BURDUR-AĞLASUN YÖRESİNDE YER ALAN BİR ORMANLIK ALANDAKİ BİTKİ TÜRÜ ZENGİNLİĞİNİN ASTER UYDU VERİSİ KULLANILARAK TAHMİNİ

İbrahim Özdemir[1], Kürşad Özkan[2], Özdemir Şentürk[1], Halil SÜEL[3], Ahmet MERT[1], Serkan Gülsoy[2], Yunus Eser[4]; M. Güvenç Negiz[4]

[1]Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, ibrahim@orman.sdu.edu.tr
[2]Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, kozkan@orman.sdu.edu.tr
[3]Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Koruma Anabilim Dalı, halilsuel@sdu.edu.tr
[4]Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Anabilim Dalı, eseryunus@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bitki türü zenginliği (BTZ) kolay ölçülebilen bir biyolojik çeşitlilik göstergedir. BTZ'nin uygun yöntemlerle haritalanması, ileride yapılacak izleme çalışmaları için çok önemlidir. Ancak, çok geniş alanlarda yersel yöntemler kullanılarak tür zenginliğinin haritalanması oldukça masraflı ve zaman alıcıdır. Uydu verilerinden çıkarılan özelliklerle, bitki türü zenginliği arasında kuvvetli bir ilişki tespit edilebilirse, regresyon modelleriyle bitki türü zenginliği haritalanabilir. Bu çalışmada, 15 m çözünürlüklü ASTER uydu verisinden çıkartılan spektral ve dokusal özelliklerle, yersel ölçmelerle tespit edilen bitki türü zenginliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, ASTER uydu verisinin 3 bandı ve Birinci Ana Bileşen Dönüşümü (PC1) için ortalama parlaklık ve standart sapma değerleri ile doku özellikleri belirlenmiştir. Doku özellikleri "Gri renk tonu Seviyesi Beraber Görülme matrisine" (GSBM) dayalı olarak hesaplanmıştır. GSBM Homojenlik, GSBM Düzensizlik (Entropy), GSBM Standart sapma olmak üzere 3 doku parametresi incelenmiştir. Ayrıca Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ile orijinal ve türetilmiş bantların tamamı için hesaplanan Maksimum Farklılık parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. Uydu verisinden çıkarılan 21 özellik bağımsız değişken, bitki türü zenginliği bağlı değişken alınarak, adımsal çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, bitki türü zenginliği ile uydu verisi özellikleri arasında, istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) fakat zayıf bir ilişki tespit edilmiştir ($R=0.43$). Aynı işlem sadece ağaç ve çalı türleri dikkate alınarak tekrarlanmıştır. Adımsal regresyon analiz sonucu, ağaç ve çalı türü zenginliği (AÇTZ) ile uydu verisinden türetilen özellikler arasında önemli ($p<0.05$) ve göreceli olarak daha kuvvetli bir ilişki ($R=0.50$) olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, çalışılan yörede hem bitki türü, hem de ağaç/çalı türü zenginliğinin 15 m çözünürlüklü ASTER uydu verisine dayalı olarak tahmin edilmesinin, 20x20 m.lik örnek alan düzeyinde güvenilir olmadığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Bitki türü zenginliği, biyolojik çeşitlilik, uzaktan algılama, orman, doku analizi.

ABSTRACT

ESTIMATION OF THE PLANT SPECIES RICHNESS USING THE ASTER SATELLITE DATA IN A FORESTED LANDSCAPE LOCATED IN THE REGION OF BURDUR-AGLASUN

Plant species richness (PSR) is a simple measure of biodiversity. Mapping and monitoring of PSR using appropriate methods is important further monitoring studies. However, mapping of plant species richness based on traditional field methods is expensive and time consuming in a landscape level. Plant species richness may be mapped using the regression model if a strong association is found between the parameters extracted from satellite data and plant species richness. In this study, the relations between plant species richness determined in situ measurements and spectral/textural parameters extracted from the ASTER data with 15 m resolution were investigated. For this purpose, the mean brightness, the standard deviation and the texture features of the original three bands of ASTER and the First Principal Component (PC1) were determined. The texture features were calculated based on "Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)". Three texture parameters including the GLCM Homogeneity, the GLCM Entropy, and the GLCM Standard Deviation were explored. Besides, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Maximum Difference values for all bands including the original and the arbitrary bands were used for assessment. A stepwise regression analysis were applied where the 21 features extracted from the satellite data were defined as independent variables and species richness were defined as an dependent variable. In the result of analysis, a relations were found, which is statistically significant ($P<0.01$), however weak ($r=0.43$). The regression analysis was redone taking into consideration solely tree and shrub species richness (TSSR). The regression analysis showed that there is a relatively strong ($r=0.50$) and statistically significant ($P<0.01$) relation between the image-based features and tree/shrub species richness. Therefore, it can be concluded that species richness or tree/shrub species richness can not be predicted by means of the ASTER data with 15 m resolution in the level of 20x20 m sampling size.

Keywords: Plant species richness, biodiversity, remote sensing, forest, texture analysis.

1. GİRİŞ

Orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin korunması, giderek önem kazanan bir konudur (Norton, 1998; Başkent, 1999; Işık ve Kurt, 2005). Ülkemizde, hem işletme ormanlarında hem de korunan doğal alanlarda, biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesine yönelik çabalar artmıştır (Başkent vd., 2005a; Başkent vd., 2005b; Çakır, vd. 2005). Bitki türü zenginliği (BTZ) hesaplanması basit, fakat önemli bir biyolojik çeşitlilik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gaston, 2000). BTZ'nin uygun yöntemlerle haritalanması, hem gelecekte meydana gelebilecek değişikliklerin izlenmesi, hem de amenajman planlarında koruma tedbirlerinin doğru bir şekilde alınması açısından son derece önemlidir (Gould, 2000).

BTZ haritasının yersel yöntemlerle hazırlanması, zaman alıcı ve masraflıdır. Ayrıca, arazinin tamamında çalışılması mümkün olmadığından, örnekleme yöntemleri kullanılmalıdır. Belirli aralık mesafe ile uygulanacak bir örneklemenin de, özellikle çeşitliliğin çok olduğu Akdeniz orman ekosistemlerinde ne derece güvenilir olacağı şüphelidir. Böyle karmaşık ekosistemlerde, daha hassas bir harita elde etmek amacıyla, sık örnek alan ölçülmesi envanter masraflarını arttırırken, daha az örnek alanla yetinilmesi de harita doğruluğunu azaltacaktır. Bu yüzden, hava fotoğrafı ya da uydu görüntüsü gibi bir yardımcı veri ve iki aşamalı bir örnekleme yöntemi tercih edilmesi, daha doğru bir harita üretilmesine yardımcı olabilir. Böylece, yersel ölçmelerle uzaktan algılama verisi birleştirilerek, çalışma sahasının bütünündeki BTZ'ni kesintisiz olarak gösteren bir harita elde edilebilir.

Uzaktan algılama verisi ile yersel ölçmelerin birlikte değerlendirilmesinde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi katmanlı iki aşamalı örnekleme, diğeri ise regresyon tahmini ile iki aşamalı örneklemedir. Yöntemin birinci uygulanış şeklinde, uzaktan algılama verisi kullanılarak, arazi olabildiğince homojen parçalara ayrılır. Ardından, her bir parça tipinden yeterince (örneklerin varyasyon katsayısı dikkate alınarak) yersel örnek ölçülür (Köhl, 1993). Daha sonra, her bir parça tipindeki örnek alanların ortalama değerlerine göre, bir harita hazırlanabilir. Belirli zaman aralıklarıyla, aynı uzaktan algılama verisinden tekrar elde edilecek haritayla, parça tiplerindeki alansal değişimler belirlenerek, dolaylı olarak incelenen özellikteki (örneğin bitki türü zenginliği) değişimler tahmin edilebilir. Bu yöntemin başlıca sakıncası eğer parça tipi, haritalanmak istenen özellik bakımından çok heterojense, hesaplanan ortalama değer o tipe ait parçaların tamamını temsil etmeyebilir. Başka bir deyişle, haritada nitelikleri aynı gözükmesine rağmen, arazinin değişik yerlerinde konumlanan aynı tipe ait parçaların gerçek nitelikleri birbirinden farklı olabilir.

Yöntemin diğer uygulanışında ise, uzaktan algılama verisinden çıkarılan bazı sayısal parametrelerle (tepe çapı, parlaklık değerleri, doku değerleri vb.) araştırılan özellik arasında bir regresyon modeli kurulmaya çalışılır. Eğer uydu verisinden çıkarılan parametrelerle, ölçümü zor ve pahalı olan özellik arasında güçlü bir ilişki mevcutsa, bu durumda istenilen özellik daha az bir masrafla haritalanabilir (Köhl, 1993; Akça, 2000). Bu yaklaşımla oluşturulacak harita, araziyi kesintisiz olarak nitelendirdiğinden, hem plan yapıcılar hem de uygulamacılar için çok kullanışlı bir veri kaynağı olacaktır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, uzaktan algılama verilerinden çıkarılan özelliklerle bazı biyolojik çeşitlilik parametreleri arasında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bawa vd. (2002) IRS 1C uydu verisinden türetilen Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ile tür çeşitliliği arasında önemli bir ilişki hesaplamışlar ($r=0,66$, $p<0.01$) ve NDVI kullanılarak, düşük ve yüksek ağaç türü zenginliğine sahip alanların haritalanabileceğini belirtmişlerdir. İsrail'de dağlık bir bölgede gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, Levin vd. (2007) BTZ ile Aster ve Landsat uydu verisinden türetilen NDVI'leri arasında güçlü ilişkiler ortaya çıkarmışlardır (sırasıyla, $rs=0,89$, $p<0.01$; $rs=0,93$, $p<0.01$).

Palmer vd. (2002) tarafından geliştirilen, Spektral Değişkenlik Hipotezi (SDH) yaklaşımı da, BTZ'ni tahmin etmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Oindo ve Skidmore, 2002; Foody ve Cutler, 2006; Rocchini vd., 2007). Bu kavram, bir örnek alandaki bitki türü sayısı ile buna karşılık gelen görüntünün spektral heterojenliği arasında bir ilişki olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu hipoteze dayanarak, Rocchini (2007) tarafından farklı çözünürlükteki uydu verileriyle yapılan karşılaştırılmalı araştırmada, spektral heterojenlik ile BTZ arasında önemli ilişkiler hesaplanmıştır. Bu ilişkilerin korelasyon katsayıları, Quickbird, Aster ve Landsat ETM+ uydu verileri için sırasıyla; 0,69, 0,43 ve 0,67'dir. Bu ümit verici araştırmalarda, orijinal banlar ya da Ana Bileşenler Dönüşümü ile elde edilen görüntüler için hesaplanan spektral heterojenlik (varyans ya da standart sapma) kullanılmıştır. Literatürde doğrudan BTZ ile görüntünün doku özellikleri (Gri renk tonu Seviyesi Beraber Görülme Matrisine dayalı hesaplanan) arasında ilişkileri inceleyen bir çalışmaya ise rastlanmamıştır. Ancak, bu konuyla dolaylı olarak bağlantılı olan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Véronique vd. (2006) tarafından yapılan araştırmada, doku özellikleri ile kuş türü zenginliği arasındaki güçlü bir ilişki ortaya koyulmuştur ($r=0.79$). Yine, Özdemir vd. (2008) tarafından doku özellikleri ile ağaç boyutu çeşitliliği arasında önemli

bir ilişki bulunmuştur (r=0,69). Bu yüzden, GSBM'den hesaplanan doku parametreleri ile BTZ arasındaki ilişkilerin de incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, sunulan bu çalışmada, Batı Akdeniz bölgesinde yer alan bir ormanlık alanda, 15 m çözünürlüklü ASTER uydu verisinden çıkartılan spektral ve dokusal özelliklerle, yersel ölçmelerle tespit edilen bitki türü zenginliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Burdur-Ağlasun Orman İşletme Şefliği sınırları içinde kalan bir ormanlık alan çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Bu seçimin başlıca sebebi, Burdur-Ağlasun Sagalassos antik kenti yöresindeki orman kaynaklarının modellenmesine yönelik bir araştırmada, bitki türü zenginliği gösteren yeterli sayıda örnek alan ölçülmüş olmasıdır. Ayrıca, seçilen alan tipik Akdeniz orman ekosistemlerini temsil etmektedir. Alçak yükseltilerde kızılçam meşcereleri ve makilikler, üst rakımlara doğru karaçam, göknar ve ardıç meşcereleri bulunmaktadır. Bununla beraber, sahada hem üretim ormanlarını, hem de doğaya yakın ormanları temsil eden meşcereler mevcuttur.

2.2 Araştırma Materyali

Çalışmada, 5 Mayıs 2007 tarihinde algılanan ASTER görüntü verisi kullanılmıştır. ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısının, elektromanyetik tayfın (spektrumun) görünür bölgesinden ısıl (termal) bölgesine kadar algılama yapan 14 bandı bulunmaktadır. Yersel çözünürlüğü; görünür ve yakın kızılötesi bölgede (VNIR) 15 m, kısa dalga kızılötesi bölgede (SWIR) 30 m ve ısıl kızılötesi bölgede (TIR) 90 m.dir. Bir ASTER çerçevesi 60 x 60 km lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışmada spektral heterojenliği daha iyi temsil edeceği ve bitki örtüsüne duyarlı olan aralıklarda algılama yapması bakımından, 15 m çözünürlüklü bantlar kullanılmıştır. Kullanılan 3 bant; elektromanyetik tayfın yeşil (0,52-0,60 µm), kırmızı (0,63-0,69 µm) ve kızılötesi (0,76-0,86) µm bölgesinde algılama yapmaktadır. Uydu görüntüsünün, sayısal yükseklik modeli kullanılarak önceden geometrik düzeltilmesi yapıldığından, burada herhangi bir ön işlem uygulanmamıştır.

Uydu görüntüsüne ana bileşenler dönüşümü uygulanmış ve varyansın çoğunluğunu temsil eden Birinci Ana Bileşen (PC1) görüntüsü oluşturulmuştur. Bunun yanında, kızılötesi ve kırmızı bant kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) elde edilmiştir.

Değerlendirmede, Burdur-Ağlasun Sagalassos antik kenti yöresindeki orman kaynaklarının modellenmesi isimli proje amacıyla ölçülen 92 adet örnek alan kullanılmıştır. Büyüklüğü 20 x 20 m olan örnek alanlardaki tüm damarlı bitki türleri kaydedilmiştir. Örnek alanların coğrafi konumu Küresel Konum Belirleyici kullanılarak tespit edilmiştir.

2.3 Spektral ve Dokusal Özelliklerin Çıkarımı

Doku özellikleri, örnek alanların büyüklüğü ve çalışılan Aster uydu görüntüsünün çözünürlüğü dikkate alınarak, örnek alan merkezinin isabet ettiği piksel merkezde kalacak biçimde, 3x3 piksel ve 5x5 piksel komşuluğundaki görüntü pencereleri için hesaplanmıştır. Doku özellikleri; yatay, dikey ve iki diyagonal olmak üzere dört yön dikkate alınarak oluşturulan GSBM'ye dayalı olarak belirlenmiştir. GSBM'den çok sayıda doku özelliliği hesaplanabilmektedir. Hall-Beyer (2007) bunları üç ana başlık altında toplamaktadır. Bunlar; Zıtlık grubu (Zıtlık, Benzemezlik ve Homojenlik); Düzenlilik grubu (Açısal ikinci moment, Maksimum olasılık ve Düzensizlik); Tanımlayıcı İstatistik grubu (Ortalama, Varyans ya da Standart sapma ve Korelasyon) dur. Her GSBM grubu kendi içinde yüksek ilgileşim gösterdiğinden, araştırmalarda her gruptan en az birer özelliğin kullanılması tavsiye edilmektedir (Hall-Beyer, 2007). Bu sebeple, doku özelliklerinden; GSBM Homojenlik, GSBM Düzensizlik (Entropy), GSBM Standart sapma değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca, yine 3x3 ve 5x5 piksel büyüklüğündeki pencereler için bantlara ait ortalama parlaklık değerleri ve standart sapma incelenmiştir. İncelenen spektral ve dokusal özellikler, hesaplandığı bantlar itibariyle tablo 1'de verilmiştir. Sonuç olarak tür zenginliğini tahmin etmek için, uydu verisinden türetilen 21 adet özellik test edilmiştir.

2.4 İstatistiksel değerlendirme

Öncelikle, bitki türü zenginliği (BTZ) ve ağaç/çalı türü zenginliği (AÇTZ) ile incelen 21 adet spektral ve dokusal parametre arasındaki ilişkiler korelasyon analiziyle ortaya koyulmuştur. Değişkenler arsındaki ilişkilerin korelasyon katsayıları (Pearson korelasyon katsayısı) ve önem düzeyleri hesaplanmıştır. Tür zenginliğini tahmin için en iyi modeli

bulmak amacıyla, uydu verisinden çıkarılan tüm değişkenler kullanılarak, adımsal çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi uygulanmıştır. BTZ ve AÇTZ tahmin eden en iyi modeller tespit edilmiştir. Modellere ait standart hatalar ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Bu arada, regresyon analizinde kullanılan değişkenlere ait örneklerin normal dağılım gösterdiği varsayıldığından, örneklerin normal dağılıma uyup uymadığını Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplanan P değeri 0,05 den büyük olursa, örneklerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir (Alpar, 2006).

ÖZELLİK	AÇIKLAMA	TÜM BANTL.	BANT 1	BANT 2	BANT 3	NDVI	PC1
Ortalama parlaklık değeri	Bir pencereyi oluşturan piksellerin parlaklık değerlerinin ortalaması		*	*	*	*	
Standart sapma	Bir pencereyi oluşturan piksel değerlerinin standart sapması		*	*	*		*
Maksimum fark	Bir pencereye ait en küçük ortalama değer ile en büyük ortalama değer arasındaki farkın ortalama parlaklık değerine bölünmesiyle hesaplanır. En yüksek ve en küçük ortalama değer tüm bantlar dikkate alınarak bulunur.	*					
GSBM Homojenlik	$\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1+(i-j)^2}$		*	*	*		*
GSBM Düzensizlik	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}(-\ln P_{i,j})$		*	*	*		*
GSBM standart sapma	$\sigma = \sqrt{\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}(i,j-\mu_{i,j})}$		*	*	*		*

i satır sayısı; j sütun sayısı; $\mathbf{V_{ij}}$ Matrisin i,j hücresindeki değer; **N** satır ya da sütunların sayısı

$\mathbf{P_{ij}}$: i,j hücresindeki normalleştirilmiş değer $P_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{\sum_{i,j=0}^{N-1} V_{i,j}}$; $\mu_{i,j}$ GSBM ortalaması

Tablo 1: Aster uydu verisinden çıkartılan spektral ve doku özellikleri ve bunların hesaplandığı bantlar

3. SONUÇLAR

Korelasyon ve regresyon çözümlemelerinden önce, tüm değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Her değişken için bağımsız olarak hesaplanan K-S istatistikleri ve buna ait P değerleri, kullanılan değişkenlere ait örneklerin normal dağılım sergilediğini göstermiştir (P>0,05).

Bitki türü zenginliği ve ağaç/çalı türü zenginliği ile uydu verisinden çıkarılan özellikler arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları tablo 2'de verilmiştir. Tablodan, ortalama parlaklık değerleri ve maksimim fark dışındaki parametreler ile BTZ arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu görülmektedir. BTZ'ye ait ilişkilere ait en yüksek korelasyon katsayısı, üçüncü bandın (yakın kızılötesi) standart sapma ve GSBM Homojenlik değişkenleri kullanılarak elde edilmiştir (r=0,39, P<0.01). Burada 3x3 ve 5x5 komşuluğunda hesaplanan uydu verisi parametreleri arasında, hesaplanan r değerleri bakımından çok az bir farklılık göze çarpmaktadır.

Otsu bitkiler dışarıda tutularak, AÇTZ ile uydu verisi değişkenleri arasındaki ilişkilerde ise; en yüksek r değeri, yakın kızılötesi banttan türetilen GSBM Homojenlik değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (r=0,49, P<0.01). Üçüncü banda ait GSBM Düzensizlik (entropy) değerleri ile AÇTZ arasındaki ilişkiye ait r değeri de yüksek bulunmuştur (r=0,48, P<0.01). BTZ'nin aksine, 5x5 piksel boyutundaki görüntü penceresi için hesaplanan doku parametreleri ile AÇTZ arasında, 3x3'lük pencereye oranla, daha kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre;

a) 15 m çözünürlüklü Aster görüntüsünün orijinal bantları ve NDVI görüntülerinin ortalama parlaklık değerleri ile hem BTZ hem de AÇTZ arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır.
b) BTZ ile kıyaslandığında, AÇTZ ile doku parametreleri arasında daha kuvvetli ilişki vardır.
c) Yakın kızılötesi bant, incelenen doku özellikleri bakımından en iyi sonuçları göstermiştir.
d) Birinci Ana Bileşen Dönüşümü verisinden çıkarılan doku özellikleri, orijinal bantlara göre daha düşük r değerleri göstermiştir.
e) Hem BTZ hem de AÇTZ için, yakın kızılötesi banttan hesaplanan GSBM Homojenlik değerleri, en kullanışlı uydu parametresi olarak öne çıkmaktadır.

UYDU VERİSİ DEĞİŞKENLERİ	PEARSON KORELASON KATSAYISI (r)			
	BİTKİ TÜRÜ ZENGİNLİĞİ		AĞAÇ VE ÇALI TÜRÜ ZENGİNLİĞİ	
	3X3 PİKSEL PENCERE DÜZEYİNDE	5X5 PİKSEL PENCERE DÜZEYİNDE	3X3 PİKSEL PENCERE DÜZEYİNDE	5X5 PİKSEL PENCERE DÜZEYİNDE
Bant 1 ortalama parlaklık değeri	-0,03	0,03	0,05	0,12
Bant 2 ortalama parlaklık değeri	-0,04	-0,01	0,06	0,08
Bant 3 ortalama parlaklık değeri	0,09	0,02	0,10	0,08
NDVI ortalama parlaklık değeri	0,04	0,01	-0,06	-0,09
Maksimum fark	0,02	0,04	0,10	0,13
Bant 1 Standart sapma	0,24 *	0,25 *	0,40 **	0,35 **
Bant 2 Standart sapma	0,32 **	0,27 *	0,42 **	0,36 **
Bant 3 Standart sapma	0,39 **	0,36 **	0,42 **	0,44 **
PC1 Standart sapma	0,29 **	0,26 *	0,42 **	0,36 **
Bant 1 GSBM Homojenlik	-0,21 *	0,13	-0,31 **	0,12
Bant 2 GSBM Homojenlik	-0,13	-0,06	-0,34 **	-0,30 **
Bant 3 GSBM Homojenlik	-0,39 **	-0,31 **	-0,46 **	-0,49 **
PC1 GSBM Homojenlik	-0,16	-0,11	-0,31 **	-0,31 **
Bant 1 GSBM Düzensizlik	0,22 *	0,21 *	0,37 **	0,37 **
Bant 2 GSBM Düzensizlik	0,15	0,12	0,34 **	0,29 **
Bant 3 GSBM Düzensizlik	0,37 **	0,30 **	0,42 **	0,48 **
PC1 GSBM Düzensizlik	0,22 *	0,16	0,33 **	0,31 **
Bant 1 GSBM standart sapma	0,15	0,21*	0,35 **	0,35 **
Bant 2 GSBM standart sapma	0,21 *	0,23 *	0,38 **	0,37 **
Bant 3 GSBM standart sapma	0,30 **	0,31 **	0,39 **	0,41 **
PC1 GSBM standart sapma	0,18	-0,02	0,37 **	0,01
** 0,99 güven düzeyinde önemli * 0,95 güven düzeyinde önemli				

Tablo 2. 3x3 ve 5x5 piksel komşuluğunda hesaplanan spektral ve dokusal özelliklerle bitki türü ve ağaç/çalı türü zenginliği arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

İncelen 21 parametre bağımsız değişken, BTZ ya da AÇTZ bağlı değişken alınarak çoklu regresyon analizi yapıldığında, elde edilen modellerin r değerleri oldukça yüksek çıkabilmektedir. Ancak, burada incelenen bağımsız değişkenler arasında çoklu-bağlantı sorunu bulunmaktadır. Çok sayıda değişkene ait Varyans Şişme Değerleri (VIF) 10 nun üzerinde hesaplanmaktadır. Bu da, istatistiksel olarak modelin güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu yüzden, BTZ ve AÇTZ'ni en doğru olarak tahmin edecek modeli ortaya çıkarmak amacıyla, adımsal çoklu regresyon çözümlemesi tercih edilmiştir. Çünkü bu yöntem, aralarında çoklu-bağlantı sorunu bulunan değişkenleri modelin dışına çıkarmaktadır (Alpar, 2006). Adımsal regresyon analizi sonuçları ve modellere ilişkin katsayılar tablo 3'de verilmiştir.

BAĞLI DEĞİŞKEN	PENCERE BOYUTU	BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN-(LER)	DENKLEM	SE	R	P
BTZ	3x3 piksel	x: Bant 3 Standart sapma	BTZ = 13,985 + 2,228 x	7,642	0,39	<0,01

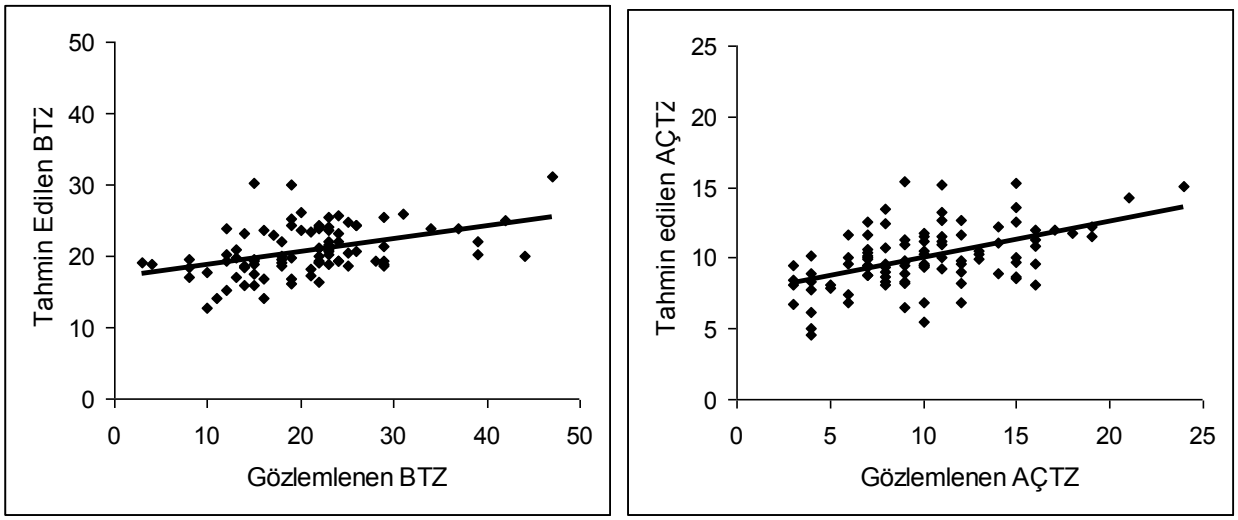
	5x5 piksel	x1: Bant 3 Standart sapma x2: Bant 3 GSBM Standart sapma	BTZ = 14,925 + 6,414 x1 – 4,726 x2	7,529	0,43	<0,05
AÇTZ	3x3 piksel	x1: Bant 3 GSBM Homojenlik x2: Bant 2 Standart sapma	AÇTZ = 13,102 - 18,928 x1 + 0,345 x2	3,731	0,50	<0,05
	5x5 piksel	x: Bant 3 GSBM Homojenlik	AÇTZ = 17,354 -29,028 x	3,792	0,49	<0,01

Tablo 3. Adımsal Regresyon Analizi sonuçları

Bitki türü zenginliğini en küçük standart hatayla tahmin eden modelin iki bağımsız değişkeni bulunmaktadır. Bunlar; kızılötesi bandın orijinal parlaklık değerlerinden hesaplanan standart sapma ile yine kızılötesi bandan oluşturulan GSBM'den hesaplanan standart sapma parametrelerdir. Bu modelin değişkenleri, 5x5 piksel komşuluğunda toplam 25 pikselin parlaklık değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen model, 0,95 güven düzeyinde anlamlı olup, hesaplanan R değeri (0,43) ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir. Modelin standart hatası (7,5) BTZ'ni tahmin için kabul edilebilir düzeyde değildir.

Ağaç/Çalı türü zenginliğini en az hatayla tahmin eden model, kızılötesi bandan hesaplanan GSBM Homojenlik ve kırmızı banttan türetilen standart sapma değişkenleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu modelin değişkenleri, 3x3 piksel komşuluğunda toplam 9 piksel dikkate alınarak hesaplanmıştır. AÇTZ ile ilgili değişkenler arasında 0,95 önem düzeyinde, yine zayıf bir ilişki mevcuttur. Kestirimin standart hatası 3,7 olup, bu değer AÇTZ'yi modellemek için yeterli değildir.

Örnek alanlara ait BTZ ve AÇTZ ile regresyon denklemleriyle tahmin edilen BTZ ve AÇTZ arasındaki ilişkiler şekil 1'de gösterilmiştir. Grafiklerde, tahmin edilen değerler ile arazide bizzat gözlemlenen değerler arasında tutarsızlık görülmektedir. Gözlemlenen BTZ ve AÇTZ daha geniş bir aralıkta yayılmaktayken, regresyon denklemiyle tahmin edilen tür zenginlikleri daha dar bir aralıktadır.



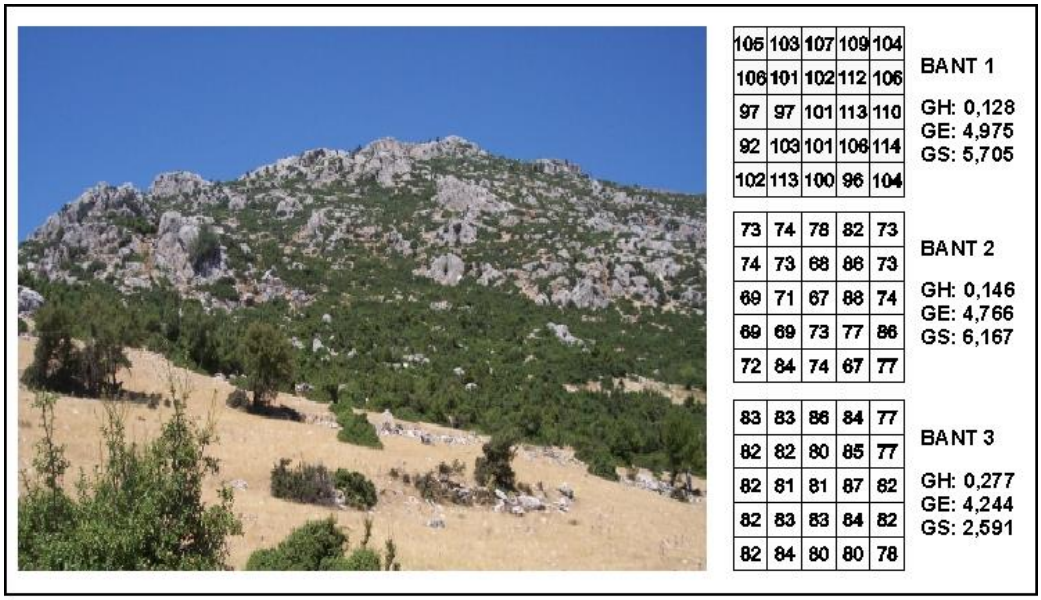
Şekil 1. Örnek alanlara ait bitki türü zenginliği (BTZ) ve Ağaç/Çalı türü zenginliği (AÇTZ) ile regresyon modelleriyle tahmin edilen BTZ ve AÇTZ arasındaki ilişkilere ait grafikler

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Spektral Değişkenlik Hipotezinin (Palmer vd., 2002) çalışılan bu yöre için de geçerli olduğunu söylemek mümkündür. Belirli bir alandaki görüntü piksellerinin parlaklık değerleri arasındaki değişkenlik ya da doku özellikleri ile tür zenginliği arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler mevcuttur. Ancak bu ilişkiler tür zenginliğini tahmin etmek (modellemek) için yeterli değildir. Elde edilen modellerde, bitki türü zenginliğindeki farklılıkların %19'u; ağaç/çalı türü zenginliğindeki farklılıkların da, ancak, % 25'i uydu verisinden türetilen parametrelerdeki değişimlerle açıklanabilmektedir.

Dokusal özellikler ile BTZ arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı, kullanılan değişkenler farklı olmakla birlikte, Rocchini (2007) tarafından yapılan çalışma ile aynı hesaplanmıştır (r=0,43). Buradan GSBM'den hesaplanan doku özelliklerinin, doğrudan parlaklık değerlerinden hesaplanan standart sapma değerlerine çok fazla üstünlük göstermediği söylenebilir. Zira, tablo 1'deki değerlerin incelenmesiyle de bu yargıya varmak mümkündür.

Kızılötesi banttan türetilen parametreler (standart sapma, GSBM Homojenlik, GSBM Düzensizlik ve GSBM standart sapma) hem BTZ hem de AÇTZ ile en kuvvetli ilişkiyi göstermişlerdir. Kızılötesi bandın bu üstünlüğü, üzerinde ağaç örtüsü bulunmayan zeminlere daha az duyarlı olmasıyla izah edilebilir. Özellikle yetişme ortamı faktörlerinin zayıf olduğu, taşlık kısmen de mineral toprağın açığa çıktığı örnek alanlarda, tür sayısı az olmasına rağmen, örnek alana karşılık gelen 3x3 ya da 5x5 piksellik penceredeki görüntünün (özellikle yeşil bantta) heterojenliği (piksellerin parlaklık değerleri arasındaki değişkenlik) yükselmektedir. Dolayısıyla bu olgu, ilişkinin kuvvetini düşürmektedir. Diğer taraftan kızılötesi bant, böyle örnek alanlarda, yeşil ve kırmızı bantlara nazaran daha tekdüze bir görüntüye sahip olduğundan, bu sorunun etkisi daha düşük kalmaktadır. Sonuç olarak, kızılötesi bantta meydana gelen heterojenliğin daha çok bitki türü çeşitliliğinden ileri geldiği söylenebilir. Şekil 2'de tür çeşitliğinin az olduğu fakat spektral heterojenin yüksek olduğu bir arazi örneği verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, örneğin GSBM Homojenlik değerleri yeşil ve kırmızı bölgede algılama yapan bantlarda bariz bir biçimde düşükken, kızılötesi bantta göreceli olarak daha yüksektir.



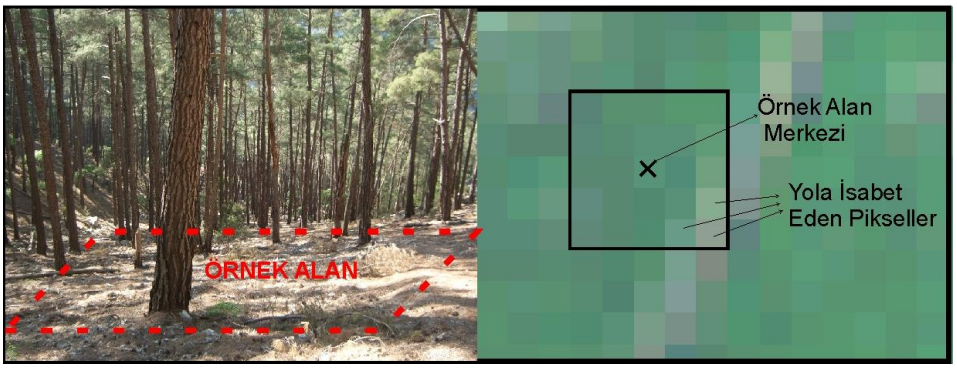
Şekil 2. Tür sayısının az olduğu kayalık bir arazi parçası. Buradan alınan bir örnek alana karşılık gelen spektral bantlara ait parlaklık değerleri ve hesaplanan doku parametreleri. (Burada, GH = GSBM Homojenlik; GE= GSBM Düzensizlik-Entropy; GS = GSBM Standart Sapma'dır)

Spektral özellikler (orijinal bantların ve NDVI'nin ortalama parlaklık değerleri) ile BTZ ya da AÇTZ arasında ise anlamlı bir ilişki çıkmamıştır. Halbuki; Levin vd. (2007) tarafından İsrail'de yapılan çalışmada, Aster uydu verisinden türetilen NDVI değerleri ile BTZ arasında kurulan ilişkinin korelasyon katsayısı (spearman korelasyon katsayısı; r_s) 0,89 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardaki bu tutarsızlığın başlıca sebebi, çalışılan bölgelerin ekolojik koşullarının farklılığı olarak gösterilebilir. Ayrıca, Levin vd., (2007) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, BTZ daha büyük örnek alanlar için (20 x 50=1000 m^2) belirlenmiştir. Bu durumda NDVI görüntüsü ile örnek alanlar daha iyi eşleştirilmiş olabilir. Daha önemlisi, İsrail'deki çalışmadaki örnek alanlarda en yüksek kapalılık derecesi %25'tir. Oysa sunulan bu çalışmanın örnek alanlarındaki kapalılık dereceleri daha geniş (%5 ile %100) bir aralıktadır. Levin vd., (2007) yaptığı çalışmada NDVI ile BTZ arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu, kurulan doğrusal modelde, NDVI değerleri

arttıkça BTZ'nin arttığını göstermektedir. Ancak çalışılan bu yörede, böyle bir ilişkinin varlığından söz etmek zordur. Çünkü NDVI değerleri özellikle tam kapalı meşcerelerde (örneğin meşe meşcerelerinde) yüksek olmasına rağmen, tür çeşitliliği böyle meşcerelerde azdır. Dolayısıyla, sıralan faktörlerden ötürü, bu çalışmada NDVI ile BTZ ya da AÇTZ arasında herhangi bir ilişki bulunamadığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada ekolojik birimler haritası hazırlamak amacıyla ölçülen, 400 m^2 büyüklüğündeki örnek alanlar kullanılmıştır. Örnek alana karşılık gelen, spektral ve dokusal özellikleri belirlemek amacıyla, örnek alanın merkezine isabet eden pikselin 3x3 ve 5x5 komşuluğundaki pikseller hesaba katılmıştır. Bu yaklaşımda görüntü penceresindeki bazı piksellerin, örnek alanın niteliğini yansıtmaması sorunuyla karşılaşılmaktadır. Buna örnek olarak, yola yakın tam kapalı bir kızılçam meşçeresinden örnek alan olarak alınması verilebilir. Böyle bir örnek alanda tür sayısı normalde azdır ve bu durumda o örnek alana karşılık gelen görüntü penceresinden hesaplanan dokusal özelliklerden; GSBM homojenliğin yüksek, GSBM düzensizliğin ve GSBM standart sapmanın da düşük olması beklenir. Ancak, her ne kadar merkez piksel kızılçam meşçeresine isabet etse de, görüntü penceresindeki bazı pikseller yola isabet edebilir (Şekil 3). Yola isabet eden piksellerin parlaklık değerleri farklı olduğundan, bu durum, doku özelliklerinin yanlış hesaplanmasına yol açmaktadır.

Tüm olumsuzluklara rağmen bu ön çalışmanın sonuçları ümit vericidir. İleride yapılacak çalışmalarda, incelenecek görüntü alanını (seçilecek pencere boyutunu) en iyi nitelendirecek örnekleme deseni ortaya koyularak, bitki türü zenginliği belirlenmelidir. Muhtemelen, etkili bir örneklemeyle BTZ'ni güvenilir olarak haritalamaya imkan sağlayacak regresyon modelinin elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu yeni çalışmalarda farklı çözünürlükteki uydu verileri de test edilmelidir.



Şekil 3. Tür sayısının düşük olduğu bir kızılçam meşceresinden alınan bir örnek alan (yola yakın) ve buna karşılık gelen görüntü penceresindeki yola isabet eden pikseller.

KAYNAKLAR

AKÇA, A. (2000), *Forest Inventory,* Institute of Forest Management and Yield Sciences, University of Göttingen, Germany.

ALPAR, R., (2006), "Spor Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik", 3. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

BAŞKENT, E.Z. (1999), "Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik çeşitlilik", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol.23, (355-363).

BAŞKENT, E.Z., KÖSE, S., TERZİOĞLU, S., BAŞKAYA, Ş., ALTUN, L. (2005a), "Biyolojik çeşitliliğin orman Amenajman planlarıyla bütünleştirilmesi,: GEF projesi yansımaları-I (Tasarım)", *Orman Mühendisliği Dergisi*, Yıl 42, 4-5-6, 31-37.

BAŞKENT, E.Z., KÖSE, S., TERZİOĞLU, S., BAŞKAYA, Ş., ALTUN, L., YOLASIĞMAZ, H.A., SÖNMEZ, T. (2005b), Biyolojik Çeşitliliğin Korunması ve Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması, *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, (553-560).

BAWA, K.; ROSE, J.; GANESHAIAH, K.N.; BARVE, N.; KIRAN, M.C., UMASHAANKER, R. (2002), "Assessing Biodiversity from Space: an Example from the Western Ghats, India", *Conservation Ecology*, Vol.6, article number 7.

ÇAKIR, G., BAŞKAYA, Ş., SİVRİKAYA, F., YOLASIĞMAZ, H.A., BAŞKENT, EZ., TERZİOĞLU S., KELEŞ, S. (2005), "Biyoçeşitlilik ve Çok Amaçlı Planlama (İğneada-Bulanıkdere Uygulama Örneği)", *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, (521-532).

FOODY, G. M.; CUTLER, M. E. J. (2006), **"**Mapping the species richness and composition of tropical forests from remotely sensed data with neural networks", *Ecological Modelling*, Vol.195, (37−42).

GASTON, K. J. (2000), "Global patterns in biodiversity", *Nature*, Vol.405, (220−227).

GOULD W. (2000), "Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots", *Ecological Applications*, Vol.10, (1861-1870).

HALL-BEYER, M. (2007) "GLCM tutorial home page", http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm (28.09.2008).

IŞIK, K., KURT, Y. (2005), "Habitat fragmentasyonu ve biyolojik çeşitliliğe etkileri", *Orman Mühendisleri Odası, "Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acilen Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu*, (22-24).

KOHL, M. (1993), "Forest inventory", (Editör: PANCEL, L.), *Tropical Forestry Handbook*, (243–332), Springer Verlag Heidelberg, Germany.

LEVIN, N.; SHMIDA, A.; LEVANONI, O.; TAMARI, H.; KARK, S. (2007), "Predicting mountain plant richness and rarity from space using satellite-derived vegetation indices", *Diversity and Distributions*, Vol.13, (692-703).

NORTON, DA., (1998). "Indigenous Biodiversity Conservation and Plantation Forestry: Options for the future", *New Zealand Journal of Forestry*, (34-39).

OINDO, B. O.; SKIDMORE, A. K. (2002), "Interannual variability of NDVI and species richness in Kenya", *International Journal of Remote Sensing*, Vol.23, (285−298).

ÖZDEMİR, İ., NORTON, D.A., ÖZKAN, U.Y., MERT, A., ŞENTÜRK, Ö. (2008), "Estimation of Tree Size Diversity Using Object Oriented Texture Analysis and Aster Imagery, *Sensors*, Vol.8, (4709-4724).

PALMER, M. W.; EARLS, P.; HOAGLAND, B. W.; WHITE, P. S.; WOHLGEMUTH, T. (2002), "Quantitative tools for perfecting species lists", *Environmetrics*, Vol.13, (121−137).

SHIVER, B.D., BORDERS, B.E. (1996), *Sampling Techniques for Forest Resource Inventory*, John Wiley and Sons, New York, USA.

ST-LOUIS, V., PIDGEON, A.M., RADELOFF, V.C., HAWBAKER, T.J., CLAYTON, M.K. (2006), "High-resolution image texture as a predictor of bird species richness", *Remote Sensing of Environment*, Vol.105, (299-312).