

Arazi Örtüsü Tespitinde Bulanık Mantık Sınıflandırma: Ankara Bölgesinde Örnek Uygulama

(Fuzzy Classification for Land Cover Detection: a Case Study in Ankara)

Dijle BOYACI¹, Mustafa ERDOĞAN¹, Ferruh YILDIZ²

¹Harita Genel Komutanlığı, Ankara

²Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
dijle.baysal@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Görüntü sınıflandırması, yeryüzüne ilişkin arazi örtüsü/kullanımı tespiti için kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Belirlenen amaç ve kullanılacak olan veri doğrultusunda farklı matematiksel algoritmalarla çok farklı sınıflandırma analizleri yapmak mümkündür. Çalışmada kullanılan bulanık mantık sınıflandırma yöntemi, birden fazla sınıfa üyeliğe imkân sağlayan ve yapısal alanlar gibi karmaşık yapıya sahip olan çalışma bölgelerinde sıkça kullanılan yöntemlerden biridir.

Bu çalışmada, Landsat uydu görüntüsü için çok sayıda bant oranları tanımlanmış ve belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfı için bulanık mantık sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda genel doğruluk %56, kapa değeri ise 0.49 olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin karakteristiği nedeni ile geniş yapraklı orman detay sınıfının tespitinde sıkıntılar tespit edilirken; su kütleleri, ekili tarım alanı ve iğne yapraklı orman detay sınıfı yüksek doğruluklarla tespit edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bant Oranlama, Bulanık Mantık Sınıflandırma, Çok Çözünürlüklü Segmentasyon, İndis, Üyelik.

ABSTRACT

Image classification is one of the methods used for land use/cover detection. It is possible to make different analysis with different mathematical algorithms accordance with the goals and data. Fuzzy classification method used in this study is one of the commonly used method that allows more than one class of membership in different areas such as structural areas that have complex structure.

In this study, we identified a number of band ratios for the Landsat image and fuzzy logic classification is made for the 9 land cover classes. Classification results evaluated in 300 different locations which distributed stratified random (at least 10 points for each class). At the end, the overall accuracy of 56% (kappa 0.49) was determined. Due to the characteristics of study area, some problems were detected for deciduous forest but water area, planted cropland and coniferous forest classes could be detected with high accuracy.

Key Words: Band ratio, Fuzzy Classification, Multi Resolution Segmentation, Indices, Membership.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırması, görüntüdeki her bir pikselin ait olduğu sınıfın belirlenmesi işlemidir. Geleneksel görüntü sınıflandırma işleminde amaç, nesnelere farklı spektral bantlardaki yansıma değerlerini kullanarak, belirlenen bir matematiksel esasa göre pikselin ait olduğu sınıfı bulmaktır. Böylece görüntüdeki bütün pikseller arazide karşılık geldikleri sınıflar içine otomatik olarak atanır (Ayhan ve ark., 2003).

Uygulamada, bu işlem çok kolay olmayabilir. Sınıflandırma yapılacak alanın şekli ve/veya yoğunluğu sınıflandırma işlemini negatif etkileyebilir. İkincisi, iç (arazi örtüsü çeşidi, yoğunluğu, dönüklük ve etkileşimleri, arazi üzerindeki yüzey nemi, arazinin şekli) ve dış (atmosferik durum, başucu açısı) faktörlere bağlı olarak alan içindeki farklı yeryüzü örtüleri yakın spektral imzaya ya da yakın yeryüzü örtüleri çok farklı spektral yansıma sahip olabilir (Yeşilnacar ve Süzen, 2006; Kam, 1995). Tüm bunlar sınıflandırmanın doğruluğunu direkt olarak etkiler. Bu durumda farklı yöntemler kullanılarak sınıflandırmanın iyileştirilmesi gerekebilir.

1990'ların ortasından itibaren bilgisayar donanımındaki ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilebilmesindeki gelişmeler, arazi örtüsü sınıflarının geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri ile tam olarak belirlenemediğini göstermiştir. Bu sonuç araştırmacıları görüntüdeki farklı bilgileri kullanarak daha iyi karakterize edilmiş sınıfların oluşturulmasına yöneltmiştir (Pu ve ark., 2011). Böylece sınıflandırma birimi olarak görüntüdeki pikselleri kabul eden geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin yerini şekil karakteristiklerini ve komşuluk ilişkilerini kullanarak görüntüdeki nesnelere sınıflandıran nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri almaya başlamıştır.

2. NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA

Nesneleri sınıflandırma fikri, görüntü verisinin geleneksel sınıflandırma yöntemlerinde olmayan karakteristik dokusal bilgiye sahip olduğu gerçeğinden ortaya çıkmıştır (Blaschke ve Strobl, 2001). Görüntü segmentasyonuna dayanılarak yapılan nesne tabanlı görüntü analizi, spektral bilginin yanı sıra daha yüksek doğruluklu arazi örtüsüne sahip harita üretimini sağlayan dokusal ve yapısal bilginin de kullanılmasını sağlar (Yan ve ark., 2006). Zhou ve Robson (2001)'de eğer doğru bir sınıflandırma yapılmak isteniyorsa dokusal bilginin mutlaka kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri, sınıflandırma birimi olarak görüntüdeki pikselleri kabul eder. Bu durumda her bir piksel belirlenen matematiksel esas çerçevesinde ait olduğu sınıfa atanır. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri ise direk olarak bireysel pikseller üzerinde çalışmazlar. Bu yöntemler, görüntü segmentasyonu ile oluşturulmuş ve anlamlı bir şekilde gruplandırılmış, birçok pikselden oluşan homojen nesnelere üzerinde çalışırlar. Sınıflandırma işlemi için sınıflandırma birimi olarak pikseller yerine bu nesnelere kullanılır (Carleer ve Wolff, 2006; Blaschke, 2010).

Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi segmentasyon ve sınıflandırma olmak üzere iki temel işlem adımından oluşmaktadır. Segmentasyon işleminde, kullanıcı tarafından belirlenen parametreler doğrultusunda homojen nesnelere oluşması sağlanır. Oluşan bu nesnelere bir sonraki adım olan sınıflandırma aşaması için girdi olarak kullanılacaktır. Sınıflandırma işleminde ise nesnelere yine kullanıcı tarafından seçilen yöntemlere göre sınıflara atanır. Nesne tabanlı yöntemler klasik piksel tabanlı yöntemlerden farklı olarak bulanık mantık sınıflandırmaya olanak sağlar. Böylece nesnelere birden fazla sınıfa aidiyeti mümkün olur.

a. Bulanık Mantık (Fuzzy) Sınıflandırma Yöntemi

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmış, yaygın olarak kullanımı ise 1980'leri bulmuştur. Günümüzde birçok sistemin tanımlanmasında sıkça kullanılan bulanık mantık kavramı doğru/yanlış, evet/hayır, yüksek/alçak gibi değerler arasında tanım yapabilmek için geçiş değerlerine izin veren çok sayıda değere sahip olan bir mantıktır. Oldukça uzun ya da çok hızlı gibi sözel terimler matematiksel olarak formüle

edilebilir ve bilgisayarlar tarafından işlenebilir (Hellman, 2001).

Görüntü sınıflandırmada bulanık mantık kavramı, yeryüzündeki birçok detayın da bulanık olduğu gerçeğinden gelmektedir. Çünkü yeryüzünde çoğu zaman herhangi bir arazi örtüsünden başka bir arazi örtüsüne geçişte kesin sınırlar yoktur. Ayrıca birçok arazi örtüsü çeşidi spektral olarak yakın yansıma değerlerine sahiptir. Yakın spektral imzaya sahip olan farklı materyaller, nesnelere arasındaki spektral ayrımı da zorlaştırmaktadır (Bouziani ve ark., 2010). Bu benzerliğin yanı sıra, uzaktan algılama görüntüleri sadece bir sınıfa ait olduğunun belirlenmesi zor olan karma pikseller içerir. Bulanık mantık (fuzzy) sınıflandırma teknikleri pikselin birden fazla sınıfa aidiyetliğine olanak sağlar. Böylece verinin yapısı daha iyi temsil edilebilir (Bardossy ve Samaniego, 2002). Bulanık görüntü sınıflandırmada arazi örtüsü sınıfları fuzzy setler, pikseller ise bu setlerin elemanları olarak tanımlanır. Her bir piksel, sınıflar için belirlenen ve 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahiptir. Böylece birden fazla sınıfa üyelik mümkündür (Gao, 2009).

$$f_{class} = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n] \quad (1)$$

Piksellerin üyelik değerleri her sınıf için farklılık gösterir. 0 ile 1 arasında değişen bu değer skalasında 1 değeri pikselin o sınıfa ait tam üyeliği temsil ederken, 0 değeri hiçbir üyeliğin olmadığı durumu temsil eder. Bu iki değer dışında kalan diğer değerler ise büyüklükleri oranında üyeliğin olacağını gösterir. Bu durumda piksel, hangi sınıf için en yüksek üyelik değerine sahipse o sınıfa dâhil edilebilir. Ancak uygulamada farklı durumlar söz konusu olabilir. Bunun için sınıf belirleme işlemi yapılırken bir eşik değeri belirlenerek bu değer üstünde olan üyelik durumlarında sınıflandırmanın yapılması, aksi durumda farklı değerlendirmelerin ele alınması sağlanabilir. Çünkü eşik değeri belirlenmemesi durumunda, piksel için çok küçük bir üyelik değeri dahi mevcutsa piksel o sınıfa dâhil edilecektir ki bu durum gerçeği yansıtmaz. Ayrıca bir piksel için iki üyelik değerinin birbirine eşit olduğu durumlarda söz konusu olabilir. Bu durumda sadece spektral bilgiler kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılamayacaktır. Sınıflandırmada kullanılan verinin ve yöntemin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

b. İndisler

Spektral indis kavramının mantığı, görüntünün farklı bantlarına uygulanan matematiksel

eşitliklerle yeniden ölçeklendirilmiş farklı bir çıktı görüntünün oluşturulmasıdır. Yöntemde daha çok bant oranlama teknikleri kullanılarak bantların birbirlerine olan oranları hesaplatılır.

Bant oranlama, görüntüdeki her piksel için bir banttaki numerik değerlerin başka bir banttaki değerlere bölünerek oran görüntünün oluşturulmasıdır. Yeryüzüne ait farklılıkların belirlenmesinde çok sık kullanılan bir yöntemdir. Farklı spektral bantlardan gelen verinin oranlanması ile elde edilen yeni görüntü, arazi örtüsünde değişimin olduğu yerleri daha belirgin hale getirir (Öztaş ve Süzen, 2011).

Bant oranlama için bant seçimi işlemi çok önemlidir. Bu işlem öncelikle yüzey materyalinin spektral özelliklerine ve diğer yüzey örtü çeşitleri ile olan rölatif ilişkiye bağlıdır (Sabine, 1999). Uygun bant seçimi ayrıca, istatistiksel bir yaklaşım olan optimum indeks faktörüne de (OIF) bağlıdır. Optimum indeks faktörü, en az korelasyonlu ve en fazla değişimin olduğu bantlar dışındaki üç bantın kombinasyonunun seçimine dayanır (Chaves ve ark., 1980; Jensen, 1996). Genellikle, pay olan bant materyalin en yüksek yansımaya sahip olduğu bant içinden, payda ise materyalin soğurulma değerlerine bağlı olarak seçilir (Öztaş ve Süzen, 2011).

Birçok uydu görüntüsü için bant oranlama yöntemi ile detay tespitine ilişkin araştırmalar yapılmıştır. Örneğin Landsat TM için bant 5:7, 3:1, 5:4 oranları volkanik kayaların dolayısıyla çökelti alanlarının tespitinde kullanılmaktadır (Fadda, 2003). Literatürde en sık kullanılan bant oranlama yöntemleri bitki, su ve yerleşim alanlarının tespiti amacı ile kullanılan indislerdir. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index-Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) yöntemi olup yöntem ilk kez 1969 yılında Kriegler tarafından kullanılmıştır. Bitki tarafından yansıtılan yakın kızılötesi ve görünür banttaki farkın bulunmasına dayanan yöntemle ilişkin matematiksel ifade (2)'de belirtilmiştir.

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \quad (2)$$

Su ve yerleşim yerlerinin tespiti için kullanılan matematiksel ifadeler (3) ve (4)'de belirtilmiştir.

NDWI (Normalized Difference Water Index-Normalize Edilmiş Su İndeksi) (Mcfeeters, 1996)

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (3)$$

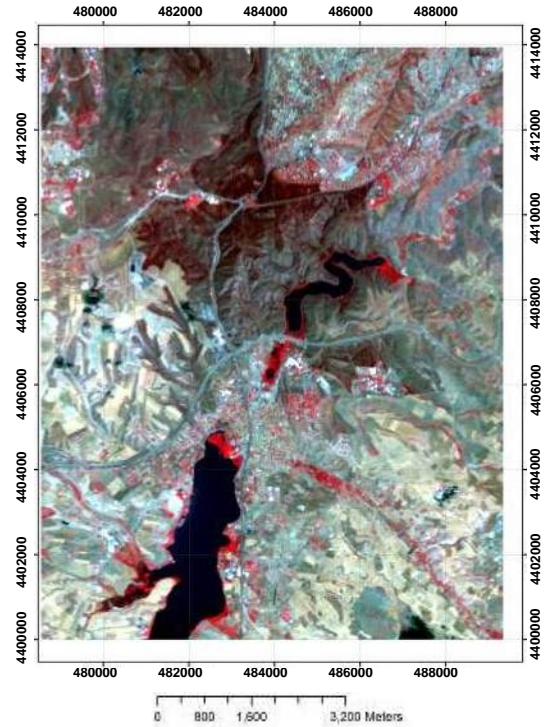
NDBI (Normalized Difference Built-up Index- Normalize Edilmiş Yerleşim Yeri İndeksi) (Liu ve Zhang, 2011)

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \quad (4)$$

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, çalışma alanının karakteristik yapısı dikkate alınarak belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfının bulanık mantık sınıflandırma ile tespit edilebilirliği araştırılmıştır. Çalışmada Landsat uydu görüntüsünün pankromatik bandı dışında tüm bantları kullanılmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

a. Çalışma Alanı



Şekil 1. Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ uydu görüntüsü

Çalışma bölgesi olarak Ankara'nın güneyinde Gölbaşı bölgesinde (32° 45'-32° 52' 30" doğu boylamı ve 39° 45'-39° 52' 30" kuzey enlemi) yer alan bölge seçilmiştir. Yaklaşık 150 km² alanı kapsayan bölge, detay çeşitliliği açısından oldukça zengindir. Bölgede özellikle çok sayıda yerleşim alanları, tarım alanları ve iki adet göl detayı dikkati çekmektedir. Bölgede yükseklik 893 m ile 1292 m arasında değişmekte olup,

bölge için ortalama deniz seviyesi yüksekliği 1100 m'dir. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

b. Kullanılan Veri ve Programlar

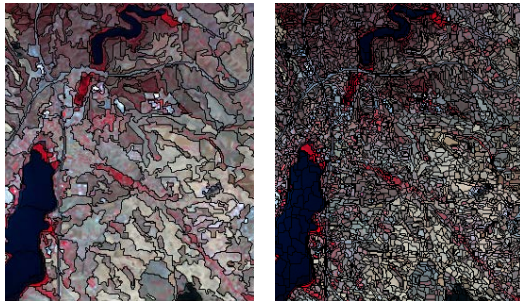
Çalışma için 15, 30 ve 60 m çözünürlüklü toplam 8 banttan oluşan Landsat ETM+ uydu görüntüsü geometrik düzeltmesi yapılmış olarak "www.glcf.umiacs.umd.edu" sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Uygulamada görüntünün 15 m çözünürlüklü pankromatik bandı dışındaki tüm bantları kullanılmıştır. 0.52 – 0.90 µm spektral yansıma aralığında veri içeren pankromatik bant elektromanyetik spektrumda geniş bir aralığı kaydetmektedir. Bu bandın sınıflandırma için direkt kullanımı anlamsız olacaktır. Daha doğru bir sınıflandırma yapabilmek için spektrumda daha küçük alanda yansıma kaydeden daha çok sayıdaki bant kullanılmalıdır. Bu amaçla özellikle ağaç cinslerinin sınıflandırılmasına veri sağlamak amacı ile görüntünün 10.4–12.5 µm spektral yansıma aralığında veri içeren termal bandı dâhil tüm bantları kullanılmıştır. Görüntü alım tarihi 27 Temmuz 2005'dir.

Doğruluk araştırması yapmak amacı ile 45 cm çözünürlüklü, renkli sayısal hava fotoğraflarından üretilen ortofotolar kullanılmıştır. Görüntü Harita Genel Komutanlığı'ndan ücretsiz temin edilmiş olup, görüntü alım tarihi 26 Haziran 2008'dir.

Sınıflandırma için literatürde en çok kullanılan nesne tabanlı sınıflandırma yazılımı olan eCognition Developer 8 Yazılımı kullanılmıştır.

c. Segmentasyon

Nesne tabanlı sınıflandırma için temel adım görüntü segmentasyonudur. Uygulamada segmentasyon için çok çözünürlüklü segmentasyon yöntemi (multiresolution



segmentation) seçilmiştir.

(25, 0.2, 0.5)

(5, 0.3, 0.5)

Şekil 2. Farklı parametreler ile segmentasyon sonuçları

Ağırlık parametreleri (ölçek, şekil, bütünlük) için farklı kombinasyonlar ile 15 farklı seviyede segmentasyon yapılmış ancak oluşan nesnelere büyüklük ve araziyi temsil etme dereceleri dikkate alınarak (5, 0.3, 0.5) kombinasyonunun en iyi parametre kombinasyonu olduğuna karar verilmiştir. Şekil 2'de farklı segmentasyon sonuçları için oluşan nesnelere için iki farklı örnek görülmektedir.

ç. Kural Tanımlama ve Sınıflandırma

Sınıflandırma için temel adım çalışma alanı ve kullanılan uydu görüntüsünün özellikleri dikkate alınarak amaca uygun detay sınıflarının belirlenmesidir. Bu kapsamda, çalışma alanında yer alan alansal detaylar ve öznelikleri değerlendirilmiş ve 5 detayın farklı öznelik kombinasyonları ile toplam 9 sınıf belirlenmiştir. Sınıflar belirlenirken DGIWG DFDD (Digital Geospatial Information Working Group Feature Data Dictionary - Sayısal Konumsal Veri Çalışma Grubu Detay Veri Sözlüğü) veri sözlüğü referans alınmıştır. Örneğin orman detayı yoğunluk ve ağaç cinsi özneliğinin alacağı değerler ile dört detay sınıfında değerlendirilmiştir. Belirlenen sınıflara ilişkin değerler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Arazi örtüsü sınıfları

Sıra	Detay Kodu	Detay Adı	Öznitelik
1	AL020	Yerleşim Alanı	-
2	EA010	Tarım Alanı	Ekili
			Boş
3	EC030	Orman	İğne yapraklı
			Geniş yapraklı
			Yoğun
4	DA010	Açık Arazi	-
5	BH080, BH130, BH140	Su Alanı	-

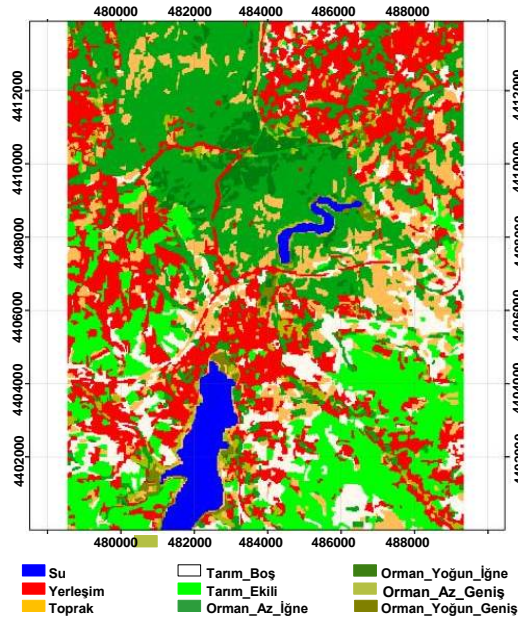
Uydu görüntüsü elde etmenin temeli, herhangi bir algılayıcı sistemden gönderilen enerjinin yeryüzündeki nesnelere ulaşarak büyük kısmının nesne tarafından yeniden yansıtılması ve bu yansıyan enerjinin algılayıcı tarafından kaydedilmesi mantığına dayanır. Bu işlem süresince enerji atmosferde iki kez yol almaktadır. Bu nedenle görüntü yansıma değerleri atmosferik koşullara bağlıdır ve sınıflandırma gibi bir işlem için direkt olarak kullanılması durumunda mutlaka atmosferik düzeltme yapılmalıdır. Ancak atmosferik koşullar tüm yansıma değerlerini aynı şekilde etkileyeceğinden oran değerlerinde bu durum elemine edilir. Bu nedenle fuzzy sınıflandırma için oluşturulan kurallarda sadece oran değerler tanımlanmıştır.

Kural tanımlama işlemi için çok sayıda bant oranlama kombinasyonları ve indisler denenmiş ve sınıflandırma için bunlardan en uygun olanları seçilmiştir. Tablo 2'de sınıfların tespiti için kullanılan bant oran tanımlamaları gösterilmektedir [1]. Sınıfların tespiti amacı ile ayrıca detayları ikinci bölümde anlatılan normalize edilmiş bitki, su ve yerleşim yeri indeksleri de kullanılmış, böylece toplamda 12 adet bant oranı oluşturularak sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 2. Kullanılan bant oran tanımları

Bant Oranı	Detay Tespiti
B2/B3	Tarım alanı, toprak ayırımında
B3/B2	Orman, tarım alanı ve orman türü ayırımında
B3/B4	Toprak, yerleşim alanı ayırımında
B3/B5	Yerleşim alanı tespitinde
B4/B3	Orman, su, tarım alanı, toprak ayırımında
B4/B5	Su, orman ayırımında
B5/B4	Su, orman, toprak ayırımında
B5/B7	Su toprak ayırımında
B7/B2	Orman, tarım alanı, yerleşim alanı ayırımında

Tablo 1'de tanımlanan her bir sınıf için uygun bant oran değerlendirmeleri fuzzy olarak tanımlanmıştır. İteratif olarak yapılan çok sayıda çözüm sonucunda Şekil 3'de gösterilen sınıflandırma sonucu elde edilmiştir.



Şekil 3. Bulanık mantık sınıflandırma sonucu.

e. Doğruluk Araştırması

30 m çözünürlüklü Landsat verisinden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunun

araştırılması için 45 cm çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır. Sınıflandırma sonuçları, her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada değerlendirilmiştir. Noktaların seçimi sırasında detayların arazi üzerindeki dağılımları ve büyüklükleri dikkate alınmıştır. Örneğin, arazi de daha küçük alan kaplayan geniş yapraklı orman detay 17 noktada değerlendirilirken, alansal olarak daha büyük olan iğne yapraklı orman detay sınıfı 46 nokta ile değerlendirilmiştir. Noktaların seçimi sırasında özellikle birkaç piksel büyüklüğündeki çok küçük alanlara bakılmamış, görüntüde daha büyük ve homojen alanlar aranmıştır. Elde edilen üretici ve kullanıcı doğruluklarına ilişkin sayısal değerler Tablo 3'de hata matrisi ise Tablo 4'de verilmiştir.

Buradaki kullanıcı doğruluğu (KD), herhangi bir sınıfa atanmış pikselin gerçekte o sınıfa ait olma olasılığını temsil eder. Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının o kategoride sınıflandırılan toplam piksel ya da nesne sayısına bölümü ile hesaplanır. Üretici Doğruluğu (ÜD) ise piksel ya da nesnenin gerçek değerinde sınıflandırılma olasılığını ifade eder. Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının, o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamına bölünmesiyle hesaplanır.

Elde edilen doğrulukların değerlendirilmesi amacı ile kullanılan diğer bir ölçüt ise hata matrisinin satır ve sütun toplamları ile köşegen üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanan kapa (k) değeridir. Kapa değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bu değer 1'e ne yakın yakınsa elde edilen sınıfın doğruluk değeri o kadar güvenilirdir (Lillesand ve ark., 2008).

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (5)$$

Bu eşitlikte;

r : hata matrisindeki toplam satır sayısı,

x_{ii} : i. satır ve sütundaki piksel sayısı,

x_{i+} : i. satırdaki toplam piksel sayısı,

x_{+i} : i. sütundaki toplam piksel sayısı,

N : matrisin tamamındaki piksel sayısı olarak tanımlanır.

Tablo-3. Sınıf doğruluk değerleri

Sınıflar	ÜD (%)	KD (%)	Kapa
Su	94.12	100	1.0
Yerleşim Alanı	64.41	55.07	0.44
Açık Arazi	22.45	70.97	0.56
Tarım Alanı (Boş)	52.38	35.48	0.30
Tarım Alanı (Ekili)	81.40	87.50	0.85
Orman Az Yoğ. İğne Yap.	100	31.76	0.25
Orman Yoğun İğne Yap.	73.68	100	1.0
Orman Az Yoğ. Geniş Yap.	16.67	11.11	0.09
Orman Yoğun Geniş Yap.	45.45	83.33	0.82
Genel Doğruluk Kapa		56.15 0.4917	

Tablo 4. Hata matrisi

	Su	Yerleşim Alanı	Açık Arazi	Tarım Alanı (Boş)	Tarım Alanı (Ekili)	Orman Az Yoğ. İğne	Orman Yoğun İğne	Orman Az Yoğ. Geniş	Orman Yoğun Geniş
Su	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Yerleşim Alanı	0	38	23	4	4	0	0	0	0
Açık Arazi	1	4	22	3	1	0	0	0	0
Tarım Alanı (Boş)	0	4	14	11	2	0	0	0	0
Tarım Alanı (Ekili)	0	0	3	2	35	0	0	0	0
Orman Az Yoğ. İğne	0	8	36	1	1	27	5	5	2
Orman Yoğun İğne	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Orman Az Yoğ. Geniş	0	4	0	0	0	0	0	1	4
Orman Yoğun Geniş	0	1	0	0	0	0	0	0	5

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, genel doğruluğun %56, kapa değerinin ise 0.49 olarak tespit edildiği görülmektedir. 9 detay sınıfından ekili tarım alanı, iğne yapraklı yoğun orman ve su detay sınıfı %70'in üzerinde doğruluğa ulaşırken diğer detay sınıfları daha düşük doğruluklarda kalmıştır.

Su detayı yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantta diğer detaylara göre çok düşük yansımaya verir. Bu nedenle su detay sınıfı diğer detay sınıflarına göre daha yüksek doğrulukla tespit edilebilmektedir.

Bölgenin genelindeki ormanlar iğne yapraklı ormanlardır. Geniş yapraklı orman detay sınıfı ise genellikle küçük ağaç toplulukları şeklindedir. Bu

nedenle özellikle az yoğun geniş yapraklı orman detay sınıfının 30 m ve 60 m çözünürlüklü bantlara sahip Landsat uydu görüntüsünde diğer detay sınıfları içinde kaybolduğu ve kullanılan yöntemlerle tespit edilemediği görülmektedir.

Ekili tarım alanı detayı boş tarım alanlarına göre daha yüksek doğrulukla tespit edilebilmiştir. Kullanılan görüntünün alım tarihi temmuzdur. Boş tarım alanı detayı bu mevsimde bölgenin yapısal özelliğinden dolayı açık arazi toprak detayı ile karışmaktadır.

Yerleşim alanı detayı %64 üretici doğruluğuna ve %55 kullanıcı doğruluğuna ulaşmıştır. Bölgenin genelinde yerleşim yerleri mevcuttur. Ancak kullanılan uydu görüntüsü 30 m

çözünürlüğe sahiptir. Daha yüksek çözünürlüklü bir uydu görüntüsü kullanılması durumunda yerleşim alanı detayının daha hassas olarak tespit edileceği değerlendirilmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, çalışma alanının karakteristik yapısı dikkate alınarak belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfı için Landsat uydu görüntüsünden bulanık mantık sınıflandırma yöntemi ile detay tespiti yapılmıştır. Arazi örtüsü sınıflarının belirlenebilmesi için DGIWG DFDD veri sözlüğü referans alınmıştır. Atmosferik koşullardan bağımsız bir sınıflandırma yapmak amacı çok sayıda bant oranları tanımlanmış, elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, 9 detay sınıfından sadece ekili tarım alanı, iğne yapraklı yoğun orman ve su detay sınıfı %70'in üzerinde doğruluğa ulaşırken diğer detay sınıfları daha düşük doğruluklarda kalmıştır.

Kullanılan Landsat uydu görüntüsü 30 m çözünürlüğe sahiptir. Bu nedenle yerleşim alanı gibi daha küçük yapıların mozaik şeklindeki alanların tespiti için yüksek çözünürlüklü farklı bir uydu görüntüsü kullanılmasının daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Geniş yapraklı orman detay sınıfı için elde edilen doğruluk değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Bölgenin geneli iğne yapraklı ormanlardan oluşmaktadır. Geniş yapraklı orman olarak değerlendirilen orman detay sınıfı bölgenin genelinde küçük ağaç toplulukları şeklindedir. Detay genel olarak segmentasyon ile elde edilen nesnelere için yeterli büyüklüğe ulaşamadığından tespit edilememiştir. Segmentasyon nesnelere küçültülmesi ise diğer detay sınıfları için uygun değildir. Bu nedenle, seçilen çalışma bölgesinin geniş yapraklı orman detayı için uygun olmadığı değerlendirilmektedir.

Tarım alanı detayı ekili ve boş olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmiştir. Ancak, çalışma için kullanılan Landsat uydu görüntüsü Temmuz ayına aittir. Bölgede bulunan tarım alanlarının geneli ise buğday tarlalarıdır. Buğdaylar bu mevsimde sararmış durumda (hasata hazır) olduğundan boş olan tarım alanları açık arazi detayı ile karışmaktadır. Bu nedenle tarım alanı bölgelerinin tek sınıf olarak değerlendirilmesi ya

da farklı tarihte alınmış bir uydu görüntüsü kullanılması durumunda sınıflandırma doğruluğunun artacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayhan, E., Karslı, F., Tunç, E., 2003. **Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz**, Harita Dergisi, Sayı:130,32-46.
- Bardossy, A. and Samaniego, L., 2002. **Fuzzy Rule-based Classification of Remotely Sensed Imagery**, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 40, 362–374.
- Blaschke, T., 2010. **Object Based Image Analysis for Remote Sensing**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65, 2–16.
- Blaschke, T. and Strobl, J., 2001. **What's Wrong with Pixels? Some Recent Development Interfacing Remote Sensing and GIS**, GeoBIT/GIS 14 (6), 12–17.
- Bouziani, M., Goita, K., He, D., 2010. **Rule-Based Classification of a Very High Resolution Image in an Urban Environment Using Multispectral Segmentation Guided by Cartographic Data**, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, 48 (8), 3198-3211.
- Carleer, A.P. and Wolff, E., 2006. **Region-Based Classification Potential for Land-Cover Classification with Very High Spatial Resolution Satellite Data**, in Proceedings of 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Salzburg University, Austria, July 4-5, 2006. Vol. XXXVI, ISSN 1682-1777.
- Chavez, P.S., Berlin, G.L. and Sowers, L.B., 1980. **Statistical Methods for Selecting Landsat MSS Ratios**, Journal of Applied Photographic Engineering, 8, 30–32.
- Fadda, E.H.R., 2003. **Using Remote Sensing to Produce the Geological Map of Wadi Al Awsaji Area, Jordan**, In Geoinformation for European-Wide Integration, T. Benes (Ed.), 625–632 (Rotterdam, The Netherlands: Millpress).
- Gao, J., 2009., **Digital Analysis of Remotely Sensed Data**, School of Geography, Geology and Environmental Science, The University of Auckland, New Zealand.

- Hellman, M., 2001. **Fuzzy Logic Introduction**, Epsilon Nought Radar Remote Sensing Tutorials, Universite de Rennes, France.
- Jensen, J., 1996. **Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing** Prospective, 2nd edn (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).
- Kam, T.S., 1995. **Integrating GIS and RS Techniques for Urban Land-cover and Land-use Analysis**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57, 655–668.
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F. & Richardson, W., 1969. **Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition**, Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 97-131.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W., 2008. **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley & Sons, 6th Edition, New York.
- Lui, L., and Zhang, Y., 2011. **Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong**, Remote Sensing, 3, pp: 1535-1552.
- Mcfeters, S.K., 1996. **The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Areas**, Int. J. Remote Sensing, 17 (7), 1425-1432.
- Öztaş, N.S. ve Süzen, M.L., 2011. **Mapping Evaporate Minerals by ASTER**, International Journal of Remote Sensing, 32 (6), 1651–1673.
- Pu, R., Landry, S., Yu, Q., 2011. **Object-Based Urban Detailed Land Cover Classification with High Spatial Resolution Ikonos Imagery**, International Journal of Remote Sensing, 32 (12), 3285–3308.
- Sabine, C., 1999. **Remote Sensing Strategies for Mineral Exploration**, In Remote Sensing for the Earth Sciences – Manual of Remote Sensing, Vol. 3, 3rd edn, New York: Wiley, A. Rencz (Ed.), Chapter 8.
- Yan, G., Mas, J. F., Maathuis, B. H. P., Zhang, X., Van Dijk, P. M., 2006. **Comparison of Pixel-Based and Object-oriented Image Classification Approaches - a Case Study in a Coal Fire Area, Wuda, Inner Mongolia, China**, International Journal of Remote Sensing, 27 (18), 4039-4055.
- Yeşilnacar, E. and Süzen, M. L., 2006. **A Land-Cover Classification for Landslide Susceptibility Mapping by Using Feature Components**, International Journal of Remote Sensing, 27(2), 253–275.
- Zhou, Q. and Robson, M., 2001. **Automated Rangeland Vegetation Cover and Density Estimation Using Ground Digital Images and a Spectral-Contextual Classifier**, International Journal of Remote Sensing, 22 (17), 3457–3470.

İnternet Kaynakları:

URL-1:

<http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html> [Erişim Tarihi: 5 Ekim 2011].