WORLDVIEW-2 GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK NESNE TABANLI GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE TAGUCHİ OPTİMİZASYON TEKNİĞİ İLE YARI OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Hasan TONBUL¹, Taşkın KAVZOĞLU²

¹Arş. Gör., Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze/Kocaeli, htonbul@gtu.edu.tr

²Prof.Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze/Kocaeli, kavzoglu@gtu.edu.tr

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, görüntü içindeki mekânsal detaylar önemli ölçüde artmıştır. Bu durum, yüksek çözünürlüklü görüntülerinin analizi için nesne tabanlı görüntü analizinin (NTGA) önem kazanmasına neden olmuştur. NTGA'nın temel adımı olan görüntü bölütlemeye amaç, gerçek yeryüzü nesneleri ile elde edilen görüntü nesnelerinin birebir örtüşmesini sağlamaktır. Literatürde birçok bölütleme algoritması bulunmasına karşın, çoklu-çözünürlük bölütleme metodu en fazla kullanılan metot olarak öne çıkmaktadır. Ancak çoklu-çözünürlük bölütleme için parametre tahmini zorlu bir süreçtir. Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük bölütleme yöntemi parametrelerini (ölçek, biçim ve bütünlük) optimize ederek bina çıkarımı yapabilmek amacıyla Taguchi istatistiksel optimizasyon metodu önerilmiştir. Bölütleme parametre optimizasyonunu ve bölütleme kalitesini değerlendirmek için, her test için plato objektif fonksiyonu ve sinyal-gürültü oranı ölçülmüştür. Taguchi metoduna göre, ölçek ve biçim arasında göz ardı edilemeyecek önemli bir etkileşim olduğu görülmektedir. Ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir. Daha sonra, optimize edilmiş parametreler, yüksek çözünürlük Worldview-2 görüntüsünün sınıflandırılmasında görüntü bölütleme işleminde girdi olarak kullanılmıştır. Kullanılan yaklaşımı değerlendirmek amacıyla rastgele orman kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmış ve %94,2 genel doğruluk (0,93 Kappa değeri) elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: görüntü bölütleme, nesne tabanlı görüntü analizi, parametre tahmini, Taguchi, uzaktan algılama

ABSTRACT

With the proliferation of high-resolution satellite images, the amount of attainable spatial information has increased significantly. This has led to the importance of object-oriented image analysis (OBIA) for the analysis of high-resolution images. The goal of image segmentation, which is the fundamental step of OBIA, is to ensure that real earth objects and the created image objects overlap each other. Although there are many segmentation algorithms in the literature, the multi-resolution segmentation has been the most popular one. However, parameter estimation of multi-resolution segmentation is a challenging process. In this study, Taguchi statistical optimization method is proposed to optimize multiple-resolution segmentation method parameters (scale, shape, compactness) for the specific problem of building extraction. The plateau objective function and signal-to-noise ratio are measured for each test to evaluate segmentation parameter optimization and corresponding segmentation quality. According to the Taguchi method, there appears to be an important interaction that cannot be ignored between scale and shape. Scale, shape and compactness parameters of 10, 0.9 and 0.9 were determined as optimum values for the problem considered here. The optimized parameters were then used in the classification of image segmentation of a Worldview-2 image. In order to evaluate the proposed approach, supervised random forest classification was applied to the imagery, and 94.2% overall accuracy (0.93 Kappa coefficient) was obtained.

Key words: remote sensing, object based image analysis, parameter optimization, Taguchi, segmentation

1. GİRİŞ

Uzaktan algılamada arazi örtüsü/kullanımı haritalarının üretilmesi ve güncellenmesi yüksek çözünürlüklü görüntülerinin yaygınlaşması ile önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Ancak, yüksek çözünürlüklü görüntülerde ele alınan nesnelerin yüksek sınıf içi spektral heterojenlik ve yüksek sınıflar arası spektral benzerliğe sahip olması sınıflandırma işlemi için önemli bir sorundur. Bu nedenle, her bir arazi örtüsü sınıfının belirgin bir spektral imzaya sahip olduğunu varsayan geleneksel piksel tabanlı yaklaşımlar, yüksek sınıflandırma doğruluğu seviyesine ulaşmakta başarısız olmaktadır (Johnson ve Jozdani, 2018). Buna bağlı olarak, geleneksel piksel tabanlı görüntü analizi tekniklerine alternatif olarak nesne tabanlı görüntü analizi (NTGA) (Blaschke, 2010; Blaschke vd., 2014) yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Görüntü bölütleme, nesne tabanlı görüntü analizinin (NTGA) temelini oluşturmaktadır. Çok çözünürlüklü bölütleme algoritması, en popüler bölütleme algoritmalarından biridir. Bölütleme, genellikle ölçek, biçim ve bütünlük olarak kullanıcılara sunulan üç parametreyle yönetilen görüntünün rengini, dokusunu ve şekil özelliklerini kullanarak homojen görüntü nesneleri oluşturma işlemidir (Liu vd., 2012; Kavzoglu, 2017). Bu parametrelerin optimum kombinasyonunu tanımlama süreci oldukça zordur (Tonbul ve Kavzoglu, 2017). Analistin parametre seçiminde öznel

davranması da bu işlemin güvenilirliğini etkilemektedir. Dolayısıyla, deneme-yanılma yönteminde yer alan zaman ve maliyeti azaltmak ve özellik belirleme doğruluğunu iyileştirmek için bir optimizasyon tekniği kullanmak etkili olabilir (Tonbul ve Kavzoglu, 2018).

Bölütleme parametresi belirlemek için yapılan çalışmalar, kontrollü yaklaşımlar ve kontrolsüz yaklaşımlar olmak üzere iki genel gruba ayrılabilir. Kontrollü yöntemlerde amaç, oluşturulan görüntü bölütleriyle yer kontrol veya referans poligonlarının örtüşmesini değerlendirerek en uygun bölütlemeyi tanımlamaktır. Kontrollü yöntemlerin aksine, kontrolsüz yaklaşımlar (parametre optimizasyon yöntemleri) referans poligonlarına ihtiyaç duymadan uygulanabilir. Birçok kontrolsüz yöntem, bölütleme sonuçlarının ortalama bölüt içi heterojenliğini ve bölütler arası homojenliğini maksimize eden bölütleme parametrelerini tanımlamayı amaçlamaktadır ((Johnson ve Xie, 2011; Johnson ve Jozdani, 2018).

Kontrolsüz bölütleme yöntemleri arasında yer alan ve Taguchi (1986) tarafından geliştirilen istatistiksel optimizasyon tekniği uzaktan algılama alanında parametre optimizasyonu çalışmalarında son yıllarda aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Idrees vd., 2016; Gibril vd., 2017, 2018). Taguchi ortogonal dizininin kullanımı, olası kombinasyonların deney sayısını sınırlı sayıya indirgemekte ve deney tasarımını daha kolay ve tutarlı bir hâle getirmektedir.

Bu çalışmanın iki temel amacı bulunmaktadır. Birincisi, çoklu-çözünürlük parametrelerinin bölütleme kalite analizine etkisini araştırmaktır. İkinci ve daha önemli amacı ise, Taguchi yöntemi ile sadece her bir parametrenin ana etkisini değil, aynı zamanda her parametre çiftinin yarı otomatik bina çıkarımı doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek ve bu etkiyi göz önünde bulundurarak parametreleri optimize etmek ve tematik harita üretimini sağlamaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

Bu çalışmada, 21 Mart 2012'de elde edilen 2 m konumsal çözünürlükte sekiz spektral bant içeren (0,45 -1,05 μm) multispektral WorldView-2 yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntü, DigitalGlobe (<https://www.digitalglobe.com/resources/product-samples>) web sayfasından indirilmiştir. WorldView-2 görüntüsünün pankromatik ve multispektral bantları Gram-Schmidt spektral pankromatik keskinleştirme metodu kullanılarak yeniden örneklenmiş ve 0,5 m konumsal çözünürlüklü görüntü kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, San Clemente, California, ABD bölgesine ait olup (2.000x2.000 piksel) farklı bina türlerini içeren kentsel alanları içermesi sebebiyle seçilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Çalışma alanına ait WorldView-2 görüntüsü.

3. METODOLOJİ

3.1. Çoklu-Çözünürlük Görüntü Bölütleme

Çoklu-çözünürlük bölütleme yaklaşımı, yerel homojenlik kriterlerine dayanan bir alt bölge birleştirme tekniğidir. Bu yaklaşım, piksel seviyesinden başlar ve kullanıcı tarafından belirlenen bir homojenlik eşiğine ulaşıncaya kadar farklı şekil, boyut ve özellikteki pikselleri görüntü nesneleri hâlinde toplar (Baatz and Schäpe, 2000). Böylelikle, oluşturulan görüntü nesneleri için izin verilen maksimum heterojenlik belirlenir. Çoklu-çözünürlük bölütleme ölçek, biçim ve bütünlük olmak üzere 3 parametreden oluşmaktadır. Ölçek kriteri, ortalama görüntü nesnesi büyüklüğünü kontrol

eden en etkili faktör olarak kabul edilmektedir. Oluşturulan görüntü nesneleri için izin verilen maksimum heterojenliği belirler. Ölçek değeri büyüdükçe oluşturulan görüntü nesnesi boyutları da büyümektedir. Biçim parametresi, renk ve doku bilgisine bağlı olarak arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının ayrıştırılmasına etki etmekte, bütünlük parametresi ise görüntü nesne sınırlarının daha keskin ve yumuşak olarak belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Kavzoglu vd., 2017). Biçim ve bütünlük parametre değerleri 0 ile 1 değer aralığında tanımlanmaktadır.

3.2. Taguchi Optimizasyonu

Taguchi yöntemi sadece her bir parametrenin ana etkisini değil, aynı zamanda her parametre çiftinin bölütleme doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek ve etkileşimli etkiyi göz önüne alarak parametreleri optimize etmek için uygulanmaktadır. Bu yöntem, tasarımı optimize etmek ve her bir deneyin sinyal-gürültü oranını (SGO) ölçerek performansı değerlendirmek için basit ve sistematik bir yöntem sağlayan deney tasarımından ortogonal bir dizi kullanır (Gibril vd., 2018). Taguchi ortogonal dizininin kullanımı, olası kombinasyonların deney sayısını sınırlı sayıya indirmekte ve deney tasarımını daha kolay ve tutarlı bir hâle getirmektedir.

Çoklu-çözünürlük görüntü bölütleme kalitesinin doğruluğu, parametrelerin (ölçek, biçim ve bütünlük) optimum seçilmesiyle kontrol edilmektedir. Taguchi yönteminde, plato objektif fonksiyonu (POF) hesaplamak için deney tasarımı ve ortogonal dizi ile POF kombinasyonunun sinyal-gürültü oranı (SGO) tahmin edilerek otomatik olarak optimum parametre seçimi gerçekleştirilmiştir. İşlem adımları şu şekilde uygulanmıştır (Idrees vd., 2016):

- Sürecin kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerin ve değerlerin aralığının belirlenmesi
- Parametrelerin sayısına ve değişken düzeyine göre, tasarım deneyi sayısının tespit edilmesi
- Her deney için POF hesaplamak için parametre düzeyi kombinasyonlarının kullanılması
- Taguchi yönteminin SGO değerlerini kullanarak optimum bölütleme parametrelerini analiz etmek ve tahmin etmek için b ve c adımlarının sonuçları birleştirmek

Taguchi ortogonal dizisi, üç parametre (ölçek, biçim ve bütünlük) ve beş tanımlı değişken seviyesinden deney tasarımı yapmak için kullanılmıştır. Ortogonal dizilerdeki seviye kombinasyonuna dayanarak, her bir deney tasarımı için POF değerleri kullanılarak belirlenmiştir. POF değeri, her bir deney seti için görüntüye ait tüm bantların Objektif fonksiyonu (F) ortalamaları kullanılarak belirlenmiştir. Yüksek POF değeri bölütleme kalitesinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Plato Objektif fonksiyonu (F), bölüt içi varyansı (v) ve bölütler arası mekânsal otokorelasyon indeksi Moran's I (MI) değerini birlikte ele alan bir matematiksel fonksiyon olup şu şekilde hesaplanmaktadır (Fotheringham vd., 2000; Espindola vd., 2006; Johnson ve Xie, 2011):

$$F(V, MI) = F(v) + F(MI) \quad (1a)$$

$$F(x) = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1b)$$

Burada $x_{\min}$ ve $x_{\max}$, Moran's I veya varyansın maksimum ve minimum değerlerini göstermektedir. Toplam varyans (V) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (1c)$$

Burada v_i , i bölütünün varyansını, a_i ise bu bölütün alanını göstermektedir. Moran's I indeksi aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$MI = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 (\sum_{i \neq j} w_{ij})} \quad (1d)$$

Burada n toplam bölüt sayısını, w_{ij} mekânsal yakınlık ölçüsünü, y_i ise R_i bölütünün ortalama spektral değerini ve $\bar{y}$ görüntünün ortalama spektral değerini göstermektedir. MI değeri $[-1, +1]$ değerleri arasında değişmektedir.

4. DENEYSEL BULGULAR

Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük parametrelerini (ölçek, biçim ve bütünlük) optimize etmek için istatistiksel Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, beş seviye için kullanılan çoklu-çözünürlük parametreleri L25 (35) Çizelge 1’de gösterilmiştir. Böylelikle, 243 olası kombinasyon sayısı 25 kombinasyona indirgenerek iş yükü azaltılmakta ve parametre optimizasyonu sağlanmaktadır. Çizelge 1’deki tanımlanmış seviyeler, görüntüdeki nesne büyüklüğüne göre fazla bölütleme veya yetersiz bölütlemeyi önlemeye yönelik olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Çoklu-çözünürlük parametreleri için tanımlanmış olası seviyeler.

Seviye	Ölçek	Biçim	Bütünlük
1	10	0.1	0.1
2	15	0.3	0.3
3	20	0.5	0.5
4	25	0.7	0.7
5	30	0.9	0.9

Sonraki aşamada, Espindola vd. (2006) tarafından geliştirilen POF görüntü bölütleme kalitesini belirlemede kullanılmıştır. POF, mekânsal otokorelasyon indeksi (Moran’s) ve varyans göstergesini birlikte ele alan bir yaklaşımdır. Bir sonraki adımda, bölütleme sonuçlarını değerlendirmek için sinyal-gürültü oranı (SGO) ölçülmüştür. Taguchi yönteminin istenen çıktıya ait logaritmik fonksiyonları olan SGO, kısıtlamalar ve en aza indirilmesi ya da en üst düzeye çıkarılması gereken değişkenlerle bir optimizasyon ölçüsü sağlar. SGO oranını kullanarak toplu deneysel sonuç ve optimizasyonun analizi, optimum proses (veya bölütleme) parametrelerinin en iyi istatistiksel tahminini üretir (Idrees ve Pradhan, 2016). SGO değeri aşağıda eşitlik 2’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Yüksek SGO değeri daha yüksek bölütleme doğruluğunu temsil eder.

$$SGO = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

Burada, n deneyin tekrarlanma sayısını, y her bir bölütleme işlemi için elde edilen POF değerlerini temsil etmektedir. Tüm kombinasyon değerlerine ait POF ve SGO değerleri Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. POF ve SGO değerleri için L25 ortogonal parametre değerleri (En iyi sonucu veren değerler koyu renkle gösterilmiştir.).

Çoklu-çözünürlük parametrelerinin L25 Kombinasyonu					
Test	Ölçek	Biçim	Bütünlük	POF	SGO
1	10	0,1	0,1	1,159	1,279
2	10	0,3	0,3	1,080	0,669
3	10	0,5	0,5	1,280	2,142
4	10	0,7	0,7	1,157	1,264
5	10	0,9	0,9	1,750	4,861
6	15	0,1	0,3	0,622	-4,119
7	15	0,3	0,5	0,501	-6,002
8	15	0,5	0,7	0,539	-5,372
9	15	0,7	0,9	1,004	0,034
10	15	0,9	0,1	0,652	-3,718
11	20	0,1	0,5	0,566	-4,947
12	20	0,3	0,7	0,338	-9,415
13	20	0,5	0,9	0,862	-1,288
14	20	0,7	0,1	0,471	-6,542
15	20	0,9	0,3	0,943	-0,505
16	25	0,7	0,3	0,669	-3,486
17	25	0,3	0,9	0,977	-0,201
18	25	0,5	0,1	0,409	-7,761
19	25	0,7	0,3	0,715	-2,914

20	25	0,9	0,5	0,566	-4,940
21	30	0,1	0,9	0,773	-2,241
22	30	0,3	0,1	0,390	-8,174
23	30	0,5	0,3	0,275	-11,204
24	30	0,7	0,5	0,505	-5,935
25	30	0,9	0,7	0,924	-0,690

Her bir parametrenin en iyi seviyesi SGO'ya göre seçilmiştir. En yüksek SGO değeri ele alınan parametre için en optimum değeri göstermektedir. Taguchi optimizasyonu sonucunda elde edilen optimum parametre değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, Taguchi optimizasyon tekniği ile elde edilen optimum parametrelerin görsel değerlendirilmesi, çizelge sonucunda elde edilen değerleri doğrulamaktadır. Buna bağlı olarak, ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir.

Şekil 2. Çoklu-çözünürlük parametreleri için SGO oranları grafiği.

Görüntü nesneleri için optimum parametre seçimi ve kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, nesne-tabanlı sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi, elde edilen optimum bölütleme parametre değerleri (Test 5) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optimize görüntü nesneleri kullanılarak beş arazi örtüsü sınıfı (kırmızı çatı, beyaz çatı, gri çatı, asfalt yol, yeşil alan) belirlenmiş ve rastgele orman kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırma işleminde, görüntü nesneleri için tüm bantların minimum, maksimum, standart sapma, bant ortalaması, NDVI (2 yakın kızıl ötesi bant kullanılarak), entropi ve homojenlik olmak üzere toplam 50 adet özellik kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sınıflandırma doğruluğu (genel doğruluk ve Kappa katsayısı), eşit sayıda örnek içeren test veri seti (her bir sınıf için 3.500 piksel) kullanılarak hata matrisinden hesaplanmıştır. Nesne-tabanlı sınıflandırma sonucunda %94,1 genel doğruluk ve 0.93 Kappa değeri elde edilmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına ait doğruluk analizleri Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Sınıflandırma doğruluğu analiz sonuçları.

	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Asfalt yol	98,46	92,91
Gri çatı	93,15	90,87
Yeşil alan	91,33	94,58
Kırmızı çatı	92,05	92,50
Beyaz çatı	95,44	99,97
Genel Doğruluk (%)	94,1	
Kappa	0,93	

Çizelgeden görüleceği üzere, tüm sınıflar için üretici ve kullanıcı doğruluğu değerlerinin %90'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, en yüksek üretici doğruluğu (%98,46) asfalt yol sınıfı için elde edilirken, en yüksek kullanıcı doğruluğunun (%99,97) beyaz çatı için belirlendiği gözlemlenmiştir.

Sınıflandırma işlemi sonucu elde edilen tematik harita Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, genel olarak kırmızı çatılı binaların düzgün olarak belirlendiği gözlemlenirken gri çatılı bina sınıfların düşük de olsa asfalt yol sınıfıyla karıştığı alanlar tespit edilmiştir.

Şekil 3. Sınıflandırılmış görüntü.

5.SONUÇLAR

Uzaktan algılanmış görüntülerin karmaşık spektral yapısına bağlı olarak özellik çıkarımı yapılması ve farklı arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının haritalanması oldukça zorlu bir süreçtir. Özellikle, farklı bina tiplerinin belirlenmesi ve tespit edilmesinde bu problem ön plana çıkmaktadır. Taguchi yöntemi, uzaktan algılama sürecinde parametre değerlendirme ve optimizasyon için etkili bir yaklaşımdır. Bu yöntemin kullanılmasının avantajı, yüksek çözünürlüklü uydur görüntüleri kullanılarak yarı otomatik bina çıkarımına ve doğru bir şekilde haritalanmasına imkân vermesidir.

Bu çalışmada, NTGA ve Taguchi optimizasyon tekniği birlikte kullanılarak bina çıkarımı ve haritalanması işlemi gerçekleştirilmiştir. NTGA'da temel adım olan bölütleme işlemi, eCognition Developer yazılımında bulunan çoklu-çözünürlük algoritması kullanılarak Worldview-2 uydur görüntüsü üzerinde uygulanmıştır. Çoklu-çözünürlük parametreleri sınırlı sayıda test uygulayarak, optimum kombinasyon arayışında etkili bulunan Taguchi ortogonal dizi kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum bölütleme parametre değerleri kullanılarak bina çıkarımı ve haritalanması %94,1 genel doğrulukla tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı bina çıkarımı yönteminde, ölçek değişimi, nihai sonuç üzerinde en büyük etkiyi göstermekte ve uygulamalarda ölçek belirlenmesinin daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, çoklu-çözünürlük algoritmasının iki parametresi (biçim ve bütünlük) ve bu parametrelerin ölçek parametresiyle etkileşimi genellikle göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada, tüm parametrelerin bina çıkarımı performansına etki ettiği ve parametre optimizasyonunda değerlendirmeye alınması gerektiği tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan Worldview-2 görüntüsü DigitalGlobe ® tarafından temin edilmiş olup katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Baatz, M., Schape, A.,** 2000, Multiresolution Segmentation: An Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation. Strobl, J., Blaschke, T. and Griesbner, G. (Ed.), *Angewandte Geographische Informations-Verarbeitung*, XII, Wichmann Verlag, Karlsruhe, Germany, 12-23.
- Blaschke, T.,** 2010, Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1): 2-16.
- Blaschke, T. Hay, G.J., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., Feitosa, R.Q., Meer, F., Werff, H., Coillie, F., Tiede, D.,** 2014, Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87: 180–191.
- Gibril, M.B.A., Shafri, H.Z.M., Hamedianfar, A.,** 2017, New semi-automated mapping of asbestos cement roofs using rule-based object-based image analysis and Taguchi optimization technique from WorldView-2 images. *International Journal of Remote Sensing*, 38(2): 467-491.
- Gibril, M.B.A., Idrees, M.O., Yao, K., Shafri, H.Z.M.,** 2018, Integrative image segmentation optimization and machine learning approach for high quality land-use and land-cover mapping using multisource remote sensing data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(1): 016036.
- Espindola, G.M., Camara, G., Reis, I.A., Bins, L.S., Monteiro, A.M.,** 2006, Parameter Selection for Region-Growing Image Segmentation Algorithms Using Spatial Autocorrelation. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3035–3040.
- Fotheringham, A., Brunson, C., Charlton, M.,** 2000, *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Analysis*. 1 st edition, Sage Publications, California. 288 sayfa.
- Idrees M. O., Pradhan B.,** 2016, Hybrid Taguchi-objective function optimization approach for automatic cave bird detection from terrestrial laser scanning intensity image. *International Journal of Speleology*, 45(3), 289–301.
- Idrees, M.O., Pradhan, B., Buchroithner, M.F., Shafri, H.Z.M., Bejoc, S.K.,** 2016, Assessing the transferability of a hybrid Taguchi-objective function method to optimize image segmentation for detecting and counting cave roosting birds using terrestrial laser scanning data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 10(3), 035023.
- Johnson, B., Xie, Z.,** 2011, Unsupervised image segmentation evaluation and refinement using a multi-scale approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66: 473–483
- Johnson, B.A., Jozdani, S.E.,** 2018, Identifying Generalizable Image Segmentation Parameters for Urban Land Cover Mapping through Meta-Analysis and Regression Tree Modeling. *Remote Sensing*, 10(1): 73.
- Kavzoglu, T.,** 2017. Object-Oriented Random Forest for High Resolution Land Cover Mapping Using Quickbird-2 Imagery. Samui, P, Roy, S.S., Valentina, B. (Ed.), *Handbook of Neural Computation*, Amsterdam: Elsevier. syf: 607-619.
- Kavzoglu, T., Yildiz Erdemir, M., Tonbul, H.,** 2017, Classification of semi urban landscapes from very high-resolution satellite images using a regionalized multiscale segmentation approach. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 035016.
- Liu, Y., Bian, L., Meng, Y., Wang, H., Zhang, S., Yang, Y., Shao, X., Wang, B.,** 2012, Discrepancy measures for selecting optimal combination of parameter values in object-based image analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 68: 144–156.
- Taguchi G.,** 1986. *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality Into Products and Processes*. White Plains, NY, USA: Quality Resources, 191 sayfa.
- Tonbul, H., Kavzoğlu, T.,** 2017, Nesne-Tabanlı Sınıflandırmada Segmentasyon (Bölütleme) Kalitesinin Sınıflandırma Doğruluğu Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı: 118-125.
- Tonbul, H., Kavzoğlu, T.,** 2018, Nesne Tabanlı Görüntü Analizinde Görüntü Bölütleme Yaklaşımları ve Bölütleme Kalitesinin Analizi. *Harita Dergisi*, 84(160): 12–23.