

İbrelili orman türlerinin Hiperspektral uydu görüntüsü ile ayırt edilebilirliğinin araştırılması

Müfit ÇETİN*, Nebiye MUSAOĞLU

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Günümüzde çağdaş ormancılığın amacı, ormanın sürekliliğini sağlayarak optimum yararlanmayı temin etmektir. Dolayısıyla ormanın verimi, sürekliliği ve korunması için yürütülen gençleştirme, bakım, ağaçlandırma gibi ormancılık faaliyetlerinin en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesi için orman alanlarına ait bilginin güncel olması gerekmektedir. Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile birlikte ucuz ve hızlı sonuç alınabilen uzaktan algılama tekniğinin ormancılık çalışmalarında önemi giderek artmaktadır. Bitki örtüsünün çok bantlı uydu görüntüleri ile izlenmesi literatürde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Son zamanlarda objelerin ayırt edilebilirliklerini arttırarak daha iyi sonuçlar elde etmek amacıyla hiperspektral veya görüntü spektroskopisi olarak adlandırılan birçok yeni algılayıcı geliştirilmiştir. Objelerin spektral karakteristikleri sürekli ve daha çok spektral bantlara sahip olan hiperspektral uydu görüntüleri ile daha iyi belirlenmektedir. Bu çalışmada da Sündiken Kütlesi'ndeki ibrelili orman türleri EO-1 Hyperion hiperspektral uydu görüntüsü (17.09.2004) ile ayırt edilmeye çalışılmıştır. Sündiken Kütlesi'nde baskın olarak saf ibrelili orman türleri ve bunun yanında meşe ile ibrelili ağaç türlerinin birlikte yetiştiği karışık orman alanları bulunmaktadır. Çalışmada yer ölçmelerine bağlı olarak Hiperspektral uydu görüntülerinden elde edilen test alanlarına ait spektral eğriler kullanılarak SAM (Spectral Angle Mapper) algoritması ile sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaç türlerinin spektral özelliklerinin çok benzer olması sebebiyle birbirinden ayırt edilebilirliğinin zayıf, Kızılçam'ın (*Pinus brutia*) ise ayırt edilebilirliğinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Uydu görüntüsü, hiperspektral, sınıflandırma, orman, ibrelili.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Müfit ÇETİN. mufitcetin@hotmail.com; Tel: (262) 605 31 59.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Programında tamamlanmış olan "Südüken Kütlesi'ndeki yükselti-iklim kuşaklarının ve orman toplumlarının özelliklerinin uydu görüntüleri ile belirlenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 11.07.2007 tarihinde dergiye ulaşmış, 19.07.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.03.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

The investigation of the inability to distinguish among the coniferous forest species using hyperspectral satellite image

Extended abstract

In nowadays, the principal goal of modern forestry is to provide the capacity to be useful itself of the sustainability of forest. Consequently, current information on areas of forest should be reached in order to realize the services of forestry like the regeneration, the forest tending, and the forestation which are carried out in order to contribute to the productivity, continuity, and the protection of the forests. With recently developed technology, the remote sensing providing of the cost-effective, reliable and fast results obtains the significance information on the forest applications. Vegetation monitoring using broad band multispectral remote sensing is well established. Recently, many new sensors are being developed to increase the discrimination ability of the objects, such as the acquisition of hundreds of narrow band spectra, termed hyperspectral remote sensing or imaging spectroscopy. Imaging spectroscopy refers to data acquired by an airborne or spaceborne imaging spectrometer and the analysis techniques applied to these data in ways that exploit the instrument's ability to resolve absorption features caused by the chemical bonds and physical structure of surface materials. In comparison to the handful of channels available with multispectral, broad band remote sensing, imaging spectrometers measure the radiation upwelling from a surface in hundreds of contiguous, narrow band width channels. The advantage offered by such spectroscopic measurements is the ability to resolve absorption features and determine their specific wavelength positions and characteristic shapes. These absorption features can be related to the material or materials causing them; thus, the materials occurring in a pixel of imaging spectroscopy data can be identified. In this study, the coniferous forest tree species were tried to be distinguished by using hyperspectral image taken by the EO-1 Hyperion at Sundiken Mountain, Turkey. The Sundiken Mountain is strongly covered with pure coniferous forests as well as mixed stands with deciduous trees. The dominant deciduous trees are oak (*Quercus* spp.), occurring in mixed stands with pine species stands. Anatolian Black Pine (*Pinus nigra*), Turkish Red Pine (*Pinus brutia*) and Scots Pine (*Pinus sylvestris*) are the dominant naturally-growing coniferous trees. Anato-

lian Black Pine and Turkish Red Pine occurs mixed with the oak trees. The spatial distribution of forest species on the Sundiken Mountain is changing related to the altitude and aspect. The temperate forests at high elevations in the region receive large amounts of precipitation during the long, cold winter. At lower elevations, in Sundiken's relatively temperate valleys, Turkish Red Pine and oak trees communities predominate. In addition to altitude, the aspect has an influence on the distribution of plants within the mountain.

The atmospheric and the topographic effects in the EO-1 Hyperion image, used in this study, were corrected and converted to reflectance values using the ATCOR-4 (ATmospheric CORrection) program. Hyperion collects data in 224 contiguous channels of approximately 10-nm bandpass over the spectral wavelength range of 0.35–2.50 μm (from visible light to near-infrared). The missing portions of the spectrum have low signal to noise due to strong atmospheric water vapour absorption, and are not used in subsequent calculations. In Sundiken, for the mean elevation of 1500 m, the Hyperion sensor measured pixels with a nominal size of 30 m at nadir view. The sensor swath width was approximately 7.5 km. Hyperion data were acquired on September 17, 2004, at approximately 10:20 a.m. local time. Our goal is to measure the ability to distinguish related to the spectral variability of coniferous types using hyperspectral data. To do this, the measurements of band depths for chlorophyll and leaf water content of each forest types obtained from hyperspectral image are examined. Finally, we classified the hyperspectral image using the spectral angle mapper (SAM) classification algorithm and compared directly to the ground truth. The Spectral Angle Mapper is a technique to classify hyperspectral data by determining the similarity between an endmember spectrum and a pixel spectrum in an n -dimensional space. Smaller angles represent closer matches to the reference spectrum. Image-based end member spectra of the main land cover types and tree species in the test area are used as input for the classification. The results obtained from the classification showed that the distinction of Turkish Red Pine from other species is satisfied while to distinguish the tree species of Anatolian Black Pine and Scots Pine are weak; because their spectral properties are very similar.

Keywords: Satellite images, hyperspectral, classification, forest, coniferous.

Giriş

Günümüzde çağdaş ormancılığın amacı, ormanın sürekliliğini sağlayarak optimum yararlanmayı temin etmektir. Bu amaçla öncelikle ormanı kuran ağaç türlerinin belirlenmesi gerekir. Ülkemizde çeşitli ekolojik faktörlerin etkisi sebebiyle farklı orman türlerinin yayılışının görüldüğü alanlardan biri de Sündiken Dağlık Kütlesi'dir.

Arazi örtüsünün sınıflandırılma doğruluğu uydunun spektral, radyometrik ve geometrik çözünürlüğüne bağlı olarak değişmektedir. Hiperspektral uydu görüntüleri çok bantlı görüntülere göre çok daha hassas spektral (Hyperion için 10 nm) ve radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Uygulamada çalışma alanındaki Kızılçam, Karaçam, Sarıçam ağaç türleri zengin spektral bilgi içeren hiperspektral (Hyperion) uydu görüntüsü ile ayırt edilmeye çalışılmıştır.

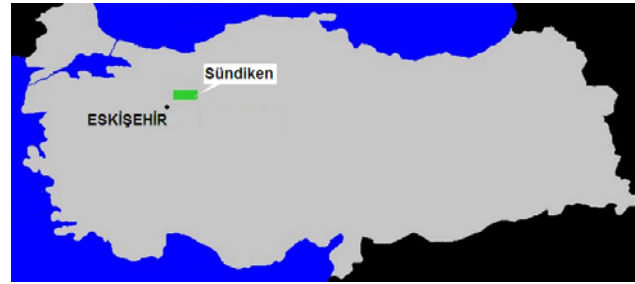
Hyperion algılayıcısını taşıyan EO-1 (Earth Observing-1) yer gözlem uydusu, 21 Kasım 2000 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. Hyperion algılayıcısı tek teleskopa sahip olup görünür yakın kızıl ötesi (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgesinde çalışan iki spektrometreye sahiptir. Algılayıcı, 7.7 km genişliğinde ve 16 bit spektral çözünürlükte tarama yaparak görüntü elde etmektedir. Hyperion algılayıcısı 357–2576 nm aralığında ortalama 10 nm bant genişliğinde 242 kanala sahip olup, spektral kanalların 1–70 arası VNIR, 71–242 arası SWIR spektral bölgedeki veriyi içerir (Ungar vd., 2003).

Çalışma alanı

Sündiken Dağlık Kütlesi İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatı kesiminde Eskişehir ili sınırları içinde ve bu ilin de kuzeyinde 30°30' ve 31°30' doğu boylamları ile 39°45' ve 40°09' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının kuzeyi doğu-batı yönünde akan Sakarya Nehri, güneyi Porsuk Çayı ve Eskişehir Ovası ile sınırlanmıştır.

Sündiken Dağlık Kütlesi'nin kuzeyinde Sakarya vadisine yakın olan batı ve orta kesimlerde

yaygın tür olarak Kızılçam (*Pinus brutia* Ten) ormanı, yer yer Meşe (*Quercus spp.*) türleri bulunmaktadır. Kuzey bakıda Kızılçam kuşağının üstünde Karaçam (*Pinus nigra*) orman kuşağı ile bunun da yukarısında Sarıçam (*Pinus sylvestris*) orman kuşağı yer almaktadır. Kütlenin güney kesiminde ise kurak bozkır ikliminin etkisinden ve insan tahribatından dolayı orman örtüsü seyrelmiş olmakla beraber alçak kesimlerde Meşe baltalık orman kuşağı, bunun yukarısında Meşe/Karaçam kuşağı, Karaçam kuşağı ve zirveye yakın kesimde Sarıçam kuşağı sıralanmaktadır.



Şekil 1. Sündiken Dağlık Kütlesi'nin coğrafi konumu

Materyal

Çalışmada 17.09.2004 tarihinde algılanmış EO-1 Hyperion uydu verisi kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesi ve sayısal yükseklik modelinin oluşturulması için çalışma alanına ait 1/25 000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Sündiken Dağlık Kütlesi'ndeki ormanların yapısı ve tür birleşimine ait örnek alanlar arazi çalışmaları ile belirlenmiştir. Ayrıca sınıflandırılmış uydu görüntülerinin kontrol edilmesinde yer ölçmelerine ek olarak meşcere haritaları kullanılmıştır.

Veri ön işleme

Çalışmada EO-1 Hyperion verisi Level 1R formatında (echo, smear ve dark current correction, VNIR/SWIR shift radyometrik düzeltilmeleri yapılmış) US Geological Survey'den temin edilmesine rağmen, veri incelendiğinde uydu verisinde bir takım spektral ve radyometrik bozuklukların halen mevcut olduğu belirlenmiştir.

Hyperion görüntüsündeki sıfır değerine sahip kalibre edilmemiş bantlar ile çok görüntülü bant-

lar elimine edilmiştir. Hyperion görüntüsündeki şerit tarama hataları tespit edilerek komşu piksellerin ortalaması alınarak düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, dedektörler arasındaki kalibrasyon hataları nedeniyle görüntüde oluşan spektral bant merkez kayıklıkları tespit edilerek düzeltme getirilmiştir (Goodenough vd., 2003). Bu aşamada topografik haritalar ve arazi çalışmaları ile elde edilen 22 adet yer kontrol noktası ve sayısal yükseklik verisi kullanılarak UTM projeksiyon sisteminde En Yakın Komşuluk örnekleme yöntemi uygulanarak 0.51 karesel ortalama hata (RMS) ile ortorektifiye edilmiştir.

Cisimden gelen elektromanyetik ışınımın algılayıcıya ulaşmadan önce atmosferde yutulma ve yansıma etkisine maruz kalmaktadır. Bu nedenle atmosferde izlenen yol farkına bağlı olarak algılayıcıya ulaşan ışınımın yoğunluk ve spektral bileşimine etki yapar (Örmeci, 1987). Diğer yandan çalışma alanının dağlık engebeli bir yapıya sahip olması nedeniyle görüntüde oluşan topografik farklılıklar sınıflandırma sonuçlarını etkilemektedir. Bu etkileri en aza indirmek için atmosferik modelleme ve topografik düzeltme ATCOR-2/3 ve ATCOR-4 ile yapılmıştır (Richter, 2004 ve 2005).

Yöntem

Görüntü sınıflandırma işleminin amacı görüntüyü oluşturan piksellerin parlaklık değerleri temel alınarak belirli bir kurala göre her bir pikselin arazi örtüsünü oluşturan sınıflardan birine atanması ile tematik haritanın elde edilmesidir. Kontrollü sınıflandırma işleminde arazi çalışmaları ile belirlenen ve araziye ait diğer verilerden bilinen, her bir arazi kullanım sınıfını ayırt etmeyi sağlayacak örnek alanlardan eğitim setleri oluşturularak sınıflandırma işlemi yapılır.

Hyperion görüntüsünün kapladığı alana karşılık gelen Sündiken Kütlesi'nin Çatacık ve Kızıltepe mevkiine ait arazi örtüsü olarak Kızıлчаam (Çz), Karaçam (Çk), Sarıçam (Çs), Karışık orman (KaO), bozuk orman (BO), orman toprağı (OT) ve açık alan (Aç) olmak üzere toplam 7 sınıf belirlenmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanına ait arazi örtüsü

Arazi Örtüsü		Kodu
Açıklık		Aç
Orman Toprağı		OT
Bozuk Orman		BO
İbrelili Orman	Kızıлчаam	Çz
	Karaçam	Çk
	Sarıçam	Çs
İbrelili ve Yapraklı Karışık Orman	Meşe, Karaçam ve Kızıлчаam	KaO

Congalton'a (1991) göre bir sınıfa ait doğruluğun yüzde olarak ± 5 hassasiyette belirlenebilmesi için her sınıf için en az 50 adet pikselin seçilmesi gerekmektedir. Sınıflandırma işlemi için öncelikle yer ölçmelerinden faydalanılarak görüntü üzerinde her sınıf için (en az 250 piksel olacak şekilde) eğitim alanları belirlenmiştir.

Çalışmada hiperspektral uydu verisinin sınıflandırılmasında spektruma dayalı Spectral Angle Mapper (SAM) algoritması kullanılmıştır. SAM algoritması hiperspektral görüntülerde her piksel için bilinmeyen spektrum (t) ile referans spektrumlar (r) arasındaki spektral açıyı hesaplar. Buna göre bilinmeyen piksel, kendisi ile en az spektral açı değerine sahip olan referans spektruma (sınıfa) atanır. Spektral açı (Sa) radyan biriminde olup 0 ile 1 arasında değerler almaktadır.

$$Sa = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right)^{0.5} \left(\sum_{i=1}^n r_i^2 \right)^{0.5}} \right) \quad (1)$$

SAM sınıflandırma algoritması, spektrum bilgisine dayalı bir sınıflandırma algoritması olduğu için her sınıf için referans spektrum elde edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple uydu görüntüsünde belirlenen eğitim alanlarından her sınıfa ait ortalama referans spektral veri elde edilmiştir. Sınıflandırmada aday pikselin spektrumu ile referans spektrum arasındaki spektral açı en az 0.10 radyan olacak şekilde eşik değeri belirlen-

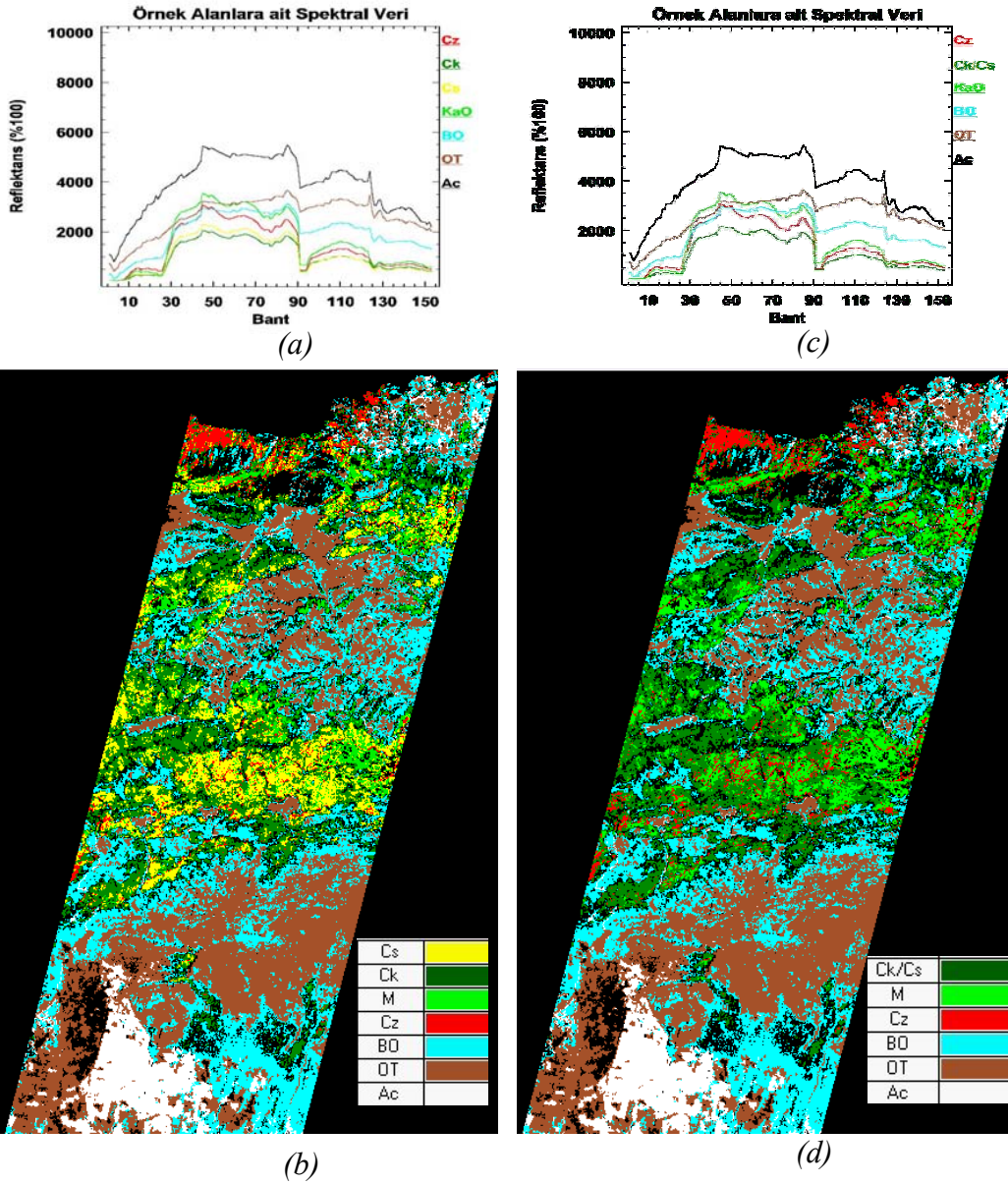
miştir. Buna göre sınıflandırma işleminde bu eşik değerini (0.10 radyan) aşan pikseller belirsiz olarak siyah renk atanmaktadır.

Sonuçlar

Her sınıfa ait elde edilen referans spektral veriler (eğriler) incelendiğinde Sarıçam ve Karaçam sınıfları hariç diğer arazi sınıflarının ayırt edilebilir olduğu görülmektedir (Şekil 2a). Hyperion uydu görüntüsünden elde edilen referans spektral veriler incelendiğinde, Sarıçam ve Karaçam meşcere tiplerinin spektral özelliklerinin birbirine çok yakın olduğu, dolayısıyla ayırt edilebilir-

liğin çok düşük olduğu görülmektedir (Şekil 2a). Bu spektral benzerlik aynı zamanda SAM algoritması ile elde edilen sınıflandırılmış uydu görüntüsü incelendiğinde de açıkça görülmektedir (Şekil 2b). Bu sebeple Karaçam ve Sarıçam sınıflarına ait eğitim alanları birleştirilerek Karaçam veya Sarıçam (Çk/Çs) olarak yeni bir sınıf ve bu sınıfa ait yeni bir referans spektral veri oluşturularak arazi örtüsü toplam 6 kategoride tekrar sınıflandırılmıştır.

Elde edilen sınıflandırılmış görüntü görsel olarak incelendiğinde Kızılcıam meşçeresinin ayırt



Şekil 2. SAM algoritması ile 7 sınıf [(a) ve (b)] ve 6 sınıf [(c) ve (d)] olarak farklı 2 eğitim setine göre sınıflandırılmış Hyperion görüntüleri

edilebildiği görülmüştür (Şekil 2d). Ayrıca sınıflandırılmış görüntüde siyah olarak görünen bölgeler topografik etki nedeniyle gölge etkisi oluşan alanlar olup SAM algoritmasında belirlenen piksel ile referans spektrumu arasındaki benzerliğin (spektral açının) en az 0.1 radyan olarak belirlenen eşik değerini aşmayan bölgeler olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda sınıflandırma işleminin hassasiyetini belirlemek için arazide eğitim alanlarının haricinde yer ölçmeleri ile belirlediğimiz kesin olarak bilinen test alanları kullanılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Sınıflandırma doğruluğu için en yaygın yöntem olan sınıflandırma doğruluk matrisi kullanılmıştır (Congalton, 1991).

Sınıflandırma genel doğruluğu diyagonal hücrelerde bulunan doğru sınıflandırılmış piksel sayılarının toplamının, doğruluk tablosunda değerlendirmeye katılan toplam piksel sayısına oranıdır. Her kategori için iki farklı doğruluk elde edilmektedir. Bir sınıf için kesin doğru olan piksellerin o sınıfa ait referans olarak seçilen toplam piksel sayısına (sütun toplamına) oranına ihmal hatası veya üretici doğruluğu, o sınıfa ait sınıflandırılmış toplam (satır toplamına) piksel sayısına oranına iş hatası veya kullanıcı doğruluğu denilmektedir (Story ve Congalton, 1986). Yapılan çalışmada sınıflandırılmış görüntü üzerinden bir takım projeler ve sonuçlar üretileceği için kullanıcı doğruluğunun dikkate alınması daha doğru olacaktır.

Anderson ve diğerleri (1976) ile Milazzo (1980)'ya göre genel sınıflandırma doğruluğunun en az %85 olması ve sınıflandırmada kullanılan her grup için yaklaşık aynı doğruluğun sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmamızda hiperspektral uydu görüntüsü % 81 genel doğrulukla sınıflandırılmış ve yeterli doğruluk sağlanamamıştır. Her sınıf için sonuçları kullanıcı doğruluğuna göre incelediğimizde Çk/Çs sınıfının KaO sınıfı ile karıştığı ve dolayısı ile ayırt edilebilirliği yetersiz (% 67) çıkmıştır. Diğer taraftan Çz sınıfının diğer ibrelilerden (Çk/Çs) yeterli derecede (% 87) ayırt edilebildiği görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. Hyperion görüntüsüne ait SAM algoritması sınıflandırma doğruluk matrisi

		Referans					
		Çz	Çk/Çs	KaO	BO	OT	Aç
Sınıflandırma	Çz	217	65	3	0	0	0
	Çk/Çs	29	657	63	4	0	0
	KaO	4	257	174	0	0	0
	BO	0	0	0	262	13	0
	OT	0	0	0	58	345	0
	Aç	0	0	0	1	6	490
Kullanıcı Doğruluğu		87	67	73	81	95	100
		Genel Doğruluk = 0.81, Kappa = 0.76					

Tartışma ve öneriler

Bu çalışmanın amacı spektral özellikleri bakımından çok bantlı uydu görüntülerinden ayırt edilemeyen ibrelili ağaç türlerinin hiperspektral uydu verisi ile ayırt edilebilirliğini araştırmaktır. Bu amaçla Eskişehir ilinin kuzeyindeki Sündiken Dağlık Kütlesi'nde bulunan Kızılcım, Karaçam ve Sarıçam ağaç türleri incelenmiştir. Yer ölçmeleri ile arazi bilgisi ve hiperspektral uydu verisi 2004 Eylül ayında eş zamanlı olarak elde edilmiştir. Hiperspektral uydu görüntüsündeki atmosferik ve topografik etkiler düzeltilerek en aza indirilmeye çalışılmıştır. Sınıflandırma için en yaygın olarak bilinen SAM algoritması kullanılmıştır. Çalışmada hiperspektral uydu görüntüsü ile Kızılcım orman alanlarının diğer Karaçam ve Sarıçam orman alanlarından % 87 doğrulukla ayırt edilebildiği, Sarıçam ve Karaçam orman alanları arasındaki ayırt edilebilirliğin düşük (%67) olduğu bulunmuştur. İbrelili ağaç türleri ekolojik faktörlere göre farklı yetiştirme ortamına sahip olup bu alanların uzaktan algılama ile tespit edilmesi ormanların optimum verimlilikte işletilmesi için önemli bir unsur olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan EO-1 Hyperion uydu görüntüsü İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) araştırma fonunun desteği ile sağlanmış, arazide yapılan yer ölçmeleri de Eskişehir Orman Top-

rak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü'nün desteği ile yapılmıştır. Ayrıca İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı laboratuvarındaki görüntü işleme programlarından faydalanılmıştır. Çalışmaya yaptığı değerli katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. M. Doğan Kantarcı'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach J.T. ve Witmer, R.E., 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Professional Paper 964, U.S. Geological Survey, Reston, VA.
- Örmeci, C., 1987. *Uzaktan algılama (Temel esaslar ve algılama sistemleri)*, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Cilt 1, İstanbul.
- Congalton, R. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, **37**, 35-46.
- Goodenough, D.G., Dyk, A., Niemann, K.O., Pearlman, J.S., Chen, H., Han, T., Murdoch, M., ve West, C., 2003. Preprocessing Hyperion and ALI for forest classification, *IEEE Transaction and Geoscience Remote Sensing*, **41**, 1321-1331.
- Milazzo, V.A., 1980. A review and evaluation of alternatives for updating US Geological Survey land use and land cover maps. Circular 826, US Geological Survey, Reston, VA, USA.
- Richter, R., 2004. Atmospheric/topographic correction for airborne imagery. ATCOR-2/3 user guide, version 6.0, German Aerospace Center Remote Sensing Data Center, Wessling, Germany.
- Richter, R., 2005. Atmospheric/topographic correction for airborne imagery. ATCOR-4 user guide, version 4.0, German Aerospace Center Remote Sensing Data Center, Wessling, Germany.
- Story, M., ve Congalton, R.G., 1986. Accuracy assessment: A user's perspective, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **52**, 397-399.
- Ungar, S. G., Pearlman, J. S., Mendenhall, J., ve Reuter, D., 2003. Overview of the Earth observing one (EO-1) mission, *IEEE Transaction and Geoscience Remote Sensing*, **41**, 1149-1159.