



Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi
Fırat University Journal of Social Science
Cilt: 20, Sayı: 1, Sayfa: 115-138, ELAZIĞ-2010

GÖRÜNTÜ FARKI ALMA METODU VE BEKLENTİ MAKSİMİZASYONU ALGORİTMASI İLE GELİBOLU YARIMADASI TARİHİ MİLLİ PARKI ORMAN ALANLARINDAKİ MEKANSAL DEĞİŞİMİN ANALİZİ¹

*Analysis of the Spatial Changes of Forest Areas in the Gelibolu Peninsula
Historical National Park through Image Difference Method and
Expectation - Maximization Algorithm*

Muzaffer ÖZDEMİR² Cengiz AKBULAK³ H.Hülya YILDIRIM⁴

ÖZET

Günümüzde, farklı tarihli uydu görüntülerinden değişim belirleme uygulamaları, doğal kaynakların yönetimi ve geleceğe yönelik planlamalar açısından oldukça önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, sahip olduğu tarihi ve arkeolojik önemden dolayı, gerek yurt içi gerekse yurt dışından ziyaretçilerin yoğun ilgisini çeken, fakat aynı zamanda orman yangınları açısından Türkiye'nin en riskli alanlarından biri olan Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı sınırları içindeki ormanların alansal değişimleri incelenmiştir. Bu bağlamda, 1977, 1987, 1999 ve 2007 yıllarına ait Landsat (MSS, TM ve ETM) uydu görüntüleri kullanılarak, eğitimsiz değişim analiz yöntemlerinden biri olan "Görüntü Farkı Alma Metodu" ile alansal değişim analizi yapılmıştır. Analizler sırasında, fark görüntülerindeki 'değişen' ve 'değişmeyen' alanlar, Beklenti Maksimizasyonu (Expectation Maximization- EM) Algoritması ile belirlenen bir eşik değeri çerçevesinde hesaplanmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Park alanında ormanların bir daralma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı, Orman Yangınları, Uzaktan Algılama, Görüntü Farkı Alma Metodu, Expectation Maximization Algoritması

¹ Bu makalenin materyal ve metot kısmının hazırlanmasında, Özdemir (2008) tarafından yapılan "Bilgisayar Ortamında Uydu Verileri ile Değişim Analizleri: Gelibolu Tarihi Milli Parkındaki Orman Yangınlarına Uygulamaları" konulu doktora tezinden faydalanılmıştır.

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Çanakkale; e-mail: mozdemir@comu.edu.tr

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale; e-mail: cakbulak@comu.edu.tr

⁴ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kocaeli; e-mail: hulya.yildirim@kou.edu.tr

ABSTRACT

At the present day, change detection applications by using satellite images acquired at different dates are more important in terms of the management of natural sources as well as future plans. In this study, the forest areas in the Gallipoli Peninsula Historical National Park which is attracted intense interest by visitors are coming from domestic and abroad because of its historical and archaeological importance but also one of the riskiest areas in Turkey in terms of forest fires were examined. The changes occurring in different years (1977, 1987, 1999 and 2007) in study area were followed by using Landsat (MSS, TM and ETM) satellite images through “Image Difference” method which is one of the unsupervised change analysis methods. In the analysis, areas which ‘change’ and ‘no change’ in the difference image were calculated through the threshold values determined by the Expectation-Maximization Algorithm. According to the results obtained from analysis, it was determined that forest areas in the Gallipoli Peninsula Historical National Park were as a narrowing trend.

Key Words: Gelibolu Peninsula Historical National Park, Forest Fires, Remote Sensing, Image Difference Method, Expectation-Maximization Algorithm

1.GİRİŞ

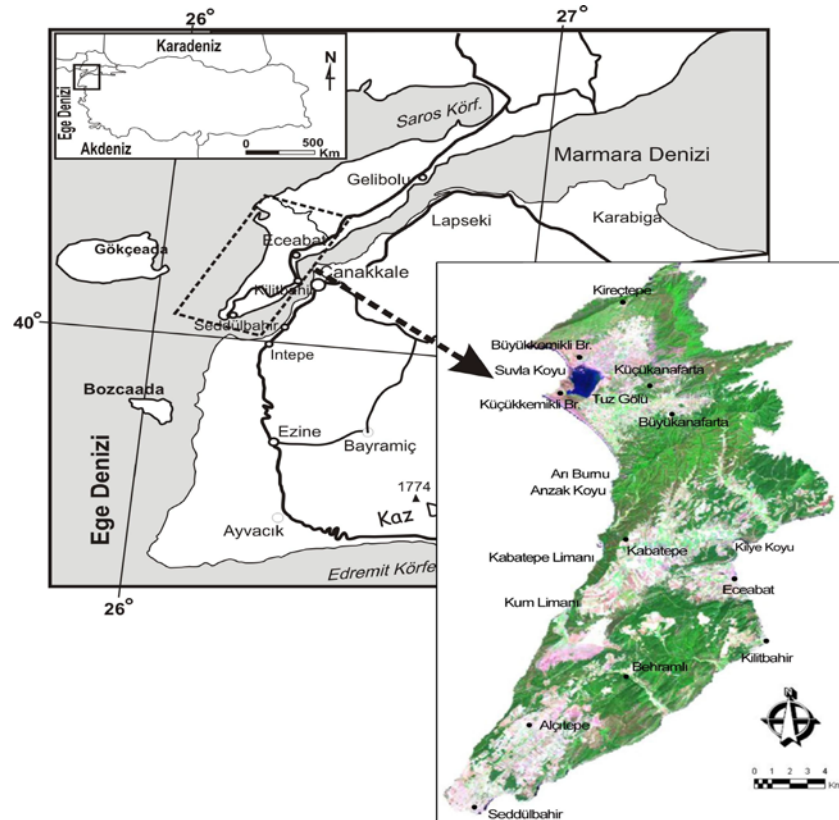
Değişim analizi, farklı zamanlarda gözlemlenerek algılanan bir doğa olayının veya nesnenin durumundaki farklılıkları belirleme ve değerlendirme yöntemidir (Singh, 1989). Günümüzde uydu teknolojilerinin hızlı gelişimi sayesinde, yer gözlem uydularının kaydettiği veriler, tekrar eden dönemlerde ve farklı mekansal ve spektral çözünürlüklerde alınabilmektedir. Böylece doğal kaynakların yönetimi için gerekli olan değişim analizlerinin yapılmasında uzaktan algılama etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca farklı dönemlere ait uydu görüntülerinden faydalanarak, bir alanda meydana gelen arazi kullanımı değişimleri de uzaktan algılama metotları yardımıyla tespit edilebilmektedir (Lu ve diğ., 2004; Olson ve diğ., 2004).

Farklı tarihli uydu görüntüleri ile arazi kullanım değişimlerini ortaya koymak amacıyla, çalışma alanı ile ilgili ön bilgilere ihtiyaç duyulan eğitimli sınıflandırma metotları günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat yeryüzünde meydana gelen değişimler, oldukça eski tarihli uydu görüntüleri ile incelenmek istendiğinde, eğitim alanlarının seçimi için gerekli olan referans verileri bulmak oldukça zor (veya neredeyse imkansız) olmaktadır. Bu durumda, değişim belirleme uygulamaları için Değişim Vektör Analizi, Tasseled Cap Dönüşümü, Görüntü Farkı Alma (GFA), Temel Bileşenler Analizi gibi eğitimsiz metotlara başvurulmaktadır. Bu çalışmada, diğer eğitimsiz değişim analiz metotlarına göre uygulanması daha kolay olan GFA metodu ile Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı (GYTMP) sınırları içinde yer alan ormanların alansal değişimleri

incelenmiştir. Milli Park, sahip olduğu tarihi ve arkeolojik önemden dolayı, gerek yurt içi gerekse yurt dışından ziyaretçilerin yoğun ilgisini çeken, fakat aynı zamanda orman yangınları açısından Türkiye'nin en riskli alanlarından biridir (Akbulak ve Özdemir, 2008). Parktaki biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilmesinde belirleyici bir rol oynayan ormanlar, yerel halk ve ziyaretçiler açısından da büyük bir önem taşımaktadır. İnceleme alanındaki ormanlar bu önemlerine karşın, çoğunlukla beşeri etkenlerden kaynaklanan yangınlar sebebiyle büyük tahribata uğramaktadır.

2. İNCELEME ALANININ COĞRAFI ÖZELLİKLERİ

GYTMP, Gelibolu Yarımadası'nın güney kısmında yer alır ve 33000 hektarlık bir alan kaplar (Şekil 1). Tarihi ve kültürel değerleri dikkate alınarak, Orman Bakanlığı tarafından 1973 yılında "Tarihi Milli Park" ilan edilen inceleme alanı, 1981 yılında 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yasası kapsamında, Kültür Bakanlığı'na çok yönlü sit alanı olarak tescil edilmiştir (Yaşar, 2001).



Şekil 1. İnceleme alanı (Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı), sağ alta 22 Ağustos 2007 tarihli Landsat ETM-742 uydu görüntüsünde park sınırları içerisinde verilmiştir.

Bu düzenlemelere rağmen, GYTMP içinde kaçak ve ruhsatsız yapılaşmalar, orman yangınları, koordinasyon eksikliği ve denetim boşluğu gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunları çözümlenmek ve parkı barışa adanmak amacıyla Türkiye'nin ilk uluslararası fikir ve tasarım yarışması düzenlenmiş, özel bir yasa çıkarılmış ve yeni bir Uzun Devreli Gelişim Planı hazırlanmıştır (Bademli ve diğ., 2000; Aliağaoğlu, 2008). Böylece, Milli Parkın korunması, geliştirilmesi, yönetilmesi ve tanıtılması ile ilgili planlama esaslarını belirleyen 4533 No'lu "Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı Kanunu" Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (20.02.2000 tarih ve 23970 sayılı Resmi Gazete)

İnceleme alanı genel olarak, eski aşınım yüzeylerinin akarsular tarafından yarılmasıyla meydana gelmiş olan ve ortalama yükseltisi 150-250 m'ler arasında değişen, alçak plato karakteri göstermektedir. Tepeler ve sırtlarla, bunları birbirinden ayıran vadiler, özellikle kıyı kesimlerde engebeli bir topografya oluşturmaktadır. Alçı Tepe (237 m), Eğirli Tepe (221 m), Kayalı Tepe (209 m), Sarıkız Tepe (208 m) ve Fırka Tepe (207 m) ve Kocaçimen Tepe (303 m) inceleme alanının en yüksek kesimlerini meydana getirmektedir. Hafif eğimli konglomera, kum ve molaslardan oluşan tepelerin yüksek ve konveks olan kısımlarında aşınma sonucunda meydana gelmiş hafif dalgalı düzlükler yer alır. Tepe ve sırtların kuzey yamaçları güney yamaçlarına göre daha diktir. Yamaçlarda görülen bu disimetrik durum, yüksek rölyefi meydana getiren molas ve konglomera tabakalarının eğimli olmalarıyla ilgilidir (Yalçınlar, 1949).

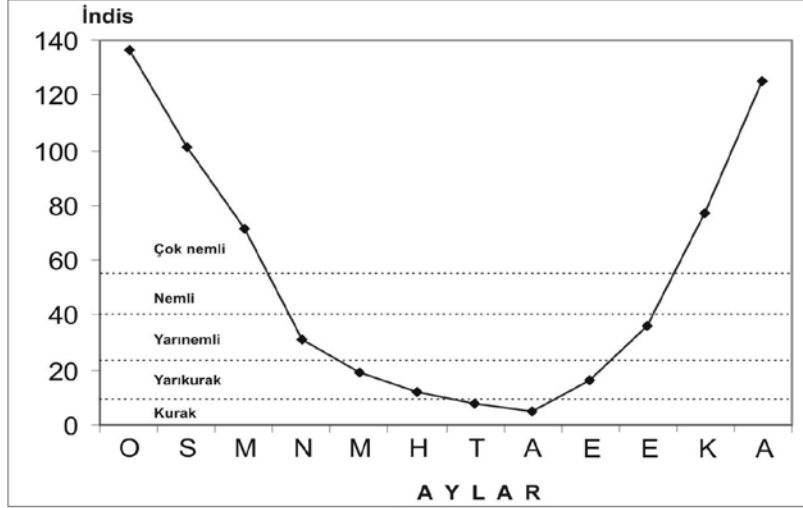
GYTMP alanındaki başlıca düzlükleri alüvyal taşkın ovaları, kıyı kumulları ve Tuz Gölü çevresindeki düzlükler meydana getirir. En önemli alüvyal düzlük, Çanakkale Boğazı kıyısındaki Kilye Koyu ile Saros Körfezi kıyısındaki Kabatepe Limanı arasında yer alan Geren Ovasıdır. Park alanının kuzeybatısında, Büyükkemikli ve Küçükkemikli burunları arasındaki Suvla Koyunun gerisinde yer alan Tuz Gölü çevresinde de nispeten geniş düzlükler bulunmaktadır. Lagün özelliği gösteren Tuz Gölü, kıyı akıntıları ve dalgalar tarafından taşınan materyalin, bir kıyı oku meydana getirerek Suvla Koyu'nun ağız kısmını kapatması sonucunda oluşmuştur. Gölün batı kıyılarında kumul gelişimi söz konusudur. İnceleme alanındaki diğer düzlükleri Anafartalar, Bigalı, Yalova ve Seddülbahir ovaları ile Kemikli, Kabatepe ve Kum Limanı kumsalları meydana getirmektedir.

GYTMP alanının doğusunda, özellikle Kilitbahir Köyü ile Abide Burnu arasında, Çanakkale Boğazı boyunca uzanan kıyı kesimlerde eğim değerleri oldukça yüksektir. Bu dik kıyılar, güneybatıya doğru hafifçe eğimli olan kalkerli tabakaların alın kısımlarına tekabül etmektedir (Erol, 1968). Diğer taraftan Milli Park alanının Saros Körfezi kıyıları

da genel olarak yüksek kıyı özelliği gösterir. Söz konusu kesimlerde yer yer % 45'i aşan eğim değerleri gözlenmektedir. İnceleme alanındaki kıyıların bu jeomorfolojik özellikleri, etkisini daha çok yerleşme ve ulaşım güzergahları üzerinde gösterir (Doğaner, 1994). Nitekim kıyılarıdaki düzlüklerin dar olmasından dolayı ulaşım güzergahları ve yerleşmeler genellikle iç kısımlarda toplanmıştır. Diğer taraftan eğim değerlerinin yüksek olduğu bu kesimler, ortaya çıkan orman yangınlarının hızlı bir şekilde yayılmasına yol açtığı gibi yangına etkili müdahaleyi güçleştirerek yangın tahribatının artmasına neden olmaktadır.

İnceleme alanı Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş özelliği gösteren Marmara İkliminin etkisi altındadır. Çalışmada iklim özelliklerinin ortaya konulmasında Gelibolu meteoroloji istasyonunun verilerinden faydalanılmıştır. Buna göre GYTMP alanında yıllık ortalama sıcaklık 14.4 °C, en sıcak ay olan Temmuz ayı sıcaklık ortalaması 23.7 °C ve en soğuk ay olan Ocak ayı sıcaklık ortalaması 5.3 °C'dir (DMİGM). Yıllık toplam yağış miktarı 675.2 mm'dir. Akdeniz Makroklimasının etkisiyle yağışın önemli bir bölümü (% 42.3) kış aylarında düşerken, orman yangınlarının gerçekleştiği yaz aylarında düşen yağışların yıllık ortalama toplam yağışlar içindeki payı oldukça azdır (% 8.2). Ortalama bağıl nem % 78'dir. Bağıl nemin en yüksek olduğu aylar % 83 ile Ocak ve Şubat iken, Temmuz ve Ağustos ayları %72 ile en düşük değerlere sahiptir. Rüzgarlı bir alan olarak bilinen Gelibolu Yarımadası'nda ortalama rüzgar hızı 2.7 m/sn'dir. Hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur. Bu yönden esen Poyraz, yazın frekansını kışın hızını artırarak yıl boyunca etkili olur. Rüzgarın en hızlı estiği yön 17.2 m/sn ile güneybatıdır. İnceleme alanının rüzgarlı bir karakter göstermesi, ortaya çıkan orman yangınlarının hızlı bir şekilde yayılmasına yol açar.

Erinç İndisine (Erinç, 1965) göre, aylık toplam yağış ve aylık maksimum sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak hazırlanan ve inceleme alanındaki kuraklık indis değerleri Şekil 2'de görülmektedir. İndis değerlerine göre, Temmuz ve Ağustos ayları "kurak" kategorisinde; Mayıs, Haziran ve Eylül ayları ise "yarıkurak" kategorisinde yer almaktadır. Kurak ve yarıkurak kategorisinde bulunan aylar aynı zamanda inceleme alanında orman yangınlarının en çok gerçekleştiği döneme karşılık gelmektedir.



Şekil 2: Erinç kuraklık indisine göre Gelibolu meteoroloji istasyonunda kuraklık indis değerlerinin aylara göre dağılışı.

İnceleme alanında Akdeniz İkliminin bitki örtüsü elemanları yayılış gösterir. Gelibolu Yarımadası'nın tamamında olduğu gibi GYTMP alanında da orman örtüsü "kuru ormanlar"dan oluşur ve Kızılçam (*Pinus brutia*) hakim eleman durumundadır (Güngördü, 1999). Milli Park'ın kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde kızılçamlarla karışık halde meşe ağaçları da bulunmaktadır. Kızılçam ormanlarının geniş ölçüde tahrip edilmesi sonucunda, özellikle vadilerde ve tepelerin denize bakan yamaçlarında maki formasyonu yayılış gösterir. Akçakesme (*Phillyrea latifolia*), zeytin (*Olea europaea var oleaster*) kermez meşesi (*Quercus coccifera*), defne (*Laurus nobilis*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), funda (*Erica arboea*), sandal (*Arbutus andrachne*), tespah çalısı (*Sytrax officinalis*), erguvan (*Cercis siliquastrum*), sakız ağacı (*Pistacia terebinthus*), katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus*) ve laden (*Cistus salviifolius*) başlıca maki elemanlarını meydana getirir (Güngördü, 1999). Makilerin tahribi sonucunda ortaya çıkan garig formasyonu (Dönmez, 1990) ise Kireçtepe, Kabatepe ve Kemikli Burnu çevresinde yayılış gösterir.

Sonuç itibarıyla inceleme alanındaki bitki örtüsünün genel olarak orman yangınlarına karşı hassas türlerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Başta kızılçam olmak üzere, çabuk tutuşan ve ortaya çıkan bir yangının hızla yayılmasına neden olan bu bitki türleri, orman yangınlarının yol açtığı tahribatın artmasında önemli bir rol oynamaktadır.

GYTMP sınırları içinde 9 yerleşim birimi (Eceabat, Alçıtepe, Behramlı, Bigalı, Büyükanafarta, Küçükkanafarta, Kocadere, Seddülbahir, Kilitbahir) yer almaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerine göre 2008 yılı itibariyle bu yerleşmelerde yaşayan toplam nüfus miktarı 8.442'dir (TÜİK, 2008). Nüfusun % 43.4'ü (3.664) kırsal yerleşmelerde, % 56.6'sı (4.778) ise Tarihi Milli Park alanındaki tek şehir yerleşmesi olan Eceabat'ta yaşamaktadır. Alandaki toplam nüfus miktarının 1990'da 7.900, 1997'de 8.659 olduğu (DİE, 1990;1997) göz önünde bulundurulursa, son sayım sonuçlarına göre nüfusun azalmış olduğu görülür. İnceleme alanında yerel halk tarafından yürütülen ekonomik faaliyetlerin sınırlı olması nedeniyle düşük bir nüfus yoğunluğu mevcuttur. Km²'ye düşen nüfus miktarı 25.5 kişidir ve bu değer Türkiye ortalamasının (92) oldukça altındadır. Bu düşük nüfus yoğunluğu, park üzerindeki baskıyı azaltması ve alandaki tarihsel değerlerin korunması bakımından olumlu bir özelliktir.

GYTMP alanında yaşayan nüfusun en önemli geçim kaynağı tarımdır. İnceleme alanında özellikle alüvyal düzlülerin yer aldığı kesimler verimli tarım arazilerini meydana getirmesine karşın, sulama olanaklarının yetersizliğinden dolayı, bu alanlarda genellikle kuru tarım yöntemleri uygulanmakta ve arazinin sahip olduğu tarımsal potansiyel tam anlamıyla değerlendirilememektedir. İnceleme alanında yetiştiriciliği yapılan en önemli ürün buğdaydır. Bu ürün dışında az miktarda sebze, meyve ve zeytin yetiştiriciliği de yapılmaktadır. İnceleme alanında mera alanlarının dar olması ve ahır hayvancılığının da yaygınlaşmamış olmasından dolayı hayvancılık faaliyeti pek gelişmemiştir. Yüksek bir balıkçılık potansiyelinin bulunmasına karşın, Kilitbahir ve Seddülbahir köyleri dışında bu faaliyet ile uğraşılmamaktadır. Dolayısıyla GYTMP alanında yerel halk tarafından yürütülen ekonomik faaliyetlerin oldukça sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir.

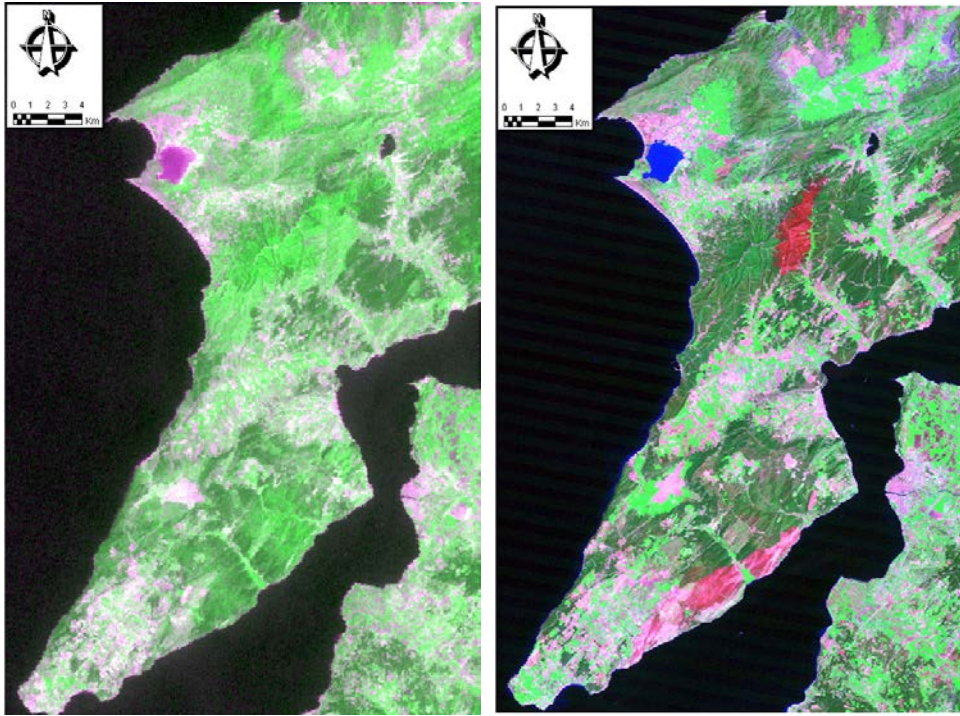
3. MATERYAL VE METOT

a. Uydu Görüntüleri

Çalışmada, 1987 ile 2007 yılları arasındaki farklı tarihlere ait 5 adet uydu görüntüsünden faydalanılmıştır (Tablo 1 ve Şekil 3, 4 ve 5). Çalışmanın amacı doğrultusunda, Landsat MSS uydu görüntüsünün 2. ve 4. bandları ile Landsat TM ve ETM uydu görüntülerinin 3. ve 4. bandları kullanılmıştır. Analizde kullanılan uydu görüntülerinin aynı döneme ait olmalarına dikkat edilmiştir. Bununla birlikte 1977 ve 1999 yıllarındaki görüntülerin farklı dönemlere (sırasıyla Mayıs ve Ağustos) ait olmaları nedeniyle, 1987 yılı için her iki dönemi de temsil eden iki farklı döneme (sırasıyla Mayıs ve Temmuz) ait görüntüler kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.

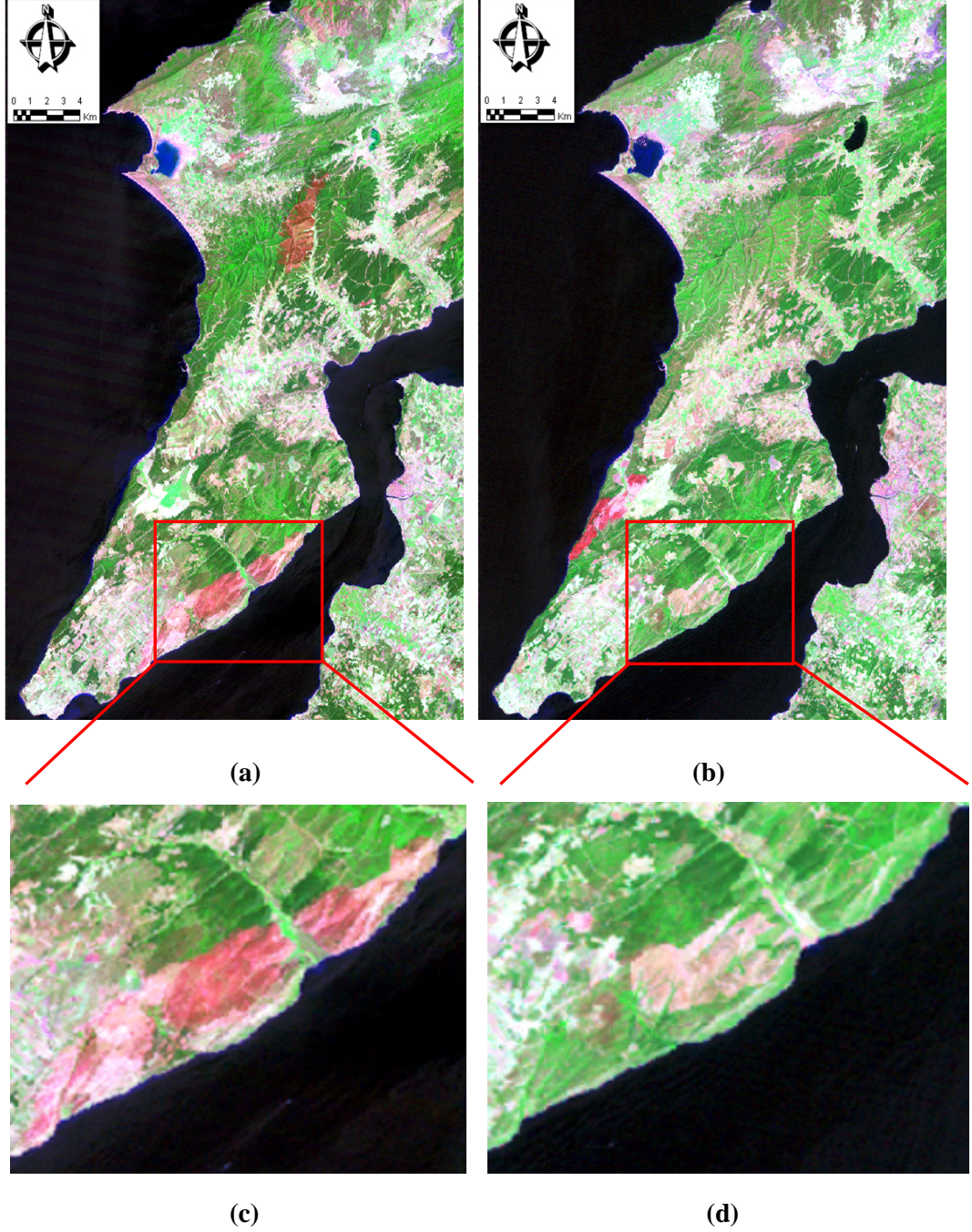
Kullanılan Uydu Görüntüleri	Elde Edilme Tarihleri
1 - Landsat MSS	21 Mayıs 1977
2 - Landsat TM	11 Mayıs 1987
3- Landsat TM	21 Temmuz 1987
4- Landsat TM	08 Ağustos 1999
5- Landsat ETM	22 Ağustos 2007



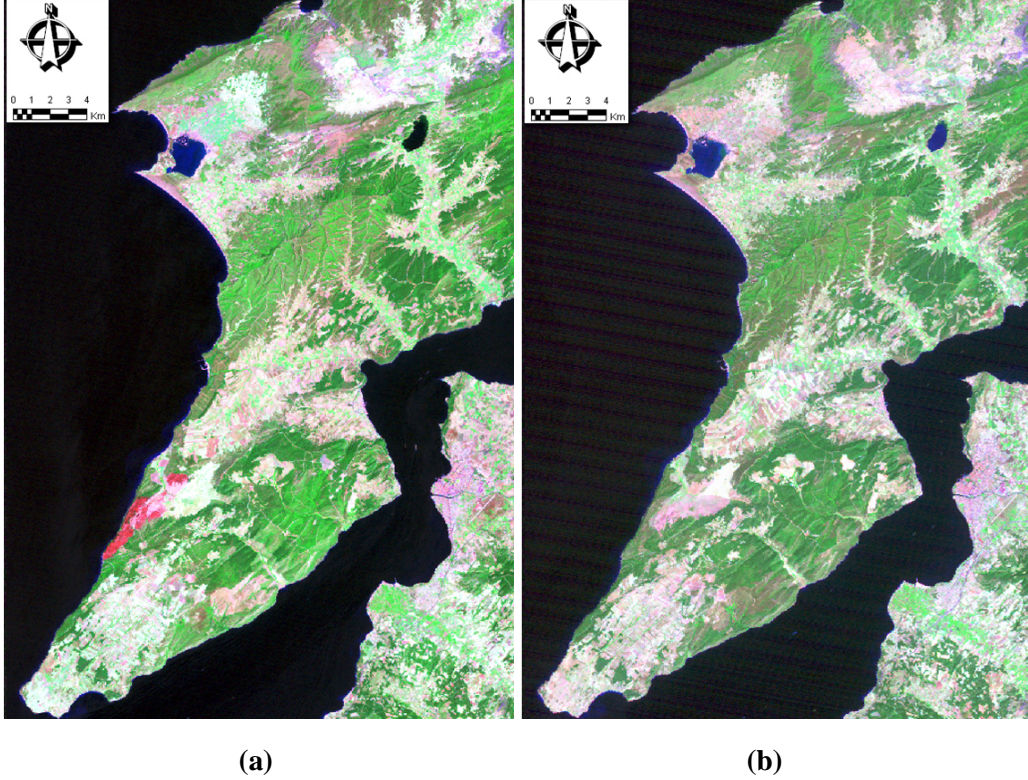
(a)

(b)

Şekil 3. GYTMP alanında, 1977-1987 yılları arası ormanlık alan değişimlerinin incelendiği uydu görüntüleri. Burada (a) 21 Mayıs 1977 tarihli Landsat MSS/ 241 uydu görüntüsü ve (b) 11 Mayıs 1987 tarihli Landsat TM/ 742 uydu görüntüsüdür.



Şekil 4. GYTMP alanında, 1987-1999 yılları arası ormanlık alan değişimlerinin incelendiği uydu görüntüleri. Burada (a) 21 Temmuz 1987 tarihli Landsat TM / 742 uydu görüntüsü, (b) ise 08 Ağustos 1999 tarihli Landsat TM / 742 uydu görüntüsüdür. (c) ve (d)'de bu uydu görüntülerindeki değişimi ayrıntılı olarak gösteren örnek bir alan (Havuzlar Mevkii) verilmiştir.



Şekil 5. GYTMP alanında, 1999- 2007 yılları arası ormanlık alan değişimlerinin incelendiği uydu görüntüleri. Burada (a) 08 Ağustos 1999 tarihli Landsat TM/ 742 uydu görüntüsü ve (b) 22 Ağustos 2007 tarihli Landsat ETM/ 742 uydu görüntüsüdür.

b- Metot

Ön İşlemler

Değişim analizine başlamadan önce genellikle geometrik ve radyometrik görüntü düzeltme uygulamalarını kapsayan ön işlem adımları gerçekleştirilir (Radke ve diğ., 2005). Değişim analizinde kullanılacak görüntülerin mekansal örtüşmesini sağlayabilmek için, bu görüntülerin geometrik düzeltilmesinin yapılması gerekir. Bu işlem, değişim analiz sonuçlarının doğruluğu bakımından kritik bir adımdır. Aydınlanma ve atmosferik şartlardaki farklılıklardan kaynaklanan hataların en aza indirilmesi için görüntülerin radyometrik düzeltilmesinin de yapılması gerekir (Bruzzone ve Prieto, 2002). Çalışmada, radyometrik düzeltme metotlarından “Görelî Radyometrik Düzeltme” metodu kullanılmıştır. Bu metotta farklı tarihli görüntüler bir regresyon modeli yaklaşımı kullanılarak normalize edilir (Lu ve diğ., 2002). Bu yöntemde bir görüntüdeki piksel değerleri, diğer görüntüyle aynı ortalama ve varyansa sahip olacak şekilde yeniden

değerlendirilir, yani ayarlanır. Bu yöntem için kullanılan bir eşitsizlik (Radke ve diğ., 2005)'ce şöyle verilmiştir;

$$I_2'(x) = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \{I_2(x) - \mu_2\} + \mu_1 \quad (1)$$

burada I_2' , normalize edilmiş görüntüye ait piksel değeri, I_2 , I_1 'e göre normalize edilecek (yeni oluşturulacak) görüntüdeki piksel değeri, μ_i ve σ_i 'ler ise orijinal görüntülerdeki (I_i görüntüsü $i=1,2$) ortalama ve standart sapmalardır.

Ayrıca değişim analizinde kullanılacak farklı tarihli uydu görüntülerine ait bandların aynı mekansal çözünürlüğe sahip olması gerekir. Farklı sensör sistemi ile alınan uydu görüntüleri (örn. Landsat MSS ve Landsat TM/ETM) bir değişim belirleme uygulamasında kullanıldığında, bu uydu görüntülerinin piksel büyüklükleri yeniden örnekleme metodu ile birbirine eşitlenmelidir. Çalışmada kullanılan 79 metre mekansal çözünürlüğe sahip Landsat MSS uydu görüntüsü, 30 metre mekansal çözünürlüklü Landsat TM/ETM uydu görüntülerine göre yeniden örneklendi. Bu işlemi gerçekleştirmek için “En Yakın Komşuluk” (Nearest neighbour resampling) metodu kullanılmıştır. Bu metodun en büyük avantajı orijinal verideki spektral bilginin aynı kalmasıdır (Richards ve Jia, 2006).

Bitki İndisi (NDVI)

Bitkiler, Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (B4) bandında yüksek yansımaya değeri verirken, görünür kırmızı bandında (B3) düşük yansımaya değeri vermektedir. Bu yüzden Landsat TM/ETM uydu görüntülerindeki bitki varlığını ön plana çıkarmak için görüntülere ait bitki indisleri,

$$NDVI (Landsat) = (B4 - B3) / (B4 + B3) \quad (2)$$

formülünden (Bernstein, 1977) elde edilebilir. Landsat MSS görüntüsünden bitki indisini elde etmek için ise Landsat TM/ETM bandlarından, B3 ve B4 ile benzer yansımaya değerleri veren MSS (2 veya 3) ve MSS (4) bandları kullanılmaktadır.

Maskelme

Çalışma alanına ait görüntülerde (Şekil 3,4 ve 5) su yüzeylerine karşılık gelen pikseller, yoğun miktarda ve benzer parlaklık değerlerinde olmalarından dolayı analiz şartlarını zorlaştırmaktadır. Bu sebepten dolayı analizlerde kolaylık olması açısından fark görüntülerine su maskesi uygulanmıştır (Şekil 6). Ayrıca tarım arazilerindeki dönemsel değişimler ormanlık alanların değişimlerini analiz ederken zorluklara neden olmaktadır.

Bu nedenle görüntülerdeki tarım alanları da maskelenerek analiz dışı bırakılmıştır. Maske uygulamasını gerçekleştirmeden önce, su yüzeyleri ve tarım arazilerinin varlığını ön plana çıkarmak için;

$$Sİ \text{ (Landsat)} = (\text{Band 4} - \text{Band 5}) / (\text{Band 4} + \text{Band 5}) \quad (3)$$

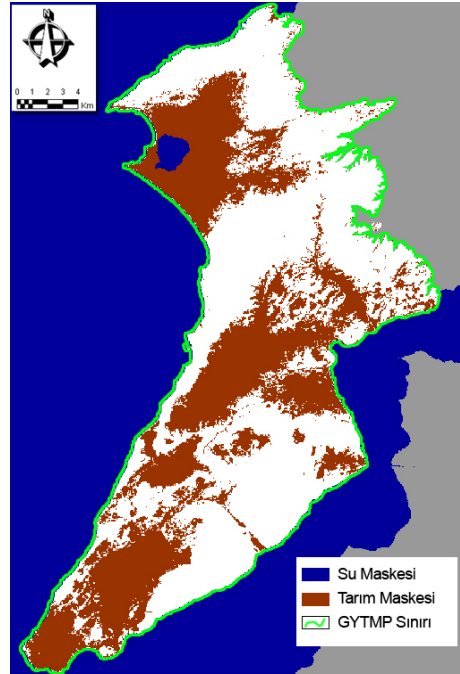
denklemleri ile belirtilen “Su İndisi” (Sİ) (Gao, 1996) ve

$$NDTI = [(\text{Band 5} - \text{Band 7}) / (\text{Band 5} + \text{Band 7})] \quad (4)$$

denklemleri ile belirtilen Normalize Edilmiş Sürülmüş Toprak İndisi (Normalize Difference Tillage Index -NDTI-) (van Deventer ve diğ., 1997; Daughtry ve diğ., 2006) kullanılmıştır. Sİ ve NDTI ile elde edilen görüntülerin dağılım histogramlarından eşik değerleri belirlenerek (5) numaralı mantıksal işlem (Radke ve diğ., 2005) yardımıyla su yüzeyleri ve tarım arazileri için maskeler (Şekil 6) üretilmiştir.

$$M(x) = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } |G(x)| > \tau \\ 0, & \text{Aksi takdirde} \end{cases} \quad (5)$$

Burada $M(x)$, maskelenmiş görüntüyü; τ , fark görüntüsündeki değişim sınıflarını belirleyen eşik değerini, $G(x)$ ise görüntüye ait her bir x konumundaki piksel değerlerini temsil etmektedir.



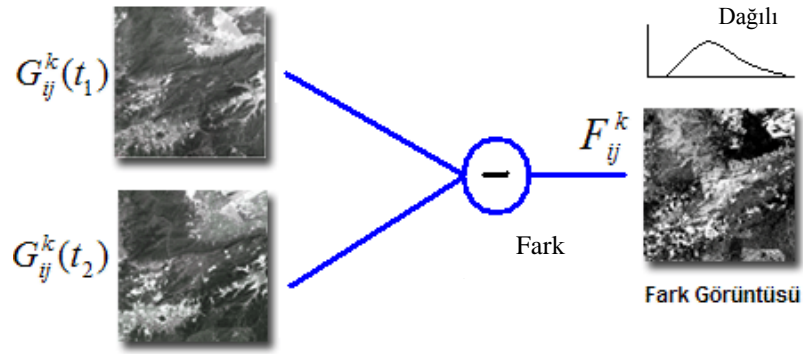
Şekil 6. Su ve Tarım Maskeleri

Görüntü Farkı Alma (GFA) Metodu

GFA metodu, değişik dönemlere ait iki görüntünün farkını almaya dayanır (Anderson ve diğ., 2005). Değişimleri belirlemek için görüntü farkı alma tekniğine ait formül;

$$F_{ij}^k = G_{ij}^k(t_1) - G_{ij}^k(t_2) \quad (6)$$

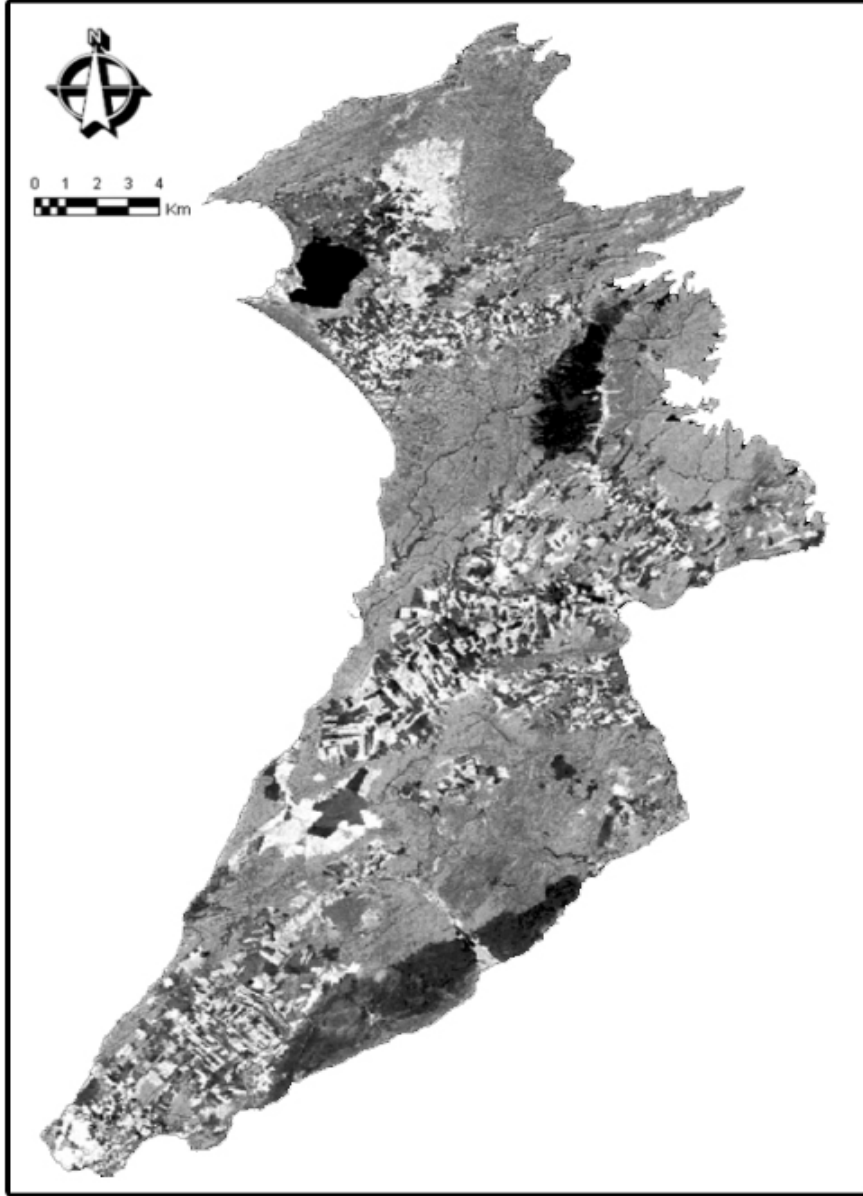
denklemleri ile verilebilir. Burada F_{ij}^k farklı zamanlarda alınan ve aynı mekana ait görüntülerin k'ncü bandlarına ait i,j koordinatlarındaki piksellerin farkı, $G_{ij}^k(t_1)$, (t_1) zamanında alınan görüntünün k bandına ait i,j koordinatlarındaki piksel değerleri ve $G_{ij}^k(t_2)$ ise (t_2) zamanında alınan görüntünün k bandına ait i,j koordinatlarındaki piksel değerleridir. GFA metodu için grafiksel gösterim Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7. Farklı tarihli görüntülere GFA metodunun uygulanması ile ilgili şematik gösterimdir.

Değişimlerin inceleneceği görüntülere GFA metodu uygulandıktan sonra, sonuç görüntüye (fark görüntüsü) ait bir fark dağılımı (Şekil 11) elde edilir. Bu fark dağılımı incelendiğinde değişmeyen alanları gösteren parlaklıkları düşük olan piksellerin dağılım eğrisinde ortalamaya yakın değerler olduğu görülürken, değişen alanları gösteren ve parlaklık değerleri yüksek olan piksellerin ise dağılım eğrisinde ortalamadan uzakta ve kuyruk kısımlarında dağılım gösterdiği görülür (Metternict, 1999). Fark görüntülerine ait dağılım eğrisinden, değişim haritası elde etmek için kararlı pikseller ile değişen ve değişmeyen alanları belirleyen gerekli eşik değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Song ve diğ., 2001).

Çalışmada ele alınan uydu görüntülerine ait bitki indislerinin fark görüntüleri Şekil 8,9, ve 10'da verilmektedir.



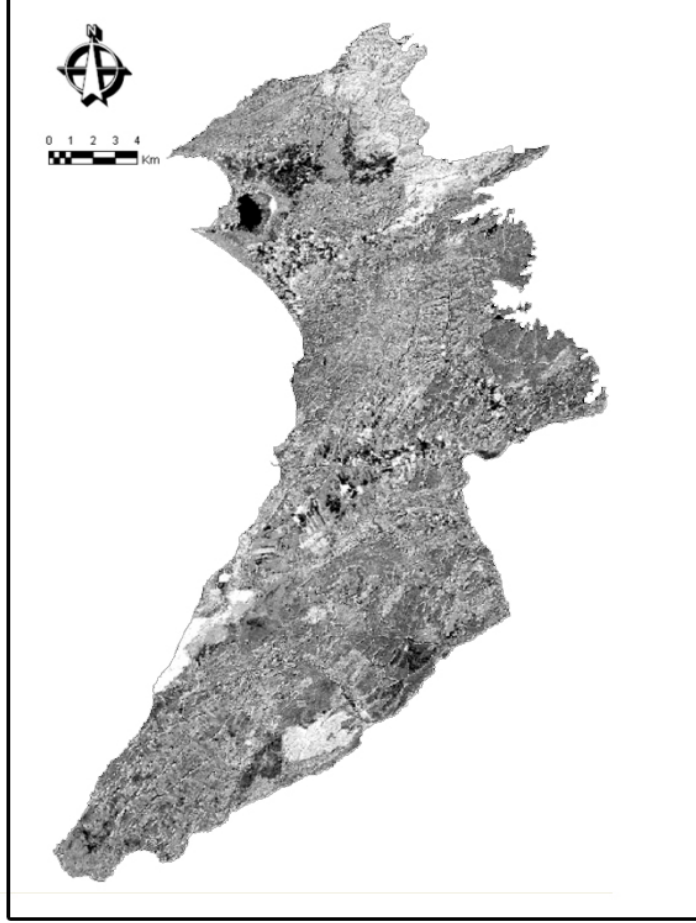
1977-1987 yılları arası NDVI Fark Görüntüsü

Şekil 8. Çalışma alanına ait 21 Mayıs 1977 tarihli Landsat MSS ve 11 Mayıs 1987 tarihli Landsat TM uydu görüntülerine ait bitki indislerinin (NDVI) fark görüntüsü.



1987-1999 yılları arası NDVI Fark Görüntüsü

Şekil 9. Çalışma alanına ait 21 Temmuz 1987 tarihli Landsat TM ve 08 Ağustos 1999 tarihli Landsat TM tarihli Landsat TM uydu görüntülerine ait bitki indislerinin (NDVI) fark görüntüsü.

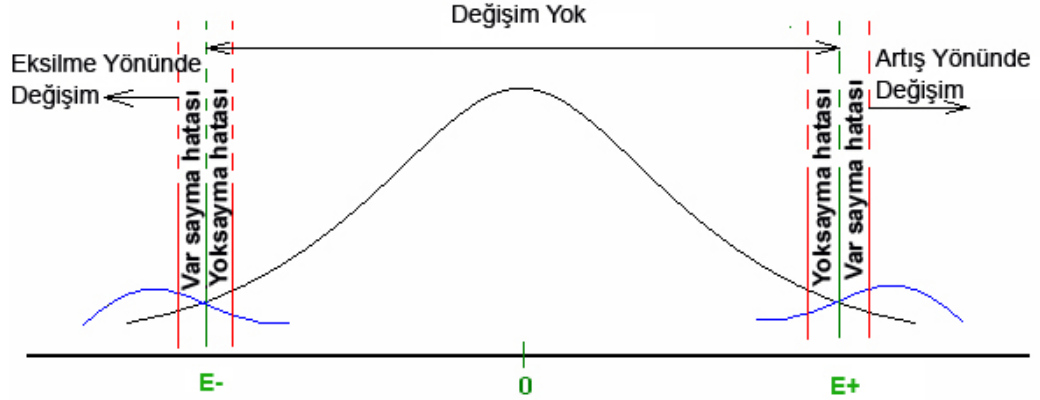


1999-2007 yılları arası NDVI Fark Görüntüsü

Şekil 10. Çalışma alanına ait 08 Ağustos 1999 tarihli Landsat TM ve 22 Ağustos 2007 tarihli Landsat TM uydu görüntülerine ait bitki indislerinin (NDVI) fark görüntüsü .

Değişim Belirlemede Kritik Eşik Değerinin Doğru Seçimi

Sınıflandırma işlemlerindeki en kritik adım, değişim değerlerini veren histogramın düşük ve yüksek değerli bölgelerindeki uygun eşik değerlerinin seçimidir. Bir değişim görüntüsü elde etmek için yapılan çalışmalardaki kritik eşik değeri çoğunlukla keyfi olarak seçilir. Bu durumda, yok sayma hatası (*omission*) ve varsayma hatası (*comission*) biçiminde adlandırılan iki tip hata ortaya çıkar (Şekil 11) (Metternict, 1999). Çalışmada, bu hataları en aza indiren ve fark görüntülerindeki değişimlerin belirlenmesinde gerekli eşik değerini otomatik olarak seçen Beklenti Maksimizasyonu (Expectation Maximization (EM) algoritması (D'Addabbo ve diğ., 2004; Bruzzone ve Prieto 2000; Yazıcı, 2005) kullanılmıştır.



Şekil 11. Değişimin varlığı belirlenirken eşik değerinin keyfi seçildiği durumda ortaya çıkan muhtemel hataların betimlemesi. Burada $E+$, $E-$ seçilmesi gereken alt ve üst eşik değerleridir.

Beklenti Maksimizasyonu (Expectation Maximization- EM) Algoritması

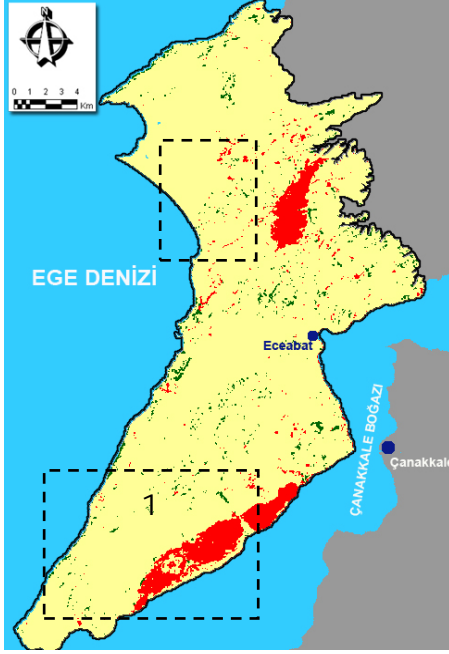
EM algoritması son yıllarda bir çok araştırmada kullanılan popüler bir yaklaşım olmuştur. EM algoritması, tam olmayan veri problemlerini çözmek için maksimum olasılık tahminlerini yapan tekrarlı bir algoritmadır. EM Algoritmasının her tekrarı iki adımda gerçekleşir. Bu adımlar, bekleneni bulma (E-Adımı) ve maksimizasyon (M-Adımı) olarak adlandırılır (Dempster ve diğ., 1977). E-adımında gözlenen verilerin parametrelerine ait kestirimler kullanılarak bilinmeyen (kayıp) veri ile ilgili en iyi olasılıklar tahmin edilirken, M-Adımında ise tahmin edilen kayıp veri yerine konulup bütün veri üzerinden maksimum olabilirlik hesaplanarak parametrelerin yeni kestirimleri elde edilir (Bruzzone ve Prieto, 2000; Yazıcı, 2005 ; Bal ve Özdamar, 2004).

Fark Görüntülerinden Değişim Sınıflarının Elde Edilmesi

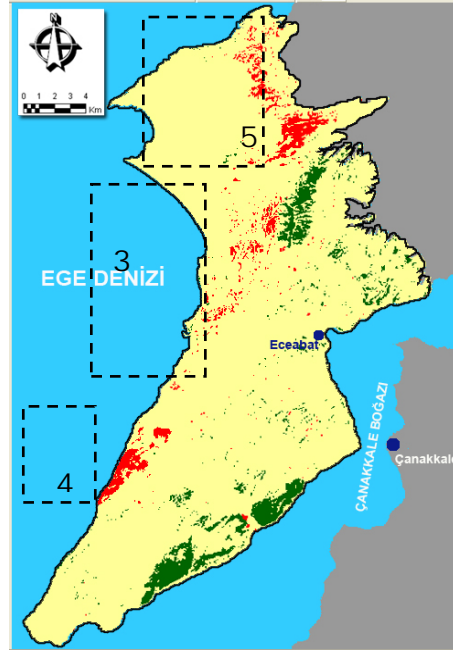
Bitki indislerinin fark görüntülerinde (Şekil 8,9 ve 10) yer alan tarım alanları (yaklaşık 132,2 ha) maskelenerek ve bu alanlardaki değişimler analiz dışı bırakılmıştır. Bir sonraki adımda bu fark görüntülerinin dağılım eğrisinden EM Algoritması yardımıyla iki adet eşik değeri belirlenmiştir. Bu eşik değerleri dikkate alınarak değişim sınıfları Şekil 12'deki gibi elde edilmiştir. Önemsiz sayılabilecek çok küçük değişimleri ortadan kaldırmak için bu görüntülere 3X3 boyutunda "Mode" filtre uygulanmıştır.

4. GYTMP'DAKİ ORMANLIK ALANLARDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

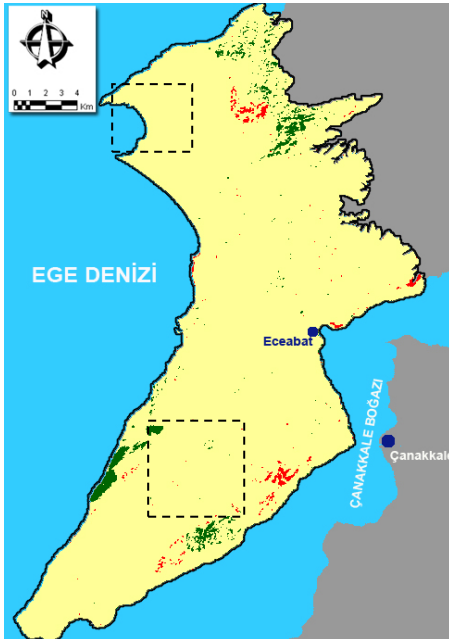
Uygulama sonucunda, Tarihi Milli Park'taki orman alanlarında 1977-2007 yılları arasında önemli değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu değişimler Şekil 12'deki haritalarda net bir şekilde görülebilmektedir. Ayrıca ele alınan periyotlarda, tüm alan için değişimin alansal ve oransal değerleri Tablo 2'de sunulmaktadır.



(a) 1977-1987



(b) 1987-1999



(c) 1999-2007

Orman tahribatının olduğu alanlar

- (1) 14.08.1986 tarihli yangında tahrip olan orman alanı
- (2) 21.04.1987 tarihli yangında tahrip olan orman alanı
- (3) 25.07.1994 tarihli yangında tahrip olan orman alanı
- (4) 09.07.1999 tarihli yangında tahrip olan orman alanı
- (5) 10.10.1989, 14.08.1990, 15.09.1991, 17.10.1993 ve 02.09.1994 tarihli yangınlarda tahrip olan orman alanı
- (6) ve (7) Ağaçlandırma hazırlığı yapmak için temizlenen alanlar

Değişim Sınıfları

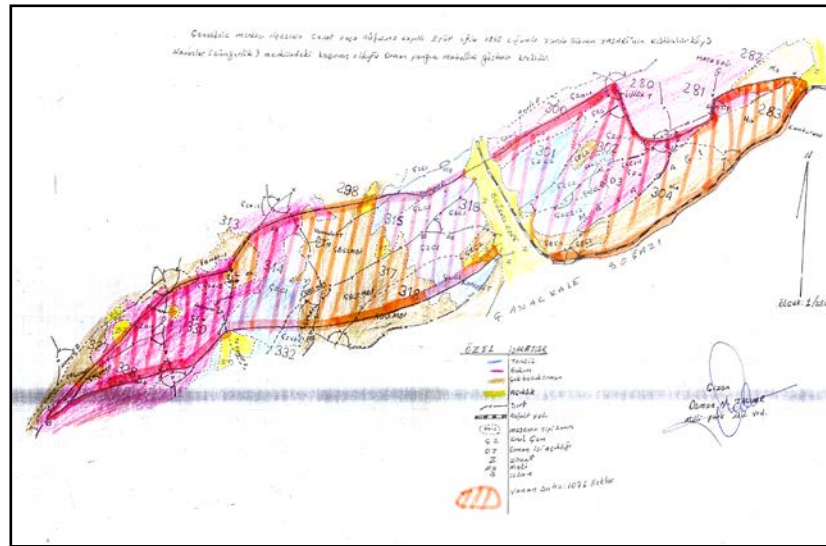
- Tahrip olan orman alanı
- Ağaçlandırılan alanlar
- Bitki örtüsü değişmeyen alanlar ve maskelenmiş tarım alanları
- Çalışma alanı sınırları

Şekil 12. Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Park sınırları içindeki orman alanlarında meydana gelen değişimler

Tablo 2. Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Park sınırları içindeki orman alanlarında meydana gelen değişimler

Değişim Sınıfları	1977-1987		1987-1999		1999-2007	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Tahrip olan orman alanı	2131,18	6,43	1371,48	4,14	766,36	2,31
Ağaçlandırılan Alanlar	584,01	1,76	1207,65	3,64	925,56	2,79
Bitki örtüsü değişmeyen alanlarla birlikte maskelenen tarım alanları	30431,84	91,81	30567,89	92,22	31455,11	94,90
TOPLAM	33147,03	100,00	33147,03	100,00	33147,03	100,00

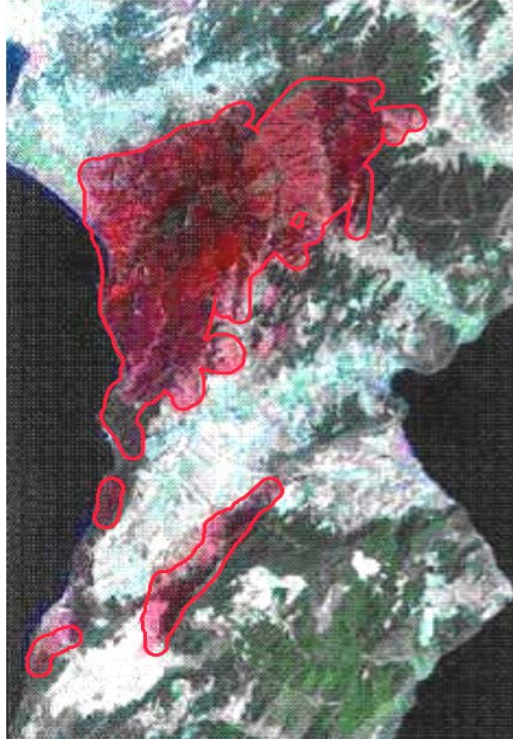
GYTMP'deki orman alanlarında 1977 ve 1987 yılları arasında meydana gelen değişimler incelendiğinde, 2131 ha'lık (toplam alanın % 6,43'ü) bir orman alanının tahrip olduğu görülmektedir (Tablo 2). Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü'nden alınan resmi kayıtlara göre bu tahribat, 14 Ağustos 1986 (Şekil 13) ve 21.04.1987 tarihinde meydana gelen iki büyük yangından dolayı meydana gelmiştir. Bu yangınların etkilediği alanlar Şekil 12-a' da 1 ve 2 numaralı bölgelerde gösterilmiştir.



Şekil 13. Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü kayıtlarına göre 1986 yılında GYTMP Havuzlar Bölgesi'ndeki yangının etkilediği alanlar (yangından etkilenen alanlar paralel çizgilerle taranarak gösterilmiştir).

1987-1999 arasındaki dönemde, GYTMP'deki orman alanlarının yaklaşık 1371 ha'lık (toplam alanın % 4,14'ü) bölümünün tahrip olduğu, 1207 ha'lık bölümünün ise

yeniden ağaçlandırıldığı görülmektedir. Bu dönemde yaşanan orman tahribatı(Şekil 12-b, 3 nolu bölge) 25 Temmuz 1994 tarihli orman yangınından (Yıldırım ve diğ., 2005) (Şekil 14) kaynaklanmaktadır. Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü kayıtlarına göre bu yangının tahrip ettiği alan 4049 ha'dır. Bu çalışmada ise yangından etkilenen bölgede yaklaşık 403 ha'lık bir kayıp tespit edilmiştir. Bu sonuca göre yangında tahrip olan orman alanının % 90'ı yeniden ağaçlandırılmıştır. Şekil 12-b'de, 4 numaralı bölgede, 9 Temmuz 1999 tarihli bir orman yangını sonucu tahrip olan alan görülmektedir. Çalışmada bu kesimde tahribata uğrayan orman alanı 267,3 ha olarak belirlenmiştir. Aynı değişim görüntüsünde 5 numaralı bölgede ise orman alanlarında 667 ha'lık azalmanın olduğu ortaya konulmuştur. ÇOBM kayıtlarına göre, bu azalma 10/10/1989, 14/08/1990, 15/09/1991, 17/10/1993 ve 02.09.1994 tarihlerinde çıkan orman yangınlarından kaynaklanmaktadır.



Şekil 14. 18/8/1994 tarihli Landsat TM/741 uydu görüntüsünde 25 Temmuz 1994 tarihli Gelibolu Yarımadası orman yangını. Burada yangın sınırları kırmızı çizgi ile verilen sınırlar içinde gösterilmektedir.

Ele alınan son periyotta (1987-1999) ise, orman alanlarında % 2,31'lik bir daralma tespit edilmiştir (Şekil 12-c'de 6 ve 7 numaralı bölgeler). ÇOBM'den alınan bilgilere göre bu daralmanın sebebi bir orman yangını değil, söz konusu dönem içinde farklı kesimlerde gerçekleştirilen ağaçlandırma (gençleştirme) faaliyetleridir.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan “Görüntü Farkı Alma metodu” ve EM algoritması, yangın sonrası meydana gelen tahribatları, ağaçlandırılan bölgeleri, ağaçlandırma çalışması için hazırlanan (sürülen) arazileri ve bunların alansal boyutlarını ortaya koymada yeterli olmuştur. Ayrıca, EM algoritması, bitki indislerinin fark görüntülerindeki değişimlerin türlerini (negatif değişen, pozitif değişen, değişmeyen) belirlemede etkili sonuçlar vermiştir.

Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, 1977 ve 2007 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde, GYTMP alanındaki ormanlarda mekansal olarak bir daralmanın olduğu görülmektedir (Tablo 2). Bu daralma inceleme alanının çeşitli kesimlerinde ortaya çıkan farklı büyüklükteki orman yangınlarından kaynaklanmaktadır. Nitekim Çanakkale Orman Genel Müdürlüğü kayıtları, GYTMP alanında söz konusu dönemde 4’ü büyük ve 5’i küçük olmak üzere toplam 9 yangının meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 12 a,b ve c). Diğer taraftan analizler, yangınlar sonrasında yapılan ağaçlandırma çalışmalarının da alansal boyutlarını ortaya koymuştur. Fakat bu ağaçlandırma çalışmalarının, 30 yıllık dönem boyunca çıkan yangınların etkisini tamamen gidermeye yetmediğini de göstermiştir (Tablo 2).

1977 ve 2007 yılları arasında bölgede ortaya çıkan yangınların dağılımları Şekil 12-a,b,c’den incelendiğinde, büyük yangınların genellikle Milli Park alanının kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumda söz konusu kesimlerin yangına oldukça duyarlı olduğu ve yetkililerce bu kesimlerde alınan koruma önlemlerinin artırılması önerilebilir.

Daha önce de ifade edildiği gibi, alanda yaşayan nüfusun en önemli geçim kaynağı tarımdır. GYTMP, koruma altına alınmış olmasına karşın, köylerin ve tarım arazilerinin ormanlarla iç içe bulunması nedeniyle, buradaki ormanları korumak oldukça güçleşmektedir. Bu bağlamda, yetkililerce yeni koruma önlemleri alınmasının yanı sıra, yerel halkın da ormanların kullanımı ve korunması konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Uzaktan Algılama metotları, alanda yangın öncesi ve sonrasındaki durum, yangınların şiddeti, yayılma alanları ve yoğun olarak çıktığı bölgeleri belirlemede etkili bir yoldur. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçların Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla analiz edilmesi yoluyla ağaçlandırma, orman koruma, yangına müdahale ve kontrol mekanizmalarını güçlendirme gibi orman yönetimi uygulamaları bakımından büyük avantajlar sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulak, C., Özdemir, M., 2008. The Application of the Visibility Analysis for Fire Observation Towers in the Gelibolu Peninsula (NW Turkey) Using GIS, Proceedings of the Conference on Water Observation and Information System For Decision Support 27-31 May 2008 - Ohrid, Republic of Macedonia.
- Aliağaoğlu, A., 2008. Savaş alanları turizmi için tipik bir yer: Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı, *Milli Folklor Dergisi*, 78: 88-104.
- Anderson, S., Taylor, M., Sutton, P. ve Steinberg, M., 2005. Assessment of Urban Land Use Cover Changes in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico. *5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005)*, Tempe, AZ, USA, March 14-16.
- Bademli, R., ve Diğerleri 2000. Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı Tespit ve Değerlendirme Çalışmaları Raporu, *Milli Parklar Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara
- Bal C. ve Özdamar K., 2004. Eksik Gözlem Sorununun Türetilmiş Veri Setleri Yardımıyla Çözülmesi. *Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 26 (2): 67-76.
- Bernstein, R., 1977. Digital Image Processing for Remote Sensing. *IEEE Press*, NewYork, 719-737
- Bruzzone, L. ve Prieto, D.F., 2000. Automatic Analysis of the Difference Image for Unsupervised Change Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(3):1171-1182.
- Bruzzone, L. ve Prieto, F., 2002. An Adaptive Semiparametric and Context-Based Approach to unsupervised Change Detection in Multitemporal Remote-Sensing Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 11 (4): 452-466.
- Daughtry, C.S.T., Doraiswamy, P.C., Hunt, E.R., Stern, A.J., McMurtry, J.E. ve Prueger, J.H. 2006. Remote sensing of crop residue cover and soil tillage intensity. *Science Direct, Soil and Tillage Research*, 91(1-2), 101-108
- D'Addabbo, A., Satalino, G., Pasquariello, G. ve Blonda, P., 2004. Three Different Unsupervised Methods for Change Detection: An Application, *IEEE Xplore*, 3: 1980 – 1983.
- Dempster A.P., Laird N.M. ve Rubin D.B., 1977. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*, 39(1):1-38.
- D.İ.E., *Genel Nüfus Sayımları (İdari Bölünüş)*, 1990, 1997, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- D.M.İ.G.M. Gelibolu Meteoroloji istasyonu rasatları, 1931-1990 arasındaki dönem.
- Doğaner, S., 1994. Çanakkale Boğazı kıyılarının coğrafyası, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı 29, s. 125-159, İstanbul.
- Dönmez, Y., 1990. *Trakya'nın Bitki Coğrafyası*, İstanbul Üniv. Coğrafya Enst. Yay. No: 51, İstanbul.
- Eriç, S., 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis, İ.Ü. Coğ. Enst. Yay. No: 41, İstanbul.

- Erol, O., 1968. Çanakkale Boğazı çevresinin jeomorfolojisi hakkında ön not, Ankara Üniversitesi Coğrafya Araştırmaları Dergisi, Sayı:2, Ankara.
- Gao, B.C., 1996. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58: 257-266.
- Güngördü, M., 1999. *Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası*, İstanbul Üniversitesi Yay. No: 4176, Edebiyat Fak. Yay. No:3416, İstanbul.
- Lu D., Mausel P., Brondizio E. ve Moran E., 2002. Assessment of Atmospheric Correction Methods for Landsat TM Data Applicable to Amazon Basin LBA Research. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13):2651 – 2671.
- Lu, D., Mausel P., Brondizio, E. ve Moran, E., 2004. Change Detection Technique. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (12): 2365-2407.
- Metternick, G., 1999. Change Detection Assessment Using Fuzzy Sets and Remotely Sensed Data: An Application of Topographic Map Revision. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54: 221-233.
- Olson, G.A., Cheriyyadat, A., Mali, P. ve O'Hara C.G., 2004. Detecting and managing change in spatial data-land use and infrastructure change analysis and detection. *IEEE Xplore*, 2: 729- 734.
- Özdemir M., 2008. Bilgisayar Ortamında Uydu Verileri ile Değişim Analizleri: Gelibolu Tarihi Milli Parkındaki Orman Yangınlarına Uygulamaları (Doktora Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı
- Radke, R.J., Andra, S., Al-Kofahi, O. ve Roysam, B., 2005. Image change detection algorithms:A Systematic Survey. *IEEE Transactions on Image Processing*, 14 (3): 294 – 307.
- Richards J.A. ve Jia X., 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis* (4th Edition), Springer, Heidelberg, New York. 439 p.
- Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 989–1003.
- 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.
- T.C. Resmi Gazete, 2000. Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı Kanunu, Tarih: 20.02.2000, sayı: 23970, Kanun No: 4533.
- TÜİK, 2008. Adrese Dayalı Nüfus Sayım Sonuçları, (www.tuik.gov.tr). Erişim: 20.02.2009.
- van Deventer, A.P., Ward, A.D., Gowda, P.H. ve Lyon, J.G. 1997. Using Thematic Mapper data to identify contrasting soil plains and tillage practices. *Photogram. Eng. Remote Sensing*, 63:87–93
- Yaşar, O., 2001. Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı (Barış Parkı), yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı 36, s. 171-201, İstanbul.
- Yalçınlar, İ., 1949. Çanakkale Boğazı civarının jeomorfolojisi üzerine müşahedeler, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: XI-XII, s.129-138, Ankara.

F.Ü.Sosyal Bilimler Dergisi 2010-20/1

Yazıcı, F., 2005. EM Algoritması ve Uzantıları (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Türkiye.

Yıldırım, H., Ozdemir, M., Gure, M., Ugurlu, B. ve Ozel, M.E., 2005. Monitoring the after-effects of forest fires by satellite data, *IEEE Xplore*, 9-11 June, 626 - 629