

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN İKLİM BİLİMİNDE KULLANIM OLANAKLARI

E. Sertel¹, C. Örmeci²

¹İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı Maslak İstanbul, sertele@itu.edu.tr

²İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh.Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı Maslak İstanbul, cankut@itu.edu.tr

ÖZET

İklim sistemi; atmosfer, hidrosfer, buz küre, arazi yüzeyi ve biyosfer olmak üzere beş ana bileşenden oluşur. Uzaktan algılama verileri kullanılarak bu bileşenler ile ilgili bilgiler üretilebilir. Bu çalışmada, arazi örtüsü/kullanımı, bitki örtüsü, yüzey sıcaklıkları ve deniz yüzeyi sıcaklıkları bilgisi üretmede kullanılabilecek uydu görüntüleri hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, iklim, arazi yüzey parametreleri, yüzey sıcaklıkları, deniz yüzeyi sıcaklıkları

ABSTRACT

THE UTILIZATION OF REMOTELY SENSED DATA FOR CLIMATE SCIENCE

Climate system includes five different components namely atmosphere, hydrosphere, cryosphere, land surface and biosphere. Information about these components can be created using remotely sensed data. In this study, satellite images that can be used to derive information about land cover/use, vegetation, skin temperatures and sea surface temperatures were presented.

Keywords: Remote sensing, climate, land surface parameters, skin temperatures, sea surface temperatures

1. GİRİŞ

Araştırma ve uygulama çalışmalarını gerçekleştirmek amacıyla farklı bir çok disiplin tarafından uzaktan algılama ve uydu teknolojileri kullanılmaktadır. Farklı algılayıcı sistemlerinden temin edilmiş olan çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak, çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, deniz ve kıyı kirliliği çalışmaları, hava durumu tahminleri, küresel ve bölgesel arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi ve iklim modelleme gibi bir çok uygulama gerçekleştirilebilmektedir (Sertel v.d, 2008; Sertel, 2008; Pitman, 2003; Sellers v.d., 1996; Skole ve Tucker, 1993)

Uzaktan algılanmış veriler kullanılarak yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler üretilebilmekte, büyük ve erişilmesi zor olan alanların çalışılması mümkün olmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinin çözünürlüklerinin gelişmesi ve verilerin kısa zamanda elde edilip işlenebilmesi nedeniyle uydu görüntüleri bir çok disiplin tarafından kullanılmaktadır. Ayrıca, uydu sistemleri ile gerek geçmişin gerekse mevcut durumun analizine yönelik olarak çok zamanlı veri elde edebilme imkanı sağlanmıştır (Sertel, 2008; Saroğlu, 2004).

Dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli problemlerden biri küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişimidir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının, taşkınların ve sellerin daha sık oluşması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar, tarım zararlıları gibi insan yaşamını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek önemli sonuçlarının olacağı öngörülmektedir (Sertel ve Örmeci, 2009; Sertel, 2008; IPCC, 2001).

İklim nedeniyle meydana gelebilecek değişimler ve problemler düşünüldüğünde iklim bilimi ve iklim modelleme önem kazanmaktadır. İklim modelleri kullanılarak, iklim sistemi bileşenleri ve bu bileşenlerin birbiriyle olan etkileşimleri fiziksel yasalara dayanarak simule edilmektedir. Uzaktan algılama verileri kullanılarak atmosfer, hidrosfer, biyosfer, buz küre ve yeryüzeyi hakkında farklı ölçeklerde ve farklı doğruluklarda veri ve bilgiler üretilebilir. Uzaktan algılama verileri doğrudan iklim modelleri içerisinde girdi olarak kullanılabileceği gibi, model sonuçlarının yorumlanması ve doğrulanmasında da kullanılabilirler (Sertel ve Örmeci, 2009; Sertel, 2008; IPCC, 2001).

Bu çalışmada uzaktan algılama verilerinin iklim biliminde kullanılabilecek olanakları araştırılmış, farklı uydu sistemlerinden temin edilen görüntülerden üretilebilecek iklim değişkenleri hakkında bilgi sunularak özellikle arazi örtüsü/kullanımı, bitki örtüsü, yüzey sıcaklıkları ve deniz yüzeyi sıcaklıklarına değinilmiştir.

2. İKLİM VE İKLİM SİSTEMİ

Belirli bir bölgedeki, belirli zaman aralığındaki ortalama hava koşullarının aritmetik ortalama ve bu ortalamanın değişkenliği ile ifade edilmesine “iklim” denir. Klasik klimatoloji, dünyada bulunan farklı iklim rejimlerinin tanımını ve sınıflandırmasını sağlar. İklim, enlem, denize olan uzaklık, bitki örtüsü, dağların veya diğer coğrafi faktörlerin var olup olmamasına bağlı olarak, konumdan konuma değişir. İklim ayrıca zamana bağlı olarakta mevsimden mevsime, yıldan yıla, on yıldan on yıla hatta buzul çağ gibi daha uzun zaman ölçeklerinde değişimler göstermektedir. On yıllar ya da daha uzun zaman sürecindeki, iklimin ortalama durumunun ya da değişkenliğinin istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermesi “iklim değişimi” olarak tanımlanır (IPCC, 2001; Erinç, 1996).

İklim sistemi, bes ana bileşeni içeren interaktif bir sistem olup, bu bileşenler; atmosfer, hidrosfer, buz küre, arazi yüzeyi ve biyosferdir. Bu bileşenler dışarıdan gelen kuvvet mekanizmaları ile etkilenebilirler, bu kuvvetlerden en önemlisi güneştir. Ayrıca, insanların iklim üzerindeki doğrudan etkileri dış güç olarak düşünülmektedir (Houghton v.d, 2001; IPCC, 2001).

Bu çalışmada arazi yüzeyi detaylı olmak üzere, hidrosfer ve biyosfer bileşenlerine dair bilgi toplamada kullanılabilecek uzaktan algılama sistemleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Arazi Yüzeyi Bilgisi

Arazi yüzeyleri iklim modelleri için anahtar bileşendir. Arazi yüzeyindeki bitki örtüsü ve topraklar, güneşten gelen enerjinin atmosfere ne şekilde döneceğini kontrol eder. Enerjinin bir kısmı uzun dalga (kızıl ötesi) olarak geri dönüp, atmosferi ısıtır ve yer yüzeyi ısınır. Bir kısmı ise, toprakta ya da bitki yapraklarında, suyun buharlaşmasına neden olup suyu atmosfere geri döndürür. Toprak neminin buharlaşması enerji gerektirdiği için, toprak yüzey sıcaklığında önemli bir etkiye sahiptir. Arazi yüzeyinin dokusu atmosferi önemli ölçüde etkiler (Sellers v.d, 1996). Arazi yüzeyi ve atmosfer arasındaki etkileşimlerin iyi modellenebilmesi için arazi yüzeyi parametrelerin doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Pielke, 2001).

İklim modelleri, ekosistem süreçleri ve biyosfer atmosfer transferi gibi pek çok çalışma arazi yüzeyi bilgisine ihtiyaç duyar. Arazi yüzeyi bilgisinin çevre ve atmosfere yönelik modelleme çalışmalarında kullanılması gerekliliğine dair pek çok yayın literatürde mevcuttur (Bolle, 1991; Skole ve Tucker, 1993; Sellers ve Schimel, 1993; Hall v.d, 1995). Yaprak alan indeksi (LAI), biyokütle yoğunluğu, bitki örtüsü durumu, arazi örtüsü/kullanımı, yüzey pürüzlülüğü gibi yüzey parametreleri; yüzey, atmosfer, karbon, enerji ve su dönüşüm modellerindeki değişkenleri kontrol eder. Bu parametreler arazi yüzeyinin durumunu karakterize eder ve arazi yüzeyi ve alt atmosferde meydana gelen termodinamik, kimyasal ve biyolojik süreçleri temsil eder.

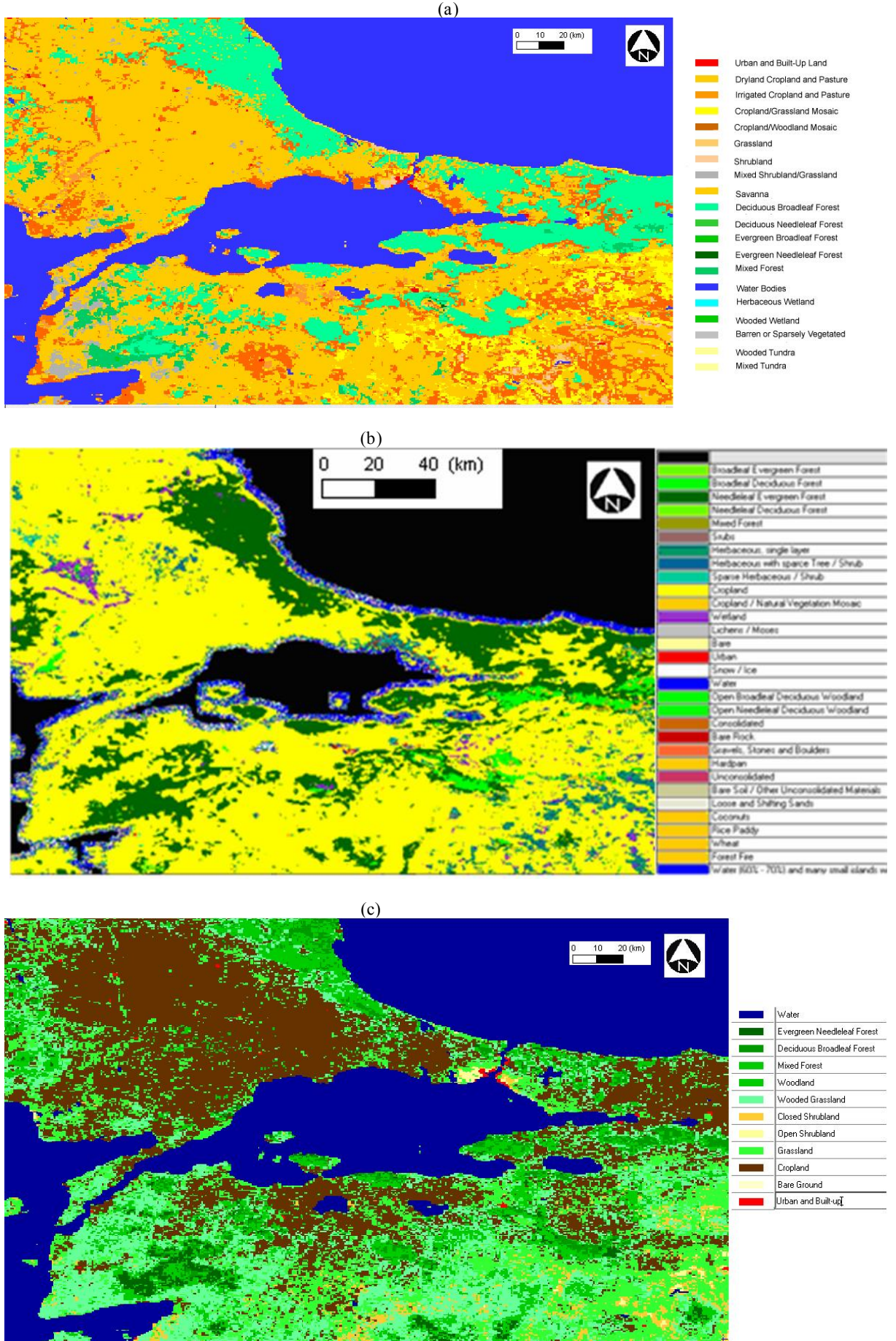
Arazi Örtüsü/Kullanımı

Bölgesel iklim modellerinin çoğunda, global olarak hazırlanmış olan arazi örtüsü verileri kullanılmaktadır. Bu verilerden en yaygın olanı Global Land Cover Characteristics (GLCC) arazi örtüsü verisi olmakla birlikte, Global Land Cover 2000 (GLC 2000) ve University of Maryland (UMD) arazi örtüsü verileri de diğer global arazi örtüsü verileri arasında yer almaktadır.

GLCC verisi U.S. Geological Survey (USGS), National Center for Earth Resources Observation and Science (EROS), University of Nebraska-Lincoln (UNL), ve European Commission Joint Research Centre (JRC) tarafından Nisan 1992 ve Mart 1993 tarihlerinde temin edilen 1-km mekansal çözünürlükteki Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) görüntülerinden oluşturulmuştur (Loveland v.d, 2000). Goode Homolosine ve Lambert Azimutal olmak üzere iki ayrı harita projeksiyonda mevcut olan veri veri kıtasal bazda oluşturularak tüm dünya için derlenmiştir (Sertel, 2008; Loveland v.d, 2000). GLCC verisi Şekil 1 a’ da gösterilmektedir (URL 1).

Arazi kullanımı verisi 24 tane farklı sınıftan oluşan USGS arazi kullanımı/arazi örtüsü lejandı dikkate alınarak, ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur. Sınıflandırmanın doğruluk analizi pek çok bölge için yapılmamıştır. Bu veri, dünyada yaygın olarak kullanılan Fifth-Generation NCAR / Penn State Mesoscale Model (MM5), Regional Atmospheric Modeling System (RAMS), Weather Research and Forecasting (WRF) gibi bölgesel iklim modellerinde arazi örtüsü verisi olarak kullanılmaktadır.

GLC2000 verisi JRC tarafından üretilmiştir. 19 farklı bölgenin arazi örtüsü bilgisi 30 farklı grubun katkıları ile üretilmiştir. 1 Kasım 1999-31 Aralık 2000 tarihleri arasında SPOT4-VEGETATION algılayıcısından elde edilen verilerden üretilmiştir. 18 farklı sınıf içeren bir lejanda sahiptir. GLC2000 verisi Şekil 1 b’ de gösterilmektedir (URL 2)



Şekil 1: a-) GLCC, b-) GLC2000 c-) UMD arazi örtüsü verileri

UMD verisi Maryland Üniversitesi tarafından, 1981-1994 tarihleri arasında elde edilen AVHRR verileri kullanılarak üretilmiştir. Veri en yükseği 1 km olmak üzere üç farklı mekansal çözünürlükte mevcuttur. Sınıflandırma sonucunda 13 tane farklı sınıf oluşturulmuştur (Hansen v.d., 2000).

Sertel, 2008 yaptığı çalışmada yukarıda bahsi geçen üç farklı global arazi örtüsü verisinin doğruluklarını Marmara bölgesi için incelemiş ve verilerdeki eksiklikleri ortaya koymuştur. Verilerin doğruluğunu daha yüksek çözünürlüklü Landsat uydu görüntülerinden oluşturduğu ve sınıflandırma doğruluğunu bildiği arazi örtüsü verisi ile kıyaslamıştır. GLCC, GLC2000 ve UMD verilerinin her üçünde de Marmara Bölgesi yerleşim alanları eksik olarak ifade edilmiştir. Orman tiplerinin sınıflandırmasında hatalar mevcuttur. Ayrıca GLC2000 verisinde kara-su ayrımları ifade edilememiş, İstanbul Boğazı ise gösterilememiştir. Sertel v.d (2009) yaptıkları çalışmada bölgesel iklim modellerine girdi olabilecek arazi örtüsü verisi üretmek için Landsat uydu verilerinin kullanılabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca, Landsat görüntülerinden oluşturdukları arazi örtüsü verisi ile yapılan iklim simülasyon sonuçlarının, modelinin içinde yer alan arazi örtüsü verisi ile yapılan simülasyon sonuçlarına oranla daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Arazi örtüsü haritaları kullanılarak hidrosfer, buz küre, arazi yüzeyi ve biyosfer bileşenlerine yönelik bilgiler üretebilmek mümkündür.

Farklı uzaktan algılama verilerine gerekli sayısal görüntü işleme algoritmaları uygulanarak iklim modellerine girdi olabilecek arazi örtüsü/kullanımı bilgileri üretilebilir. Bu bilgiler oluşturulurken dikkat edilmesi gereken husus iklim modeli ile uyumlu olacak lejanda sahip veri setleri oluşturmaktır. Bölgesel iklim modelleme de çözünürlük gün geçtikçe arttığı için daha yüksek çözünürlüklü ve doğru arazi örtüsü/kullanımı bilgisine olan ihtiyaç artmaktadır. Bu amaçla uzaktan algılama verileri iklim modelleme için önemli bir kaynak olacaktır.

Bitki Örtüsü

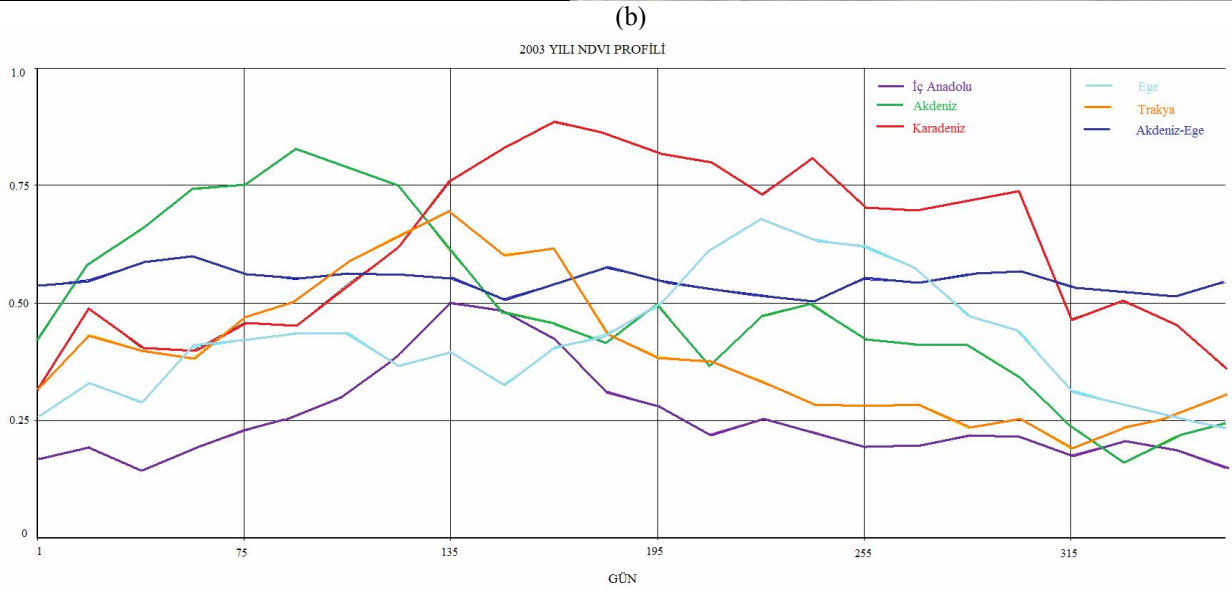
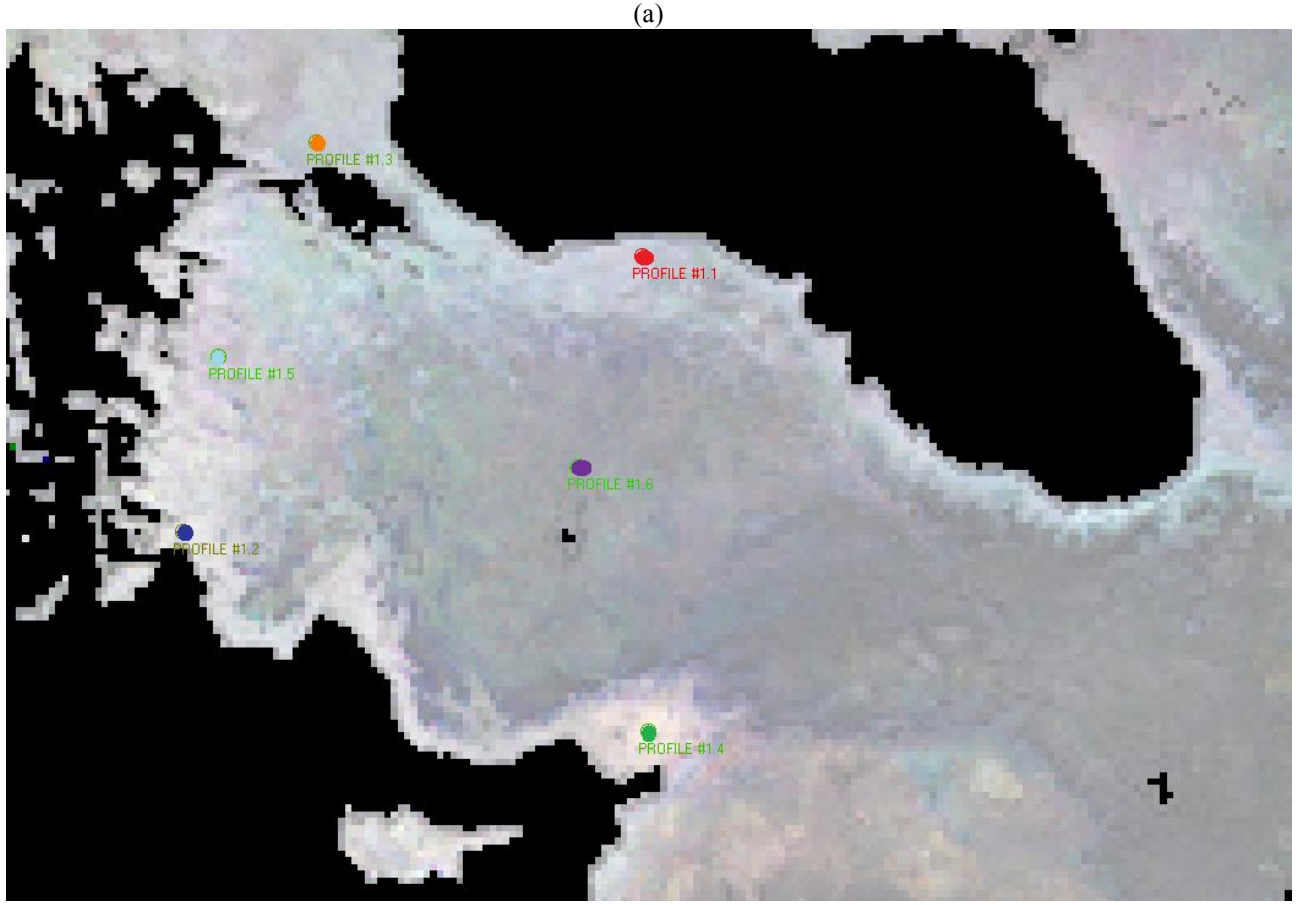
Farklı bölgelerdeki farklı iklim koşulları, bu bölgelerdeki bitki örtüsü tiplerini belirler. Ilıman ve nemli iklim bölgelerinde yoğun ve canlı bitki örtüsü tipleri yer alırken, kurak ve düşük sıcaklığın olduğu bölgelerde çöller ve otlar yer almaktadır (Suzuki v.d., 2000). İklim ve bitki örtüsü arasında iki taraflı bir ilişki söz konusudur. İklim tipleri ilgili bölgedeki bitki örtüsü tipini belirlerken, aynı şekilde bir bölgedeki bitki örtüsünün tipi ve yaprak alan indisleri buharlaşma miktarını belirleyerek iklim üzerinde etkili olur.

Bitki örtüsü indisleri kullanılarak bitki örtüsü miktarı ve dağılımı belirlenebilir. Bitki örtüsünün doğru belirlenmesi buharlaşma ve karbon döngüsünü doğru modelleyebilmek için gereklidir. En yaygın kullanılan bitki örtüsü indislerinden biri normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI) dir ve yakın kızılötesi ve kırmızı bölgede algılama yapmış olan bantlardan faydalanılarak hesaplanır. Oran sonucu piksel değeri parlaksa; sağlıklı bitki örtüsü miktarı daha çoktur. Farklı tarihlerde elde edilen NDVI görüntüleri kullanılarak, bitki örtüsünün mevsimsel değişimleri ortaya konulabilmekte, bitki örtüsü değişimi ile iklim arasındaki ilişki kurulabilmektedir. Kızılötesi ve kırmızı bölgede algılama yapan her uydu sisteminden NDVI bilgileri türetilir. Medium-spectral Resolution Imaging Spectrometer (MERIS), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ve AVHRR global NDVI verileri üretmekte kullanılan algılayıcı sistemlerine örnektir. Ayrıca, Landsat, IRS-WiFS ve SPOT uydu sistemleri de bitki örtüsü indisleri oluşturmak için kullanılabilir.

Şekil 2 a' da Türkiye için 2003 yılına ait NDVI haritası oluşturulmuştur. Bu harita AVHRR algılayıcısından elde edilen veriler kullanılarak üretilmiştir. Şekil 2 b ise farklı bölgelerden seçilmiş bitki örtüsü tiplerine ait 2003 yılı için 15 gün aralıklarla oluşturulmuş zaman serilerini göstermektedir. Farklı bölgelerde elde edilen profiller farklı olmakla birlikte, profillerden bitki örtüsü tiplerinin mevsimsel davranışları gözlemlenebilmektedir. Bitki örtüsü haritaları iklim modellerine girdi olarak sunulabilirler. İklim modelleri uzun periyotlar için çalıştırıldığı için bitki örtüsünün zamana bağlı değişimini ve yayılımını bilmek, doğru simülasyon sonuçları elde edebilmek için gereklidir. Bitki örtüsü haritaları ve profilleri biyosfer hakkında bilgi üretmek için kullanılabilir.

Shabanov v.d. yaptıkları çalışmada bitki örtüsünün yıllık değişimlerini NOAA AVHRR görüntülerini kullanarak 1981-1994 periyodu için ortaya koymuşlardır. Suzuki v.d (2000) yaptıkları çalışmada, uydu görüntülerinden türetilen normalize edilmiş bitki örtüsü değerleri ile iklim parametreleri (yağış ve sıcaklık) arasındaki bölgesel ilişkiyi kurmuşlardır.

MODIS verisinden elde edilen bitki alan indisleri (LAI) ve bitki örtüsü oranı (FVC) verileri iklim bilimciler tarafından kullanılmaktadır (Ge v.d, 2008). Bitki örtüsü oranı, bitki ve toprak arasındaki yüzey buharlaşması, fotosentez, albedo ve diğer akıların ne kadar miktarda olacağını belirleyen önemli bir ekolojik parametredir (Liang v.d., 2005).



Şekil 2: (a) AVHRR 2003 yılı NDVI haritası, (b) NDVI zaman serileri

Yüzey Sıcaklıkları

Elektromanyetik spektrumun ısıl bölgesinde algılama yapan algılayıcı sistemlerden elde edilen uzaktan algılama verileri ile yer yüzey sıcaklıkları hakkında bilgi edinilebilir. Isıl görüntüler kullanılarak oluşturulan yüzey sıcaklık haritaları özellikle şehir ısı adası etkisinin incelenmesi açısından önemlidir. Okyanus yüzeyi için oluşturulan deniz yüzeyi sıcaklıkları ise (SST) nem ve nemden kaynaklı yağış, rüzgar yönleri ve rüzgar ile taşınabilecek nem miktarlarını hesaplamakta kullanılmaktadır.

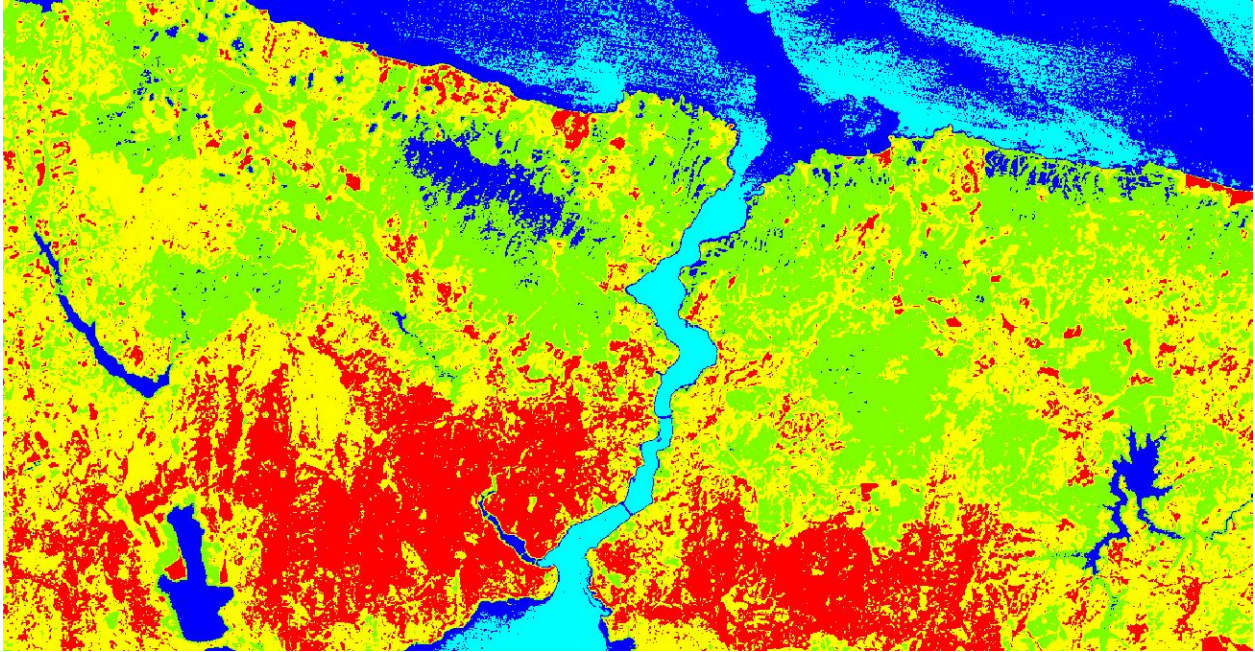
Landsat, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), MODIS, Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES), Meteosat, Multi-functional Transport Satellite (MTSAT) ve National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sistemleri ısıl bölgede algılama yapabilen algılayıcılara sahiptirler.

Şekil 3' de, 8 Mayıs 2003 tarihinde Landsat 7 ETM+ algılayıcısından elde edilmiş veriden ısıl kanal kullanılarak oluşturulmuş olan sıcaklık haritası bulunmaktadır. Sıcaktan soğuğa doğru renkler sırasıyla: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, cam göbeği şeklindedir. Yerleşim alanları ve açık alanlar en yüksek sıcaklık değerlerine (kırmızı), tarım alanları ve seyrek bitkili alanlar yüksek sıcaklık değerlerine (sarı), ormanlar daha serin (yeşil ve mavi) ve su ile kaplı alanlar ise en düşük (mavi ve cam göbeği) yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Kuzey kısımda yer alan ormanlar, toprağı derin ve nemli yetiştirme ortamlarında yetişen boylu veya gölge ağaçlardan oluştuğu için diğer orman alanlarına göre daha soğuk çıkmıştır.

Deniz yüzey sıcaklıkları, deniz ve hava arasındaki sıcaklık akısının miktarını etkileyen önemli bir jeofiziksel parametredir. Global ölçekte, dünyanın ısı dengesini ve okyanus sirkülasyonlarının patern ve anomalilerini (örneğin El Niño) belirlemek için önemlidirler. Ayrıca lokal ölçekte, anaförlerin belirlenmesi, cephe ve denizlerdeki alt suyun yüzeye doğru yükselmesi ve biyolojik üretkenliği belirleyen parametreler arasındadır. Uydu teknolojileri kullanılarak global ve lokal ölçekte deniz yüzeyi sıcaklıkları belirlenebilmektedir (URL, 2).

AVHRR, Polar-orbiting Operational Environmental Satellites (POES), European Remote Sensing Satellite (ERS-2) üzerindeki Along-Track Scanning Radiometer (ATSR), GOES Imager, MODIS ve NASA Earth Observing System (EOS) a ait Terra ve Aqua algılayıcıları kullanılarak farklı ölçeklerde deniz yüzeyi sıcaklık haritaları üretilebilir (URL 3).

Mikrodalga bölgede ışıının şiddetinin düşük olması nedeni ile mikrodalga verilerden üretilen deniz yüzeyi sıcaklıkları ısıl kızılötesi bölgeden üretilen sıcaklıklara oranla daha düşük doğruluğa ve daha kaba çözünürlüğe sahiptir (Wick, 2002).



Şekil 3: 8 Mayıs 2003 tarihli İstanbul yüzey sıcaklığı haritası

3. SONUÇLAR

İklim biliminde kullanılan en önemli araç iklim modelleri olup, modeller aracılığı ile yapılan simülasyonlarla gerek kısa dönemdeki hava tahminleri gerekse uzun zaman dilimlerindeki iklim değişiklikleri ve farklı etkenlerin iklim üzerindeki etkileri modellenmektedir. Uzaktan algılama sistemlerinden üretilen veri ve bilgiler,

- (i) iklim ve meteoroloji çalışmalarında,
- (ii) iklim modellerine girdi olarak,
- (iii) iklim model sonuçlarının doğrulanmasında,

kullanılabilmektedir.

Arazi yüzeyine ait önemli bir bilgi olan arazi örtüsü/kullanımı bilgilerini üretmek için uzaktan algılama verileri kullanılabilir. Yapılan çalışma global olarak üretilmiş olan arazi örtüsü verilerinin güncel olmadığını ve bu verilerin eksiklikler içerdiğini göstermiştir. Daha güncel ve doğru arazi örtüsü haritaları üretmek, daha yüksek çözünürlükteki uydu görüntüleri ile mümkün olabilmektedir. Doğru arazi örtüsü verilerinin üretilmesi, arazi örtüsü değişiminin iklim üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar içinde gereklidir.

Arazi örtüsüne ek olarak, bitki örtüsü, yüzey sıcaklıkları ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının da uzaktan algılama yöntemleri ile üretilbileceği ve bu verileri üretmek için kullanılabilecek uydu görüntüleri bu çalışmada aktarılmıştır.

Toprak nemi, bulutluluk, yağmur, kar, rüzgar, tuzluluk ve su buharı bu çalışmada belirtilmemiş fakat uzaktan algılama verileri ile üretilbilecek diğer iklim değişkenleri arasında yer almaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında Elif SERTEL, TÜBİTAK BİDEB Yurtiçi Doktora Bursu, Fulbright Doktora Bursu ve NSF Projesi kapsamında Doktora Sonrası Araştırma bursu ile desteklenmiştir. İlgili kuruluşlara teşekkür ederiz. Landsat görüntülerini sağlayan United States Geological Survey (USGS)' e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bolle H. J., 1991. *Land Surface Transformation Processes*, Report of the Earth Observation User Consultation Meeting, The Netherlands, 1143, 181-192.
- Erinç S., 1996. *Klimatoloji ve Metodları*, Alfa Basım, İstanbul.
- Ge, J., Qi, J. ve Lofgren B., 2008, *Use of vegetation properties from EOS observations for land-climate modeling in East Africa*, J. Geophys. Res., 113, D15101, doi:10.1029/2007JD009628.
- Hall, F., G., Townshend J. R., Engman E. T., 1995. *Status of Remote Sensing Algorithms for Estimation of Land Surface State Parameters*, Remote Sensing of Environment, sayı: 51, sayfa: 138-156.
- Hansen M., DeFries R., Townshend, J.R.G., Sohlberg R., 2000. *Global land cover classification at 1km resolution using a decision tree classifier*, International Journal of Remote Sensing, sayı: 21, sayfa:1331-1365.
- Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., Van Der Linden P. J., Dai X., Maskell K., Johnson, C. A., (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, ABD, 881pp.
- Liang X.-Z., Chooi H. I., Kunkel K. E., Dai Y. J., Joseph E., Wang J. X. L., Kumar P., 2005. *Development of the regional climate-weather research and forecasting (CWRf) model: surface boundary conditions*, Scientific report 2005-1, Illinois State Water Survey.
- Loveland T.R., Reed B.C., Brown J.F., Ohlen D.O., Zhu J., Yang L., Merchant J.W., 2000. *Development of a Global Land Cover Characteristics Database and IGBP DISCover from 1-km AVHRR Data*, International Journal of Remote Sensing, sayı: 21, sayfa:1303-1330.
- Maurer J., 2002. *Infrared and Microwave Remote Sensing of Sea Surface Temperature*, http://cires.colorado.edu/~maurerj/class/SST_presentation.htm
- Pielke R. A., 2001. *Influence of the Spatial Distribution of Vegetation and Soils on the Prediction of Vegetation and Soils on the Prediction of Cumulus Connective Rainfall*, Reviews of Geophysics, sayı: 39, sayfa: 151-177.
- Pitman A. J., 2003. *The Evolution of, and Revolution in, Land Surface Schemes Designed for Climate Models*, International Journal of Climatology, sayı: 23, sayfa: 479-510.
- Saroğlu E., 2004. Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü ve Dönüşüm Sonucunda Elde Edilen Görüntülerin Dış Doğruluğunun Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sellers P. J., Los O., L., Tucker C. J., Justice C. O., Dazlich D. A., Collatz G. J., Randall, D. A., 1996. *A Revised Land Surface Parameterization (Sib2) for Atmospheric Gcms. Part II: The Generation of Global Fields of Terrestrial Biophysical Parameters From Satellite Data*. Journal of Climate, sayı: 9, sayfa: 706-737.

Sellers P. J., Schimel D., 1993. *Remote Sensing of the Land Biosphere and Biogeochemistry in the EOS Era: Science Priorities, Methods and Implementation- EOS Land Biosphere and Biogeochemical Cycles Panels*, Global and Planetary Change, sayı: 7, sayfa:279-297.

Sertel E., 2008. Remote Sensing and Regional Climate Modeling of the Impacts of Land Cover Changes on the Climate of the Marmara Region of Turkey, Doktora Tezi, ITU Fenbilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sertel E., Findik N., Kaya S., Seker D. Z., Samsunlu A., 2008. *Assessment of landscape changes in the Kizilirmak Delta, Turkey using remotely sensed data and GIS*, Environmental Engineering Science, 25, 3, 353-362, DOI: 10.1089/ees.2006.0149.

Sertel E., Örmeci C., 2009. "Bölgesel İklim Modellemede Kullanılan Arazi Örtüsü Verilerinin Doğruluğunun Araştırılması", *ITU Dergisi* (baskıda).

Sertel E., Robock A., Örmeci C., 2009. Impacts of Land Cover Changes on the Climate of the Marmara Region of Turkey, *International Journal of Climatology* (baskıda).

Skole D., Tucker, C. J., 1993. *Tropical Deforestation Habitat Fragmentation in Theamazon: Satellite Data From 1978 to 1988*, Science, sayı: 260, sayfa: 1905-1910.

Suzuki, R., Tanakab, S. ve Yasunaria, T., 2000. Relationships Between Meridional Profiles of Satellite-Derived Vegetation Index (NDVI) and Climate Over Siberia, *International Journal of Climatology*, sayı: 20, sayfa: 955-967.

Wick G. A., 2002, *Infrared and microwave remote sensing of sea surface temperature*, Seminar at the University of Colorado at Boulder "Remote Sensing Seminar" graduate course, 9 Ekim.

URL1, United States Geological Survey Global Land Cover Characterization web sitesi-Haziran 2008, <http://edc2.usgs.gov/glcc/>, 4 Nisan 2009.

URL 2, European Comission Global Environmental Monitoring web sitesi-2008, <http://gem.jrc.ec.europa.eu/>, 4 Nisan 2009.

URL 3, Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison web sitesi- Ocak 2008, <http://www.ssec.wisc.edu/data/sst/>, 4 Nisan 2009.

URL 4, NOAA CoastWatch web sitesi, <http://coastwatch.noaa.gov/interface/interface.html>, 4 Nisan 2009.