



Tokat İli Bitki Yoğunluk Sınıflarının LANDSAT-7 ETM+ Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Araştırılması

Hakan Mete DOĞAN* Orhan Mete KILIÇ Doğaç Sencer YILMAZ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

*: e-mail: hmdogan@hotmail.com

Alındığı tarih (Received): 12.11.2013

Kabul tarihi (Accepted): 02.01.2014

Online Baskı tarihi (Printed Online): 08.01.2014

Yazılı baskı tarihi (Printed): 21.03.2014

Özet: Uzaktan algılama teknolojilerinde bitki örtüsü için geliştirilen indeksler önemli bir yer tutmakta ve sıkça kullanılmaktadır. Bunlardan biri de vejetasyon için geliştirilen ve dünyada kabul gören Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'dir (NDVI). Bu çalışmada Tokat ili bitki yoğunluğunun 2000 yılındaki dağılımı LANDSAT-7 ETM+ görüntüleri ve NDVI kullanılarak haritalanmıştır. Elde edilen NDVI haritası bitki sosyolojisinde kullanılan Braun Blanquet örtüş bolluğu sınıfları (BB) ve coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılarak çok zayıf, zayıf, orta ve yoğun olarak ilk kez sınıflandırılmıştır. NDVI sınıflandırılmasının doğruluk analizi çalışma alanının genelinde 103 noktadan toplanan yersel veriler kullanılarak yapılmıştır. Doğruluk değerlendirmesi NDVI sınıflarına ait genel doğruluğun % 86.45 olduğunu göstermiştir. Bu sınıflandırmaya göre Tokat ilinin büyük bir kısmı orta (% 47.56) bitki yoğunluğu sınıfına girmiştir. Bunu sırasıyla yoğun (% 40.36), zayıf (% 7.57) ve çok zayıf (% 4.14) bitki yoğunluğu sınıfları izlemiştir. Geriye kalan alanlar su yüzeyi (% 0.37) olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar bitki biyolojik çeşitliliği ve tarımsal faaliyetler yönünden Tokat ilinin yüksek potansiyelini somut bir şekilde ortaya koymuştur. BB değerlendirmelerinin de NDVI değerlerinin sınıflandırılmasında güvenilir olarak kullanılabilceği bulunmuştur. Böylece bitki örtüsünün gelecekteki değişiminin izlenmesi için de sağlam bir referans oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri; LANDSAT-7 ETM+; NDVI; uzaktan algılama; uzaysal analiz; vejetasyon

Researching plant density classes of Tokat province by LANDSAT-7 ETM+ satellite images and geographic information systems

Abstract: Indices developed for vegetation hold important place in remote sensing technology and they are commonly used. One of them is Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) which is developed for vegetation and accepted in worldwide. In this study, spatial distribution of plant density of Tokat province in 2000 was mapped by using LANDSAT-7 ETM+ images and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Obtained NDVI map was classified as very weak, weak, moderate and intensive plant density classes for the first time by utilizing Braun Blanquet cover abundance classes (BB) and geographic information systems (GIS). The accuracy assessment of the created classes was performed by utilizing ground truth data collected from 103 points throughout the study area. The overall accuracy of NDVI (plant density) classes was found as 86.45 %. The results of the study indicated that the majority of the Tokat province takes place in the moderate class (47.56 %). This was followed by intense (40.36 %), low (7.57 %) and very weak (4.14 %) plant density classes. The remaining areas were evaluated as water surface (0.37 %). The results concretely demonstrated the high potential of Tokat province in terms of plant biological diversity and agriculture. BB assessments were also found to be usable to classify the NDVI values in a reliable way. Thus, a robust background reference was also formed to monitor vegetation cover change in the future.

Keywords: Geographic information systems, LANDSAT-7 ETM+; NDVI, remote sensing; spatial analysis; vegetation

1. Giriş

Yeryüzü objeleri içinde uzaktan algılama yöntemiyle en kolay ve sağlıklı olarak tanımlanıp, incelenmesi mümkün olanı bitki örtüsüdür. Genel olarak bitkiler, görünür ışın bölgesi denilen 400–700 µm dalga boyundaki ışınları absorbe ederler (Duran 2007). Görülebilir spektrum içerisinde bitkiler tarafından en çok kullanılan dalga boyları menekşe-mavi (400– 490µm) ve turuncu-kırmızıdır (626-750µm) (Akman ve ark. 2004). Kızılötesi ışınlar (>750µm) sıcak ışınlardır. Kızılötesi ışınlar önemli kimyasal reaksiyonları harekete geçirecek kadar kuvvetli değillerdir ancak bitkilerin çimlenmesinde ve gövdenin büyümesinde etkili oldukları bilinmektedir (Akman ve ark. 2004). Bu nedenle kızılötesi ışınlar bitkiler tarafından çok düşük oranda absorbe edilirler ve çok büyük bir bölümü yansıtılırlar. NDVI indeksi bitkilerin yakın kızılötesi dalga boyundaki enerji biçimi için verdiği yüksek yansıma ve görünür bölgedeki kırmızı dalga boyundaki enerji için verdiği yüksek absorpsiyon özelliğinden yararlanılarak geliştirilmiştir. NDVI bitkilerle ilgili çalışmalarda en basit fakat en fazla kullanılan indekslerden biridir (Bonneau ve ark. 1999; Edwards ve ark. 1999; Doğan ve ark. 2009). NDVI yakın kızılötesi ve kırmızı spektral bantları arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren oran bazlı bir indekstir ve aşağıdaki eşitliğe göre (1) hesaplanmaktadır (Bonneau ve ark. 1999; Edwards ve ark. 1999; ERDAS 2003; USGS 2006). Bu eşitlikte B3 ve B4 sırasıyla LANDSAT-7 ETM+ uydusunun üçüncü (görünür kırmızı) ve dördüncü (yakın kızılötesi) bantlarını ifade etmektedir.

$$NDVI = \frac{(B4 - B3)}{(B4 + B3)} \quad (1)$$

Orijinal NDVI -1 ile +1 değerleri arasında değişen tek bantlı bir veri üretir ve yüksek değerler daha fazla ya da daha sağlıklı vejetasyona işaret eder (Bonneau ve ark. 1999; Edwards ve ark. 1999). NDVI değerleri ERDAS Imagine (versiyon 9.2) uzaktan algılama yazılımında 0 ile 256 değerleri arasında değişen işaretli 8 bayt (2⁸) görüntüye esnetilebilir (ERDAS 2003). Esnetilmiş görüntüde 256`ya yakın değerler yeşil yaprakların mümkün olan en yüksek yoğunluğuna, 0`a yakın değerler ise yeşil yaprakların mümkün olan en düşük yoğunluğuna veya çıplak alanlara işaret eder.

Türkiye, ekolojik özellikleri itibarıyla önemli bir bitkisel potansiyele sahiptir. Tarımsal kaynakların korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı ile ilgili bu potansiyelden maksimum faydanın sağlanması ancak bu kaynakların doğru, etkin ve planlı bir şekilde kullanılmasıyla mümkündür. Doğru ve etkili bir planlama yapabilmek için ise doğru ve güncel uzaysal verilerin hızlı bir şekilde üretilmesi ve karar vericilerin hizmetine sunulması gerekmektedir. Tokat ili tarımsal aktiviteler ve biyolojik çeşitlilik yönünden önem arz eden bir bölgede yer almaktadır. Bitki örtüsüne ait güncel uzaysal veriler sahada çalışan her kesim için büyük önem arz etmektedir.

Bölgenin bu önemine dayanarak, arazi varlığının değerlendirilmesi (Susam ve Oğuz 2006) ve hassas tarım uygulamaları (Emekli ve Topakçı, 2009) konularında geçmişte bazı çalışmalar yürütülmüştür. CBS ve uzaktan algılama (UA) teknolojilerinin kullanılmasıyla; Tokat ili topraklarında demir oksit ve demirli minerallerin dağılımı (Dogan 2008), Kelkit Havzası`nda karma mineral dağılımı (Dogan, 2009), Orta Kelkit Havzası`nın bazı toprak özelliklerinin haritalanması (Dogan ve Kılıç 2013; Dogan et al. 2013), gibi önemli çalışmalar da tamamlanmıştır. Ancak bölgede bitki örtüsü veri tabanlarına olan ihtiyaç devam etmektedir. Bu nedenle, bitki örtüsüne ait uzaysal veriler sahada çalışan her kesim için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada Tokat ili NDVI değerlerinin LANDSAT-7 ETM+ görüntüleri kullanılarak uzaysal olarak belirlenmesi, elde edilen NDVI haritasının bitki sosyolojisinde kullanılan BB ve CBS kullanılarak sınıflandırılması, sınıflandırılmış haritanın doğruluk analizinin yapılması, farklı NDVI sınıflarının kapladıkları alanların bulunması ve elde edilen haritaların yorumlanması hedeflenmiştir.

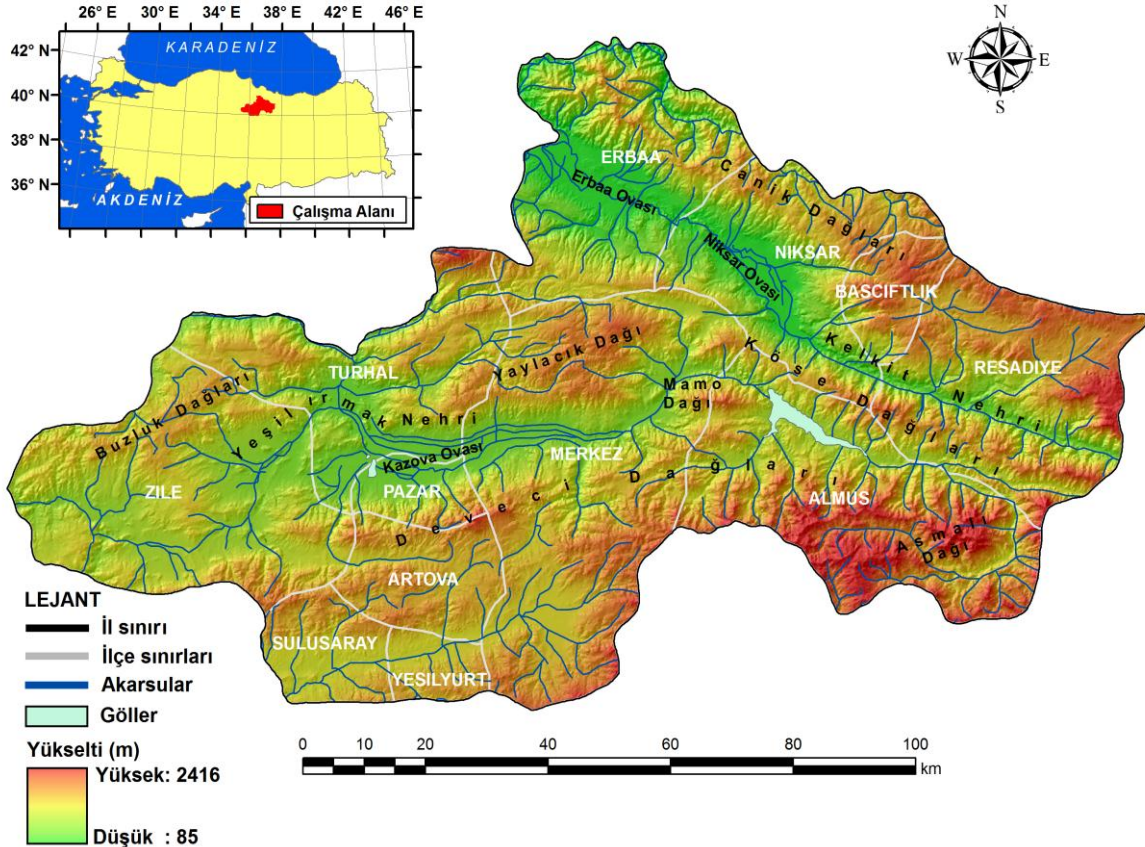
2. Materyal ve Metod

Tokat ili Türkiye`nin Orta Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinin kesiştiği bir alanda yer almaktadır. Toplam 9958 km²lik alanı kaplayan ilin genel topografyası dağlık özelliktedir ve yükselti 85 ile 2416 m arasında değişmektedir (Şekil 1). Kazova, Niksar ve Erbaa ovalarının bulunduğu il sınırları içinde başta gelen arazi işaretleri iç kısımlardaki Yaylacık (1622 m) ve Mamo (1792 m) dağları, kuzeydeki Canik Dağları (1646 m), doğudaki Köse Dağları ve Asmalı (2416 m) dağı, güneydeki Deveci Dağları, batıdaki Buzluk Dağları`dır (Şekil 1). Tokat ilinin

ana akarsuları Yeşilirmak ve Kelkit'tir. Bölgede soğuk kışların görüldüğü Yarı-Kurak Üst Akdeniz biyo-iklim özellikleri hakimdir (Akman 1999). Bu nedenle Tokat ekolojik olarak farklı bitki tür ve yoğunluklarını barındırmaktadır.

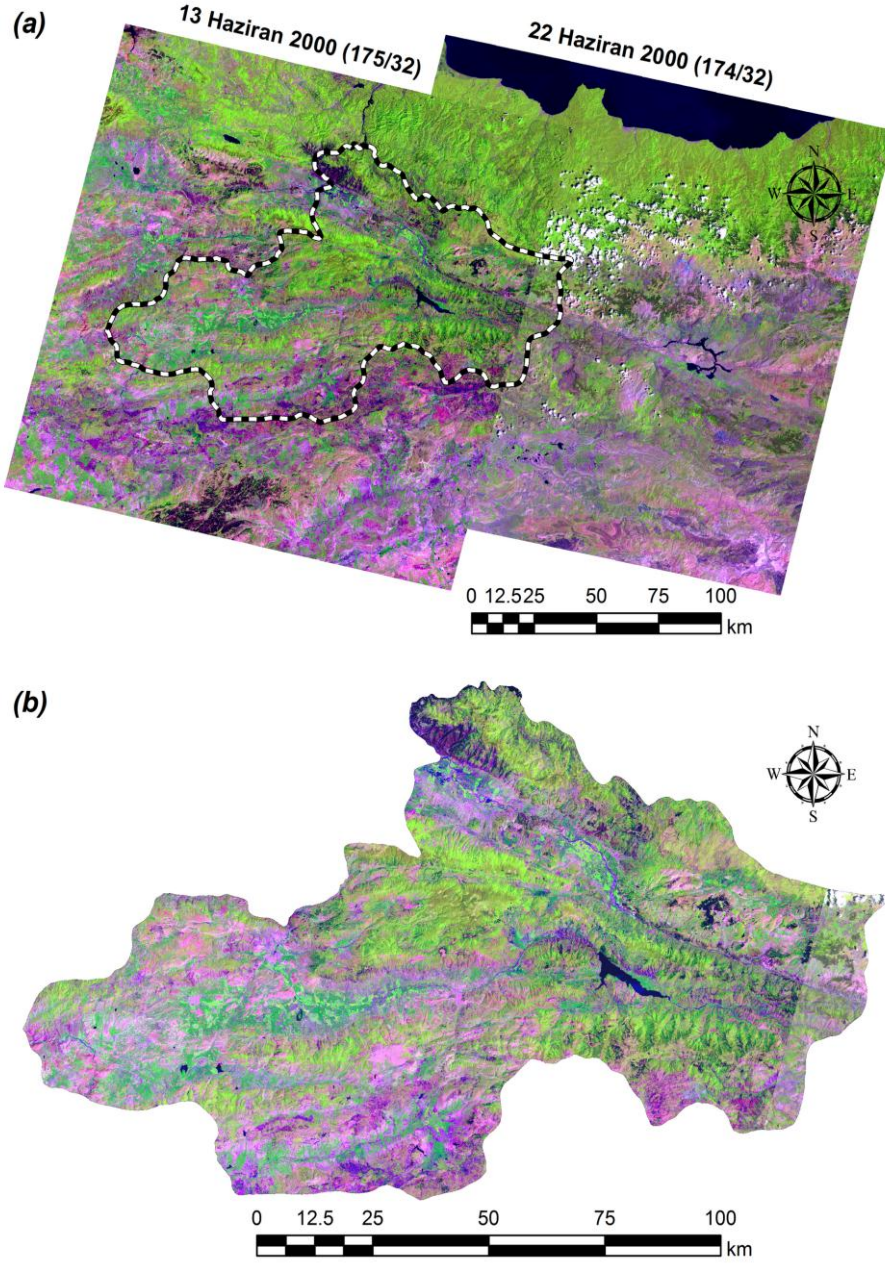
Bu çalışmada Tokat ilinin NDVI haritasını oluşturmak için 22 Haziran 2000 (path/row: 174/32) ve 13 Haziran 2000 (path/row: 175/32) tarihlerinde çekilmiş 2 adet LANDSAT-7 ETM+ uydü görüntüsünden yararlanılmıştır (Şekil 2). Çalışma alanı olan Tokat, il sınırları itibariyle iki görüntüye karşılık gelmesinden dolayı iki görüntünün mozaik işlemi ERDAS Imagine (ERDAS 2003) uzaktan algılama yazılımında yapılmış ve böylece iki görüntü birleştirilmiştir (Şekil 2). Birleştirilen görüntü çalışma alanının sınır haritasından (shp dosyası) oluşturulan bir ilgi alanı haritası (AOI) yardımıyla kesilerek (subset edilerek) çalışma alanının dışında kalan kısımlar görüntüden çıkarılmıştır (Şekil 2). Çalışma alanına ait birleştirilen ve kesilen (subset edilen) LANDSAT-7 ETM+ görüntüsü ERDAS Imagine

uzaktan algılama yazılımında görüntü yorumcusu (image interpreter), spektral destekleme (spectral enhancement), indeksler (indices) ve NDVI fonksiyonları kullanılarak tek bantlı bir NDVI görüntü (image) haritasına dönüştürülmüştür. NDVI görüntü haritası oluşturulurken algılayıcı (sensor) seçeneğinden LANDSAT-7 ETM+ ve işaretli (signed) 8 bayta esnet seçeneği kullanılmış ve böylece üretilen NDVI haritasının 0 ile 256 değerleri arasında değişen değerlere göre oluşması sağlanmıştır. Oluşturulan NDVI görüntü haritası ARC/GIS 9.1 CBS yazılımında (ESRI 2004) eşit aralıklı 4 sınıf seçeneği kullanılarak sınıflandırılmış ve BB (Braun – Blanquet 1964) kullanılarak isimlendirilmiştir (Çizelge 1). Her bir sınıfın il sınırları içinde kapladığı alan yine ARC/GIS 9.1 yazılımında belirlenmiştir. Geliştirilen NDVI sınıfları haritasının doğruluk değerlendirmesi araziden rast gele toplanan 103 kontrol noktasına ait referans verileri kullanılarak ERDAS Imagine yazılımında yapılmıştır.



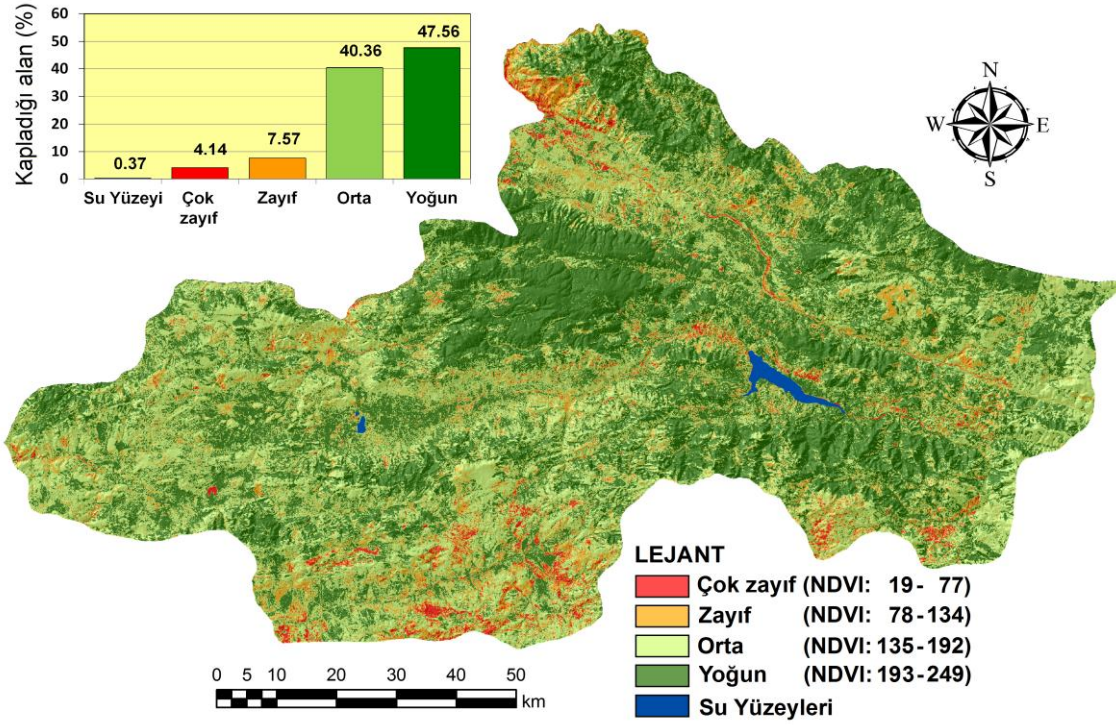
Şekil 1. Tokat İlının coğrafik konumu ve topografik özellikleri

Figure 1. The geographic location and topographic features of Tokat province



Şekil 2. LANDSAT-7 ETM+ mozaik görüntüsü ve ilgi alanı (AOI) haritası (a) ve kesilmiş (subset edilmiş) çalışma alanı görüntüsü (b)

Figure 2. Mosaic LANDSAT-ETM+ image and AOI layer of the study area (a) and subset image (b)



Şekil 3. Sınıflandırılmış NDVI haritası
Figure 3. Classified NDVI map

3. Sonuçlar ve Tartışma

Oluşturulan NDVI değerleri 19 ile 249 arasında değişen değerler almıştır (Şekil 3). Bu değerlerin vejetasyon özelliklerine göre sınıflandırılmaları ise Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu sınıflara giren alanların Tokat ili sınırları içinde kapladıkları alanlar % olarak Şekil 3'de verilmiştir. Buna göre Tokat ilinin % 47.56'sı yoğun sınıfa girmektedir. Bunu sırasıyla orta (% 40.36), zayıf (% 7.57) ve çok zayıf (% 4.14) sınıfları izlemektedir. Geri kalan % 0.37'lik alan ise su yüzeyi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 2'de verilen doğruluk değerlendirmesi sonuçları elde edilen NDVI sınıflarının genel doğruluğunun 0.82 Kappa (K) katsayısı ile % 86.45 olduğunu göstermiştir.

NDVI ve çeşitli bitki değişkenleri arasındaki ilişkiler 1980'lerin başından bu yana bildirilmektedir. Bu değişkenler; yaprak alanı indeksi (Kumar ve Monteith 1981; Davi ve ark. 2006), çayır biyokütlesi (Schino ve ark. 2003), yaprak yoğunluğu (Franklin ve ark. 2006), otsu biyokütle (Wessels ve ark. 2006) ve bitki biyolojik çeşitliliği (Dogan ve Dogan 2006) olarak özetlenebilir. Bundan başka NDVI'nin yüzde örtüş, biyokütle ve yaprak alanı indeksi gibi vejetasyon parametreleri ile güçlü korelasyon

gösterdiği bildirilmiştir (Tucker ve ark. 1985, Wylie ve ark. 1991). Önceki çalışmalarla kıyaslandığında, bu çalışmamızda NDVI değerleri ilk kez bitki sosyolojisinde sıkça kullanılan BB kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu şekildeki bir ifade tarzı % 86.41 doğrulukla gerçekleşmiştir. Böylece NDVI sınıf aralıklarının bitki sosyolojisi açısından ne anlama gelebileceği açık bir şekilde ifade edilmiştir. Bu bulgular özellikle Tucker ve ark. (1985) ve Wylie ve ark. (1991) tarafından yapılan çalışmalarla paralellik göstermiştir ve gelecekteki haritalama çalışmalarına katkıda bulunabilecek niteliktedir.

4. Sonuç

Bitki gen kaynaklarının gittikçe önem kazandığı bir dünyada, bitki yoğunluğunun coğrafik dağılımını gösteren güncel haritalar, korunması muhtemel habitatların belirlenmesi ve bunların koruma statülerinin değerlendirilebilmesi ve için önemli ve gereklidir. Bitki yoğunluklarının zaman içindeki değişimlerinin somut bir biçimde ortaya konulması izleme (monitoring) çalışmaları için de önem taşımakta ve böylece küresel ısınmanın bitkiler üzerine olan etkileri hakkında daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Çizelge 1. BB (Braun – Blanquet 1964) ve NDVI sınıflarına uyarlanması.**Table 1.** Adapting BB classes (Braun – Blanquet 1964) to NDVI classes

BB (%)	BB	NDVI Sınıfları	NDVI Sınıf İsimleri	NDVI Değerleri
5<; az sayıda birey	1	1	Çok zayıf	19-77
5<; çok sayıda birey	1	1	Çok zayıf	19-77
5-25	2	1	Çok zayıf	19-77
25-50	3	2	Zayıf	78-134
50-75	4	3	Orta	135-192
75-100	5	4	Yoğun	193-249

NOT: Çok zayıf: Yüzeyin %25'inden daha azı bitki örtüsü ile kaplanmış, Zayıf: Yüzeyin %25-50'si bitki örtüsü ile kaplanmış, Orta: Yüzeyin %50-75'i bitki örtüsü ile kaplanmış, Yoğun: Yüzeyin %75'inden daha fazlası bitki örtüsü ile kaplanmış

Çizelge 2. Oluşturulan NDVI Sınıflarının Doğruluk Değerlendirmesi**Table 2.** Accuracy assessment of determined NDVI classes

Sınıf İsmi	Referans Toplamı	Sınıf Toplamı	Doğru Sayısı	Yapımcılar Doğruluğu %	Kullanıcılar Doğruluğu %	Kappa (K) İstatistik
Sınıfsız	0	0	0	-	-	0.00
Çok zayıf	21	24	20	95.24	83.33	0.79
Zayıf	26	24	20	76.92	83.33	0.78
Orta	29	26	23	79.31	88.46	0.84
Yoğun	27	29	26	96.30	89.66	0.86
Toplam	103	103	89			

Genel sınıflandırma doğruluğu = % 86.41

Genel Kappa İstatistik = 0.82

Türkiye'de bu konudaki ihtiyaçlar yakın zamana kadar süregelmiştir. Tokat ilinde şehircilik, sanayi, tarım ve Hidro Elektrik Santralleri (HES) inşaat faaliyetleri 2000 yılından sonra hız kazanmaya başlamıştır. İl genelinde arazi örtüsü ve arazi kullanımı hızlı bir değişmektedir. Bu nedenle, il sınırları içindeki değişimlerin izlenmesi için 2000 yılı önemli bir eşik noktası oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmayla Tokat ili için bu eksiklik giderilmiş ve 2000 yılındaki bitki örtüsü ortaya konulmuştur. Bu veriler gelecekte yapılacak olan izleme (monitoring) çalışmaları için son derece önemlidir. Bundan başka bitki sosyolojisinde kullanılan BB'dan yararlanılarak NDVI değerleri çok zayıf, zayıf, orta ve yoğun olarak ilk kez sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma % 86.45 genel doğruluğa sahip olup güvenilir bulunmuştur. Çalışma sonuçları Tokat ilinin büyük bir kısmının orta (% 47.56) bitki yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Bunu sırasıyla yoğun (% 40.36), zayıf (% 7.57) ve çok

zayıf (% 4.14) bitki yoğunluğu sınıfları izlemiştir. Bu değerler bitki gen kaynakları ve tarımsal faaliyetler yönünden Tokat ilinin yüksek potansiyelini somut bir şekilde ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada yalnızca güvenilir bir bitki yoğunluk haritası değil, aynı zamanda gelecekteki izleme çalışmaları için temel olabilecek güvenilir bir uzaysal veritabanı üretilmiş ve kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.

Kaynaklar

- Akman Y (1999). İklim ve Biyoiklim: Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Akman Y, Ketenoğlu O, Kurt L, Güney K, Tuğ GM (2004). Bitki Ekolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Bonneau LR, Shields KS, Civco DL (1999). Using satellite images to classify and analyze the health of hemlock forests infested by the hemlock woolly adelgid. *Biological Invasions* 1: 255-267.
- Braun-Blanquet J (1964). *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*, 3rd Edn. Springer-Verlag, Berlin-Wien-New York [in German].
- Davi H, Soudani K, Deckx T, Dufrene E, Le Dantec V, François C (2006). Estimation of forest leaf area index from SPOT imagery using NDVI

- distribution over forest stands. *International Journal of Remote Sensing*, 27: 885–902.
- Dogan HM, Dogan M (2006). A new approach to diversity indices – modeling and mapping plant biodiversity of Nallihan (A3-Ankara) forest ecosystem in frame of geographic information systems. *Biodiversity and Conservation*, 15: 855–878.
- Dogan HM (2008). Applications of remote sensing and geographic information systems to assess ferrous minerals and iron oxide of Tokat province in Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 29(1): 221-233.
- Dogan HM, Celep F, Karaer F (2009). Evaluation of NDVI in plant community composition mapping: a case study for Tersakan Valley of Amasya county in Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 30(14): 3769 – 3798.
- Dogan HM (2009). Mineral composite assessment of Kelkit River Basin by means of remote sensing. *Journal of Earth System Science*, 118(6): 701-710.
- Dogan HM, Kılıç OM and Yılmaz DS (2013) Preparing and analyzing the thematic map layers of great soil groups, erosion classes and land capability classes of Tokat Province by GIS. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 30(2): 18-29.
- Dogan HM and Kılıç OM (2013). Modeling and mapping some soil surface properties of Central Kelkit Basin in Turkey by using LANDSAT-7 ETM+ images. *International Journal of Remote Sensing*, 34(15): 5623-5640.
- Duran C (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi. *DOA Dergisi*, 13: 45-67.
- Edwards MC, Wellens J, Al-Eisawi D (1999). Monitoring the grazing resources of the Badia region, Jordan, using remote sensing. *Applied Geography*, 19: 385–398.
- Emekli NY, Topakçı M (2009). Precision agriculture technologies using in irrigation. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 26(2), 9-17.
- ERDAS (2003). *Erdas Field Guide*, 7th Edn. Leica Geosystems, GIS and Mapping LLC: Atlanta, Georgia.
- ESRI (2004). *ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS*. Environmental Systems Research Institute Press: Redlands California.
- Franklin KA, Lyons K, Nagler PL, Derrick L, Glenn EP, Molinafreaner F, Markow T, Huete AR (2006). Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation*, 127: 62–71.
- Kumar M, Monteith JL (1981). Remote sensing of crop growth. In H Smith (Ed.), *Plants and the Daylight Spectrum*, Academic Press London, pp. 134–144.
- Schino G, Borfecchia F, De Cecco L, Dibari C, Iannetta M, Martini S, Pedrotti F (2003). Satellite estimate of grass biomass in a mountainous range in central Italy. *Agroforestry Systems*, 59: 157–162.
- Susam T and Oğuz İ (2006). Determination of slope and aspect specifications of Tokat city and interpretation on agricultural scopes. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 23(1): 67-74.
- Tucker CJ, Vanpraet CL, Sharman MJ, Van Ittersum G (1985). Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980–1984. *Remote Sensing of Environment*, 17: 233–249.
- USGS (2006). *LANDSAT Project*. Available: <http://landsat7.usgs.gov/index.php>
- Wessels KJ, Prince SD, Zambatis N, Macfadyen S, Frost PE, Van Zyl D (2006). Relationship between herbaceous biomass and 1-km² Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) NDVI in Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 27: 951–973.
- Wylie BK, Harrington JA, Prince SD, Denda I (1991). Satellite and groundbased pasture production assessment in Niger 1986–1988. *International Journal of Remote Sensing*, 12: 1281–1300.