiği gözlemlendi. Büyük ölçekli değer (L3 seviyesi) kullanıldığında, bazı kırmızı çatı sınıf etiketli binaların yanlış sınıflandırıldığı ve su üzerindeki gölge alanlarının arttığı görüldü. L1

seviyesinde üretilen haritada ise özellikle ormanlık alanların içerisinde yer alan otlak alanların doğru bir şekilde sınıflandırıldığı ve en yüksek doğruluğu verdiği tespit edilmiştir.

5. Sonuçlar

Nesne-tabanlı görüntü analizi yüksek çözünürlüklü görüntülerin artmasına paralel

olarak uzaktan algılama alanında daha önemli bir seviyeye ulaşmış ve piksel-tabanlı sınıflandırmanın önüne geçmiştir. Nesneye dayalı görüntü analizinin en önemli şartı, başarılı bir segmentasyonun gerçekleştirilmesidir. Buna bağlı olarak, yapılacak segmentasyon çalışmalarında segmentasyon parametrelerinin optimize edilmesi ve segmentasyon kalitesinin artırılması bir ön koşul haline gelmektedir. Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü Quickbird-2 uydu görüntüsü kullanılarak çoklu-çözünürlük segmentasyon

işlemi gerçekleştirilmiş ve ölçek parametresi belirleme aracı (ESP-2) ile elde edilen üç farklı ölçek parametresi kullanılmıştır. Elde edilen görüntü nesnelere kalite değerlendirmesi, kontrollü yöntemler arasında yer alan ve referans nesnelere ele alınan segmentlerle olan örtüşmeyi sayısal bir şekilde analiz eden AFI ve Qr metrikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adımda yapılan sınıflandırma sonuçlarında, segmentasyon kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, segmentasyon kalitesi ölçütü olarak kullanılan Qr ve AFI metriklerinde meydana gelen iyileşmenin sınıflandırma doğruluğu artışına etkisinin %9 seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, segmentasyon kalitesi değerlendirmesinin yapılacak sınıflandırma sonuçları için kullanıcıya bir ön çıkarım sağladığı ve uygun segment belirlemenin yapılacak çalışmalarda önemi ortaya konulmuştur. Gelecek çalışmalarda, farklı segmentasyon değerlendirme metrikleri de kullanılarak ve başka veri setleri üzerinde de test edilerek segmentasyon kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerine etkisinin daha kapsamlı bir şekilde ele alınması planlanmaktadır.

6. Kaynaklar

Baatz, M. and Schäpe, A., 2000. "Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation." In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), *Angewandte*

Geographische Informationsverarbeitung, vol. XII. Wichmann, Heidelberg, pp. 12-23.

Belgiu, M. and Drăguț, L., 2014. Comparing supervised and unsupervised multiresolution segmentation approaches for extracting buildings from very high resolution imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **96**, pp. 67-75.

Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. and 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 (3)**, pp. 239-258.

Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **65**, pp. 2-16.

Chabrier, S., Emile, B., Rosenberger, C. and Laurent, H., 2006. Unsupervised performance evaluation of image segmentation. *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, 2006, pp. 1-12.

Cheng, J., Bo, Y., Zhu, Y. and Ji, X., 2014. A Novel Method for Assessing the Segmentation Quality of High-Spatial Resolution Remote-Sensing Images. *International Journal of Remote Sensing*, **35 (10)**, pp. 3816-3839.

Clinton, N., Holt, A., Scarborough, J., Yan, L. and Gong, P., 2010. Accuracy assessment measures for object-based image segmentation goodness. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **76 (3)**, pp. 289-299.

Colkesen, I. and Kavzoglu, T. 2017., The Use of Logistic Model Tree (LMT) for Pixel- and Object-based Classifications Using High-resolution WorldView-2 Imagery. *Geocarto International*, **32 (1)**, pp. 71-86.

Definiens, 2010, eCognition Developer 8.64 Reference book. Munich, Germany: Trimble Germany GmbH.

Dorninger, P., Pfeifer, N., 2008. A comprehensive automated 3D approach for building extraction, reconstruction and regularization from air borne

-
- laser scanning point cloud. *Sensors* **8**, pp. 7323-7343.
- Drăgut, L., Tiede D. and Levick S. R., 2010. ESP: a tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data. *International Journal of Geographical Information Science*, **24**, pp.859-871.
- Drăgut, L., Csillik, O., Eisank, C. and Tiede, D., 2014. Automated parameterisation for multi-scale image segmentation on multiple layers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **88**, pp.119-127.
- Johnson, B. and Xie, Z., 2011. Unsupervised Image Segmentation Evaluation and Refinement Using a Multi-scale Approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **66**, pp. 473–483.
- Kavzoglu, T. and Yildiz, M., 2014. Parameter-Based Performance Analysis of Object-Based Image Analysis Using Aerial and QuikBird-2 Images. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-7, pp. 31-37.
- Kavzoglu, T., Colkesen, I. and Yomralioglu, T., 2015. Object Based Classification with Rotation Forest Ensemble Learning Algorithm Using Very High Resolution WorldView-2 Image. *Remote Sensing Letters*, **6(11)**, pp. 834-843.
- Kavzoglu, T., Yildiz Erdemir, M. and Tonbul, H., 2016, A Region-Based Multi-Scale Approach for Object-Based Image Analysis, *ISPRS Annual Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences.*, VII-4, pp. 241–247.
- Kavzoglu, T., 2017. Object-Oriented Random Forest for High Resolution Land Cover Mapping Using Quickbird-2 Imagery. In *Handbook of Neural Computation*, edited by P. Samui, S.S. Roy, V.E. Balas. Amsterdam: Elsevier. pp. 607-619.
- Lowe, S.H. and Guo, X., 2011. Detecting an optimal scale parameter in object-oriented classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, **4(4)**, pp.890-895.
- Lucieer, A. and Stein, A., 2002. Existential uncertainty of spatial objects segmented from satellite sensor imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **40**, pp. 2518-2521.
- Neubert, M., Herold, H. and Meinel, G., 2008. *Assessing image segmentation quality— concepts, methods and application*. In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.), *Object-Based Image Analysis, Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 769–784.
- Tunay, M., Atesoglu, A., Marangoz, A., M., Karakiş, S., Akcin, H., 2012. Sustainability in Urban Ecosystems and Detecting Urban Vegetation from Different Images Using an Object-Based Approach. *Sustainable Development – Education, Business and Management – Architecture and Building Construction – Agriculture and Food Security, Part 3; Sustainable Building, Construction and Environment*. Intech, Editor: Chaouki Ghenai, ISBN: 978-953-51-0116-1.
- Weidner, U., 2008. Contribution to the assessment of segmentation quality for remote sensing applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **37 (B7)**, pp.479-484.
- Winter, S., 2000. Location similarity of regions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **55 (3)**, pp. 189-200.
- Zhang, Y.J., 1996, A survey on evaluation methods for image segmentation. *Pattern Recognition*, **29**, pp. 1335–1346.
- Zhang, H., Fritts, J.E. and Goldman, S.A., 2008. Image segmentation evaluation: a survey of unsupervised methods. *Computer Vision Image Understanding*. **110 (2)**, pp. 260-280.
- Zhang, X., Feng, X., Xiao, P., He, G. and Zhu, L., 2015. Segmentation quality evaluation using region-based precision and recall measures for remote sensing images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **102**, pp. 73–84.
-