

## Bölgesel iklim modellemede kullanılan arazi örtüsü verilerinin doğruluğunun araştırılması

Elif SERTEL\*, Cankut ÖRMECİ

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

### Özet

*Arazi yüzeyi iklim modellerinin anahtar elemanlarından olup, yüzeydeki enerjinin hissedilebilir ve gizli ısı olarak, yüzeydeki mevcut suyun ise buharlaşma ve akış olarak bölüşülmesini kontrol etmektedir. Ayrıca, arazi yüzeyinin pürüzlülüğü ve yüzeyin cinsine bağlı olarak ısı kapasitesi ve momentum tutulma miktarı değişmektedir. Bu nedenle arazi yüzeyinin doğru ve güvenilir bir şekilde ifade edilmesi iklim çalışmaları için önemlidir. Bölgesel iklim modellerinin çoğunda, global olarak hazırlanmış olan Global Land Cover Characteristics (GLCC) arazi örtüsü verisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada, endüstrileşme ve nüfus artışı sonucunda özellikle 1980'li yıllardan sonra arazi örtüsü değişiminin meydana geldiği Marmara Bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, 2001-2005 tarihleri arasında elde edilen Landsat7 ETM+ görüntüleri radyometrik ve atmosferik olarak düzeltilerek atmosferik parçacıklardan kaynaklanan bozulma etkileri ve sistematik hatalar elemine edilmiştir. Geometrik distorsiyonları elemine etmek, piksel bağlı konum hatalarını düzeltmek ve görüntüleri ortak bir koordinat sisteminde tanımlayabilmek amacıyla her bir görüntü geometrik olarak düzeltilmiştir. Görüntüler farklı yöntemler kullanılarak sınıflandırılmış ve çalışma bölgesi için arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan arazi örtüsü haritası, GLCC verisi ile kıyaslanarak bu verinin Marmara Bölgesi için doğruluğu araştırılmış ve verideki eksiklikler belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda GLCC veri setinin güncel olmadığı ve Marmara Bölgesi'nin önemli bir kesimini doğru temsil etmediği tespit edilmiştir. Bölgesel iklim modelleme çalışmaları için, bu veriye alternatif olarak daha doğru ve güncel olan Landsat ETM+ görüntülerinden üretilmiş arazi örtüsü verisinin kullanılabilirliği gösterilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Arazi örtüsü, arazi yüzeyi, bölgesel iklim modelleme, uzaktan algılama, Landsat7 ETM+.*

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Elif SERTEL. elifsertel@ins.itu.edu.tr; Tel: (212) 285 61 10.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Türkiye'nin Marmara Bölgesi'ndeki arazi örtüsü değişimlerinin iklim üzerindeki etkisinin uzaktan algılanması ve bölgesel iklim modellenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 10.01.2008 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 08.02.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.09.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Investigation of accuracy of land cover data used in regional climate modeling

### Extended abstract

*In this research, utilization of Landsat7 ETM+ images in regional climate modeling was investigated and the accuracy of Global Land Cover Characterization (GLCC) data set used in regional climate modeling was assessed for the Marmara Region by comparing these data with Landsat ETM+ derived land cover data. Marmara Region was selected as study area because it faced with significant land cover changes as a result of rapid industrialization and population increase especially after 1980s. The region occupies the northwest corner of Turkey with a surface area of 67 000 km<sup>2</sup> and represents approximately 8.6% of the Turkish national territory. It is the smallest but most densely populated of the seven geographical regions of Turkey. This region includes eleven cities namely Istanbul, Bursa, Kocaeli, Edirne, Balıkesir, Kırklareli, Tekirdağ, Canakkale, Bilecik, Sakarya and Yalova, where first three cities are industrial and commercial centers of Turkey.*

*Landsat7 ETM+ images obtained between 2001 and 2005 were used to derive land cover data of the Marmara Region. Since 2005 Landsat ETM+ frame includes the significantly changed areas of the Marmara Region like Istanbul and Bursa, it is assumed that created land cover data is representing the year of 2005. In addition to satellite images, forest maps, 1/25 000 scaled topographic maps, ground surveys and photographs were used to assist geometric correction and classification procedure.*

*At the first stage of the research, all images were atmospherically and radiometrically corrected to minimize contamination effects of atmospheric particles (scattering and absorption effects due to the atmosphere) and systematic errors. Then, geometric correction was performed for each image to eliminate geometric distortions, correct errors in the relative positions of pixels, and define images in a common coordinate system. A new approach, semivariograms, was introduced to select appropriate band combinations for studying different land cover classes. After these corrections, images were classified using different classification methods to identify different land cover types. United States Geological Survey (USGS) Land Use and Land Cover Classification Legend was used in the study. Several pilot areas were created and classification employed separately for these areas to minimize the*

*spectral mixing of various classes such as barren, crop and urban and increase the classification accuracy. The classification results were aggregated to 1 km to form final land cover data and classification accuracy assessment was performed on final land cover data. At the second stage of the research, 2005 land cover data obtained from Landsat7 ETM+ images was compared with the GLCC data set to analyze the accuracy of these data for the Marmara Region. These data have been used in many regional climate models like Regional Atmospheric Modeling System (RAMS), the Fifth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model (MM5) and Weather Research and Forecasting (WRF). It was obtained from 1-km Advanced Very High Resolution Radiometer satellite images spanning April 1992 through March 1993 with an unsupervised classification technique and accuracy assessment of data set was not performed globally.*

*Land surface is a key determinant in climate system and it controls the partitioning of available energy at the surface between sensible and latent heat, the partitioning of available water between evaporation and runoff. Therefore it must be represented accurately and precisely. Land cover products used in most climate models were initially compiled from maps and ground surveys till the global scale land cover products generated from remote sensing images became available. These remotely sensed derived global land cover products like GLCC, University of Maryland land cover classification and Global Land Cover 2000 have been implemented into various land surface schemes and climate models. However, no land cover data set is 100% accurate, even if developed from the most advanced satellite images.*

*The results of comparison analyses between Landsat derived land cover and GLCC show that GLCC data is not up-to-date and have deficiencies and inaccuracies in some parts of the Marmara Region. GLCC is not representing urban areas accurately in İstanbul, Adapazari, Bursa and İzmit. These data also have problems in coastal part of İstanbul European side and show some forest areas as crop areas. This research results show that land cover data obtained from Landsat ETM+ images can be successfully and accurately represent the study region therefore it is an alternative source of up-to-date and accurate land cover data for regional climate modeling.*

**Keywords:** Land cover, land surface, regional climate modeling, remote sensing Landsat7 ETM+.

## **Giriş**

Uzaktan algılama ve uydu teknolojilerinin birlikte kullanımı bir çok farklı disiplinde geniş uygulama alanları bulmaktadır. Dünyayı uzaydan izleme yoluyla; çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, deniz ve kıyı kirliliği çalışmaları, hava durumu tahminleri, küresel ve bölgesel arazi örtü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi ve iklim modelleme gibi bir çok uygulama gerçekleştirilebilmektedir (Schweiger vd, 2005; Brivio vd, 2002; Ostir vd, 2002; Ormeci ve Ekercin, 2007)

Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler, yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler vermekte ve farklı uygulama alanlarında kullanılabilir. Uydu görüntülerinin çözünürlüklerinin gelişmesi, uyduların sağladığı sinoptik görüş, çok zamanlı veri elde edebilme imkanı ve kısa zamanda bilgi toplanabilmesi nedeniyle uydu ve uzaktan algılama teknolojileri bir çok disipline önemli bilgiler sağlamaktadır (Saroğlu, 2004).

Dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli problemlerden biri küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişimidir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin, kar örtüsünün, 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 (IPCC, 1996).

Türkiye'nin, özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi küresel ısınmanın öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenmesi beklenmektedir. Ayrıca ülkemiz küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır (IPCC, 1996).

İklim değişikliğinin, dünyamız üzerinde neden olduğu ve olabileceği etkiler düşünüldüğünde

iklim modelleme önem kazanmaktadır. İklim sistemi, atmosfer, hidrosfer, biyosfer, buz küre ve yeryüzeyi ve bu bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini içermektedir. İklim modelleri geliştirilirken, iklim sistemi bileşenleri ve bu bileşenlerin birbirleriyle etkileşimleri değerlendirilmektedir. Uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak, iklim sistemine ait bileşenlerle ilgili, farklı ölçeklerde ve farklı doğruluklarda veriler türetilir. Uzaktan algılama verileri doğrudan modeller içinde girdi olarak kullanılabilir gibi, model sonuçlarının yorumlanması, özellikle yeryüzeyindeki (arazi örtüsü/kullanımı) değişimlerin meteorolojik veriler ve iklim model çıktıları ile ilişkilendirilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, modellerin oluşturulması, yorumlanması, biyosfer-atmosfer arasındaki transferin incelenmesi gibi bir çok süreçte arazi yüzeyi parametrelerinin detaylı ve doğru bir şekilde bilinmesi gerekmektedir.

Geleceğe yönelik iklim tahminlerinde bulunabilmek için, dünya yüzeyinin atmosferle etkileşimini, bu etkileşimlerin hem insan aktiviteleri hem de doğal süreçlerle ne şekilde değiştiğini bilmek gerekmektedir. Bunu belirleyebilmenin anahtar elemanı arazi yüzeyi elemanları ve bunların değişimi olup, bunları periyodik ve güncel olarak belirleme de en etkin teknik uydu teknolojisine bağlı teknikler ve bu anlamda da uzaktan algılama ve uydu görüntüleridir. Teknoloji ilerledikçe iklim modellerinin mekansal çözünürlüğü artmakta ve daha doğru ve detaylı arazi örtüsü bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi için Global Land Cover Characteristics (GLCC) global veri setinden elde edilen ve mevcut bölgesel iklim modellerinde kullanılan arazi örtüsü verisi, Landsat7 ETM+ görüntülerinden üretilen arazi örtüsü verileri ile kıyaslanıp bu verinin eksiklikleri belirlenmiştir. Kıyaslama Marmara Bölgesi için tamamı için karşılaştırma analizleri ile, belirli istasyonlar için tampon bölge analizi ile yapılmıştır. Landsat7 ETM+ görüntülerinden üretilen arazi örtüsü haritasının GLCC verisiyle kıyaslanması sonucunda, bu verinin güncel olmadığı özellikle yerleşim alanlarında gerçek yeryüzeyini yansıtmadığı, bazı bölgelerde spekt-

ral karışımlar olduğu ve orman alanlarının tarla olarak gösterildiği belirlenmiştir. İklim modellerinde kullanılmak üzere daha doğru ve güncel arazi örtüsü üretebilmek için Landsat görüntülerinin kullanılabilmesi ve bu amaçla uygulanması gereken dijital görüntü işleme adımları sunulmuştur.

## Veriler ve çalışma bölgesi

### Çalışma bölgesi

Bu çalışmada, özellikle 1980 yılı sonrasında hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve buna bağlı olarak yerleşim alan artışı ve farklı arazi örtüsü değişimlerinin gözlemlendiği Marmara Bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Marmara Bölgesi, Türkiye'nin kuzeybatısında yer almakta olup yaklaşık 67 000 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Alan olarak Türkiye'nin %8.6'lık oranla en küçük bölgesi olmasına karşın, nüfus olarak en yoğun bölgesidir. İstanbul, Bursa, Edirne, Kocaeli, Balıkesir, Kırklareli, Tekirdağ, Çanakkale, Bilecik, Sakarya ve Yalova illeri, Marmara Bölgesinde yer almaktadır. İstanbul, Bursa ve Kocaeli şehirleri sanayileşme ve endüstriyellemenin merkezi durumundadır.

### Uydu görüntüleri

Yeryüzü kaynaklarının araştırılması amacıyla, Landsat uydu serilerinin birincisi 23 Temmuz 1972 tarihinde NASA (National Aeronautical Space Administration-ulusal Havacılık Dairesi) tarafından fırlatılmıştır. Serinin en yeni uydusu ise Landsat 7 olup ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) zenginleştirilmiş tematik haritalıyıcı adlı algılayıcı taşımaktadır. Görünür ve kızılötesi bölgede algılama yapan bantlarında 30 m, termal bantta 60 m, pankromatik bantta 15 m uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Yeryüzünden 705 km yükseklikte olup, bir görüntünün yerde kapladığı alan 185 kmx185 km'dir. Tekrarlama zamanı 16 gün olup, 8 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahiptir.

Bu çalışmada 2001 ve 2005 tarihleri arasında temin edilen, Marmara Bölgesini kapsayan 6 tane Landsat7 ETM+ görüntüsü kullanılmıştır. Değişimin en çok olduğu İstanbul, Bursa ve çevresini içeren görüntü 2005 tarihli olduğu için, üretilen arazi örtüsü verisi 2005 yılını temsil etmektedir.

### Yer gerçeği verileri

Çalışmada geometrik düzeltme işleminde kullanılmak üzere 1/25 000 ölçekli topografik haritalar, sınıflandırma işlemi sırasında örnekleme bölgelerinin seçilmesi ve doğruluk analizinin yapılması için, orman haritaları, yersel ölçmeler ve fotoğraflar kullanılmıştır. Ayrıca geometrik düzeltmeleri önceden yapılmış olan farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri, geometrik düzeltme ve sınıflandırma işlemi sırasında kullanılmıştır.

### Global land cover characterization (GLCC)

#### arazi örtüsü verisi

Global Land Cover Characterization (GLCC) verisi U.S. Geological Survey (USGS), National Center for Earth Resources Observation and Science (EROS), University of Nebraska-Lincoln (UNL), ve European Commission's Joint Research Centre (JRC) tarafından hazırlanmıştır. Bu veri kıtasal bazda oluşturularak tüm dünya için derlenmiştir. Veri, Goode Homolosine ve Lambert Azimutal olmak üzere iki ayrı harita projeksiyonunda mevcuttur. Veri 1 km mekansal çözünürlüğe sahip olup, Nisan 1992 ve Mart 1993 tarihlerinde temin edilen 1-km mekansal çözünürlükteki Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) görüntülerinden oluşturulmuştur (Loveland vd, 2000).

Arazi kullanımı verisi USGS arazi kullanımı/arazi örtüsü lejandı dikkate alınarak, ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur (Tablo 1). Pek çok bölge için sınıflandırmanın doğruluk analizi 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.

### Yöntem

#### Radyometrik ve atmosferik düzeltme

Uydular tarafından kaydedilen elektromanyetik ışınım dünya yüzeyinden algılayıcıya doğru yol alırken saçılma ve gazlar ve aerosoller tarafından yutulma gibi atmosferik etkilere maruz kalır ve bozulmaya uğrar. Görüntü üzerindeki bu etkilere atmosferik distorsiyon denir. Aydınlanma, atmosferik koşullar, görüş geometrisi ve al-

gülayıcının cevap suresinde meydana gelen değişimler uydu görüntüleri üzerinde radyometrik distorsiyonlara neden olurlar. Sistem hatalarını elimine etmek ve atmosferik parçacıklardan kaynaklı meydana gelen bozulma etkilerini minimize edebilmek için uydu görüntüleri radyometrik ve atmosferik olarak düzeltilmelidir (Liang, 2004; Song vd., 2001).

Tablo 1. GLCC sınıflandırma lejandı

Değer	Kod	Açıklama
1	100	Yerleşim
2	211	Kuru tarım ve mera
3	212	Sulu tarım ve mera
4	213	Kuru / sulu tarım ve mera
5	280	Tarım alanı/Çayırılık
6	290	Tarım alanı/Ağaçlık
7	311	Çayırılık
8	321	Çalılık
9	330	Çalı ve çayırılıklar
10	332	Bozkır-Step
11	411	Yaprağını döken geniş yapraklı
12	412	Yaprağını döken iğne yapraklı
13	421	Yaprağını dökmeyen geniş yapraklı
14	422	Yaprağını dökmeyen iğne yapraklı
15	430	Karışık orman
16	500	Su
17	620	Otsu sulak alan
18	610	Ağaçlık sulak alan
19	770	Açıklık veya seyrek bitkili
20	820	Otsu tundra (kutup bozkırı)
21	810	Ağaçlık tundra
22	850	Karışık tundra
23	830	Çıplak tundralar
24	900	Kar veya buz

Bu çalışmada, uydu görüntülerine ait dijital numara değerleri görüntü dosyaları ile birlikte temin edilen bilgi dosyalarında bulunan sapma (bias) ve kazanç (gain) değerleri kullanılarak radyans değerlerine dönüştürülmüştür. Bu işlemde 1 numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$L = C_0 + C_1 * DN \quad (1)$$

Eşitlikte  $C_0$  sapma,  $C_1$  kazanç değerlerini göstermektedir ve birimleri  $mW \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$  dir. Ayrıca  $L$ , radyans;  $DN$  ise dijital numara (Digital Number) değerini göstermektedir.

Bir sonraki aşamada ise uydudaki yansıtma değerleri (at-satellite reflectance) aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde edilmiş ve güneş aydınlanmasının neden olduğu farklılıklar düzeltilmiştir (Lathrop, 1988).

Uydudaki yansıtma değeri,  $p_\lambda$ ;

$$p_\lambda = (\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2) / (ESUN_\lambda \cdot \cos\theta)$$

Bu eşitlikte,

$L_\lambda$  = belirli bir dalga boyunda ölçülen spektral radyans

$\theta$  = güneş zenit açısı

$ESUN$  = ortalama solar irradyans değeri ( $W \text{ m}^{-2} \text{ um}^{-1}$ ),

$d$  = Dünya ve güneş arasındaki mesafe.

Atmosferik düzeltme işlemi koyu nesne çıkartılması Dark Object Subtraction (DOS) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem pek çok bilim adamı tarafından Landsat görüntülerinin atmosferik düzeltilmesi işlemi için kullanılmakta ve homojen atmosfer koşulları ve görüntü üzerinde koyu nesnelerin (sıfır yada çok düşük yansıtma değerine sahip nesneler) var olduğunu varsaymaktadır. Bu durumda, bazı yersel nesneler çok koyu renktedir ve algılayıcının bu nesneler için kaydettiği radyans değeri tamamen doğrultu radyans  $L_d$  değeridir. Bu nedenle histogramdaki minimum yansıtma değeri atmosferin etkisinden kaynaklanır ve tüm piksel değerlerinden çıkartılır (Song vd., 2001; Liang, 2004).

DOS yöntemi uygulandıktan sonra, görüntüler üzerindeki sis etkisi giderilmiştir. Bu metodu uygulamak için, gölge altında kalan yada çok koyu renkte olan (su yüzeyleri) alanlar seçilmiş, bu alanlara ait yansıtma değerleri temin edilmiş ve bu değerler diğer piksellerden çıkartılmıştır. Saçılma dalgaboyuna bağlı olduğu için minimum yansıtma değerleri her bir bant için ayrıdır ve bu nedenle işlem tüm bantlar için ayrı ayrı

gerçekleştirilmiştir (Lathrop, 1988; Liang vd., 2004).

### **Geometrik düzeltme**

Uzaktan algılanmış görüntüler ilk kaydedildikleri zaman geometrik hatalar içerirler. Bu hatalar sistematik olan ve sistematik olmayan geometrik hatalar olmak üzere ikiye ayrılır.

Sistematik distorsiyonlar; yeryüzü tarama hataları, tarama aynası hızındaki değişimler, panoramik distorsiyon, platform hızı değişimleri, yeryüzü eğikliği ve perspektif görüş hataları nedeniyle meydana gelir. Sistematik hatalar platform efemeris verileri ve iç algılayıcı distorsiyon bilgileri kullanılarak düzeltilebilir. Sistematik olmayan distorsiyonlar; uydunun konumu ve yüksekliğinde meydana gelen değişimler nedeniyle ortaya çıkar. Sistematik olmayan hatalar ise; görüntü üzerinde keskin ve net olarak ayırt edilebilen yer kontrol noktaları ile bu noktaların yeryüzündeki koordinatları arasındaki matematiksel bağıntıyı kurarak giderilir (Sertel vd., 2007).

Geometrik düzeltme işlemi; görüntüyü standart bir projeksiyona getirerek harita amaçlı kullanabilmek, farklı zamanda elde edilmiş aynı bölgeye ait görüntülerden değişim analizi yapabilmek, görüntüleri mozaik hale getirebilmek, sınıflandırma işlemi için harita koordinatlarına göre örnekleme alanlarının belirleyebilmek ve bilgi sistemine entegrasyon sağlayabilmek için gerekli bir adımdır (Sertel vd., 2007).

Geometrik düzeltme işlemini gerçekleştirmek amacıyla görüntüler üzerinde yaklaşık olarak homojen dağılmış, yol kesişimleri, limanlar v.b keskin ayırt edilebilen nesnelere yer kontrol noktası olarak seçilmiştir. Afin dönüşüm eşitlikleri kullanılarak 0.5 piksel ve altında karesel ortalama hatalarla geometrik düzeltme işlemi tamamlanmıştır. Ayrıca, geometrik düzeltme işlemlerinin doğrulukları test noktalarıyla kontrol edilmiştir.

### **Sınıflandırma**

Sınıflandırma, bir görüntüdeki her bir piksel değerinin ait olduğu özellik grubunu belirleme iş-

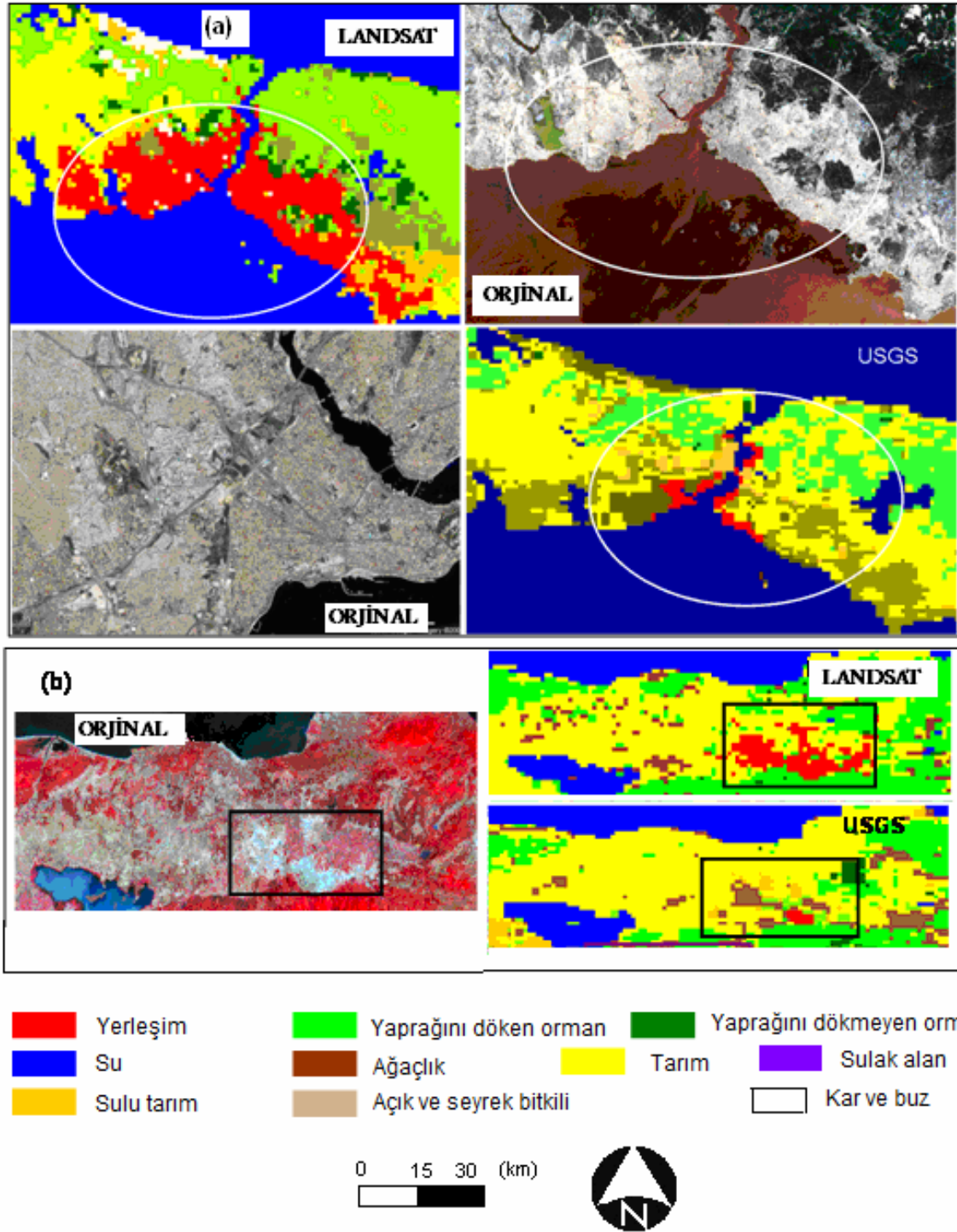
lemidir. Eldeki verilerden, o verilerin geldiği nesnelere ya da sınıfların bulunmasıdır. Sınıflandırma, genel olarak nesnelere farklı spektral yansıtımlarına dayandırılır. Sınıflandırmada amaç, aynı spektral özellik taşıyan nesnelere gruplamaktır. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için çok spektrumlu veri kullanılır. Her bir piksele ait spektral özellik verisi sınıflandırma için nümerik değerleri oluşturur. Her nesne çeşidi doğasındaki spektral yansıtım ve yutulmaya bağlı olarak farklı DN (dijital numaralarla) ifade edilirler. Sınıflandırma yöntemleri hakkında detaylı bilgi literatürde pek çok kaynakta yer almaktadır (Musaoğlu, 1999; Mather, 1999).

Bu çalışmada ISODATA kontrolsüz sınıflandırma ve Maksimum Benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Spektral karışımın gözlemlendiği pilot bölgeler ayrıca sınıflandırılmış ve son aşamada tüm sınıflandırmalar birleştirilerek, 1 km mekansal çözünürlüğe yeniden örneklenip Marmara Bölgesi için 2005 yılı arazi örtüsü verisi oluşturulmuştur. Sınıflandırmanın doğruluk analizi bu veri üzerinden seçilen 250 noktanın yer gerçeği verileri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilmiştir. Hata matrisi ve kapa istatistik analizleri sonucunda, %83 toplam doğruluk ve %82 kapa değeri bulunmuştur.

### **Bulgular**

Landsat7 ETM+ görüntülerinden üretilen arazi örtüsü ile GLCC arazi örtüsü verisinin kıyaslanması iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, tüm Marmara Bölgesi için karşılaştırma analizi yapılarak, iki veri arasındaki farklılıklar belirlenmiş ve sonuçlar yer gerçeği verileri ile doğrulanmıştır.

İlk karşılaştırma Marmara Bölgesi'ndeki yerleşim alanları için yapılmıştır. Marmara bölgesinde, hızlı nüfus artışı ve edüstriyelleşme sonucunda yerleşim alanları önemli ölçüde artmıştır. GLCC ve yeni arazi örtüsünün kıyaslanması sonucunda, İstanbul, Bursa, İzmit ve Adapazarı illerindeki yerleşim alanlarının GLCC verisinde eksik bir şekilde temsil edildiği bulunmuştur. İstanbul ve Bursa illerindeki yerleşim farklılıklarının daha büyük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Yerleşim alanları karşılaştırması

Şekil 1a'da GLCC verisinde İstanbul için yerleşim alanı olarak, sadece İstanbul Boğazı'nın etrafındaki sınırlı bir alan gösterilmiştir. Gerçek yerleşim alanı sınırlarının bu şekilde olmadığı Landsat arazi örtüsü verisi ile belirlenmiş, farklı

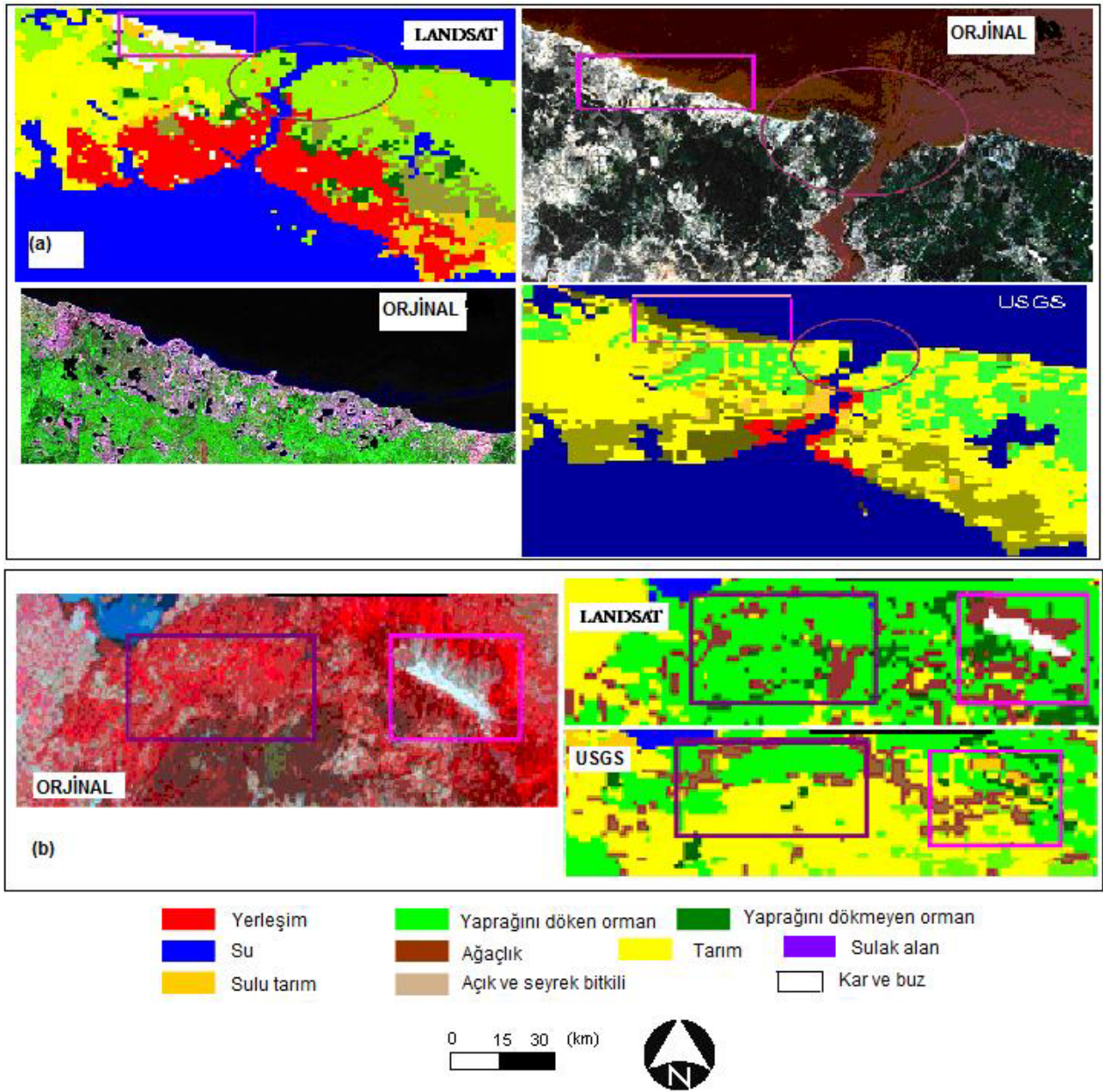
çözünürlükteki uydu görüntüleri ve yersel ölçmeler ile de doğrulanmıştır. GLCC verisinde, gerçekte yerleşim olan pek çok alan tarla ve ağaçlık olarak gösterilmektedir. Şekil 1b'de, Bursa ilindeki yerleşim alanları gösterilmektedir.

GLCC verisinde yerleşim alanları küçük bir alanla ifade edilmiş, gerçekte yerleşim olan alanlar ise tarım alanı olarak temsil edilmiştir. Öte yandan, Landsat7 ETM+ arazi örtüsü bu alandaki yerleşim ve diğer sınıfları doğru şekilde göstermektedir.

GLCC verisinde karşılaşılan diğer bir problem ise orman ve tarlaların spektral karışımı sonucunda orman olan bazı alanların tarla olarak sınıflandırılmış olmasıdır. Landsat ETM görüntülerinde bu tür spektral karışımların olduğu pilot

bölgeler seçilip ayrıca sınıflandırılarak bu etki elimine edilmiştir. Şekil 2a'da İstanbul Sarıyer bölgesinde yer alan ormanlık alanlar, GLCC verisinde tarla olarak gösterilmiştir. Ayrıca, şekil 2b'de Uludağ çevresi ve Ulubat Gölü güneyindeki ormanlık alanlar, GLCC verisinde tarla olarak gösterilmiştir. Landsat7 ETM+ arazi örtüsü bu alanları doğru temsil etmektedir.

İstanbul Avrupa yakası kıyı alanlarında açık maden çalışmaları sonucunda çıkarılan artıklar denize doldurularak Kilyos Karaburun sahilinde



Şekil 2. GLCC ve Landsat7 ETM+ arazi örtüsü



değişimler meydana gelmiştir. Bu bölgede bazı ormanlık alanlar açık alanlara yada seyrek bitkili alanlara dönüştürülmüştür. Bu durum Landsat arazi örtüsünde tespit edilebilirken, GLCC verisi bu alanları ağaçlık orman olarak göstermektedir (Şekil 2a).

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda GLCC versinin su kütleleri ve kara su ayrımlarını doğru temsil ettiği belirlenmiştir. Su sınıfı için tespit edilen tek problem, Ömerli Gölü için olmuştur. Bu veride, göl normal alanından iki kat büyük olarak gösterilmiştir. GLCC verisi, Trakya Bölgesi'ndeki tarım alanlarının büyük bir kısmını doğru olarak ifade etmektedir.

Karşılaştırmanın son aşamasında, dört tane meteorolojik istasyon seçilmiş ve bu istasyonlar çevresinde 3 km yarıçapa sahip tampon bölgeler oluşturulmuştur. Bu tampon bölge içerisindeki arazi örtü tiplerinin yüzde olarak miktarları GLCC ve Landsat arazi örtüsü için belirlenerek, değerler birbirleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. İstasyonların etrafındaki baskın arazi tipleri

İstasyon	GLCC	Landsat
Florya	%60 tarla, %40 ağaçlık	%90 yerleşim, %10 tarla
Bursa	%50 orman, %50 yerleşim	%30 orman, %70 yerleşim
Edirne	%100 tarla	%100 tarla
Sakarya	%40 yerleşim, %60 tarla	%60 tarla, %40 yerleşim

Tampon bölge analizleri sonucunda da, GLCC verisinin Trakya Bölgesi için doğru olduğu fakat yerleşim alanları içeren Florya, Bursa ve Adapazarı illeri civarında yanlışlıklar içerdiği tespit edilmiştir.

## Sonuçlar

Arazi örtüsü, yüzeyin albedosunu, pürüzlülüğünü ve bunlara bağlı olarak ısı kapasitesi, momentum, gizli ve hissedilebilir ısının ne şekilde dağılacığını kontrol ettiği için iklim çalışmaları için önemlidir. Arazi örtüsünün yanlış temsil

edilmesi sonucunda belirtilen değişkenler yanlış hesaplanabileceği için, iklim simülasyonlarının doğruluklarında sapmalar olabilir.

Bu çalışmada daha doğru ve güncel arazi örtüsü verisi üretmek için uzaktan algılama yöntemleri ve Landsat7 ETM+ görüntülerinin kullanılması önerilmiştir. Landsat7 ETM+ uydu görüntülerinden üretilen arazi örtüsü verisinin, GLCC verisi ile kıyaslanması sonucunda GLCC verisinin güncel olmadığı, yerleşim alanlarını eksik gösterdiği ve bazı bölgelerde orman ve tarım alanlarında meydana gelen spektral karışımlar sonucunda bu alanların yanlış temsil edildiği gösterilmiştir.

Özellikle yüksek çözünürlükte gerçekleştirilecek bölgesel iklim modelleme çalışmalarında arazi örtüsünün etkisi artacağı için GLCC verisine alternatif, güncel ve daha doğru arazi örtüsü verilerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada Landsat görüntüleri kullanılarak daha kaliteli ve doğru arazi örtüsü verisinin nasıl hazırlanabileceği aşama aşama gösterilmiştir.

Bölgesel iklim modelleme çalışmaları gerçekleştirilmeden önce, çalışma bölgesine ait arazi örtüsü verisi mutlaka kontrol edilmeli ve gerekli durumlarda bu veri daha güncel ve doğru arazi örtüsü verileri ile değiştirilmelidir.

## Kaynaklar

- Brivio, P.A., Colombo, R., Maggi, M. ve Tomasoni, R., (2002). Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas, *International Journal of Remote Sensing*, **23**, 3, 429–441.
- IPCC, (1996). Climate change, impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R.T., et al., Eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- Lathrop, R.G., (1988). The integration of remote sensing and geographic information systems for Great Lakes water quality monitoring, *PhD Thesis*, University of Wisconsin, USA.
- Liang, S., (2004). *Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces*, John Wiley and Sons, New Jersey, USA.

- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, J, Yang, L., ve 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* , **21**, 1303-1330.
- Mather, P.M., (1999). *Computer Processing of Remotely Sensed Images*, Prentice Hall, USA
- Musaoğlu, N., (1999). Elektro-optik ve mikrodalga algılayıcılardan elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetiştirme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Örmeci, C., Ekercin, S., (2007). An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes*, **21**, 1424-1435, DOI: 10.1002/hyp.6355
- Ostir, K., Veljanovski, T., Podobnikar, T. ve Stancic, Z., (2002). Application of satellite remote sensing in natural hazard management: The mount mangart landslide case study, *International Journal of Remote Sensing*, **24**, 20, 3983–4002.
- 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.
- Schweiger, E.W., Bolgrien, D.W., Angradi, T.R. ve Kelly, J.R., (2005). Environmental monitoring and assessment of a great river ecosystem: The upper Missouri River pilot, *Environmental Monitoring and Assessment*, **103**, 21–40.
- Sertel, E., Kutoglu, S.H., Kaya, S., (2007). Geometric correction accuracy of different satellite sensor images: Application of figure condition, *International Journal of Remote Sensing*, DOI: 10.1080/01431160701592452.
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P. ve Macomber, S.A., (2001). Classification and change detection Using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing of Environment*, **75**, 230-244.