

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR ORTAMINDA UZAKTAN
ALGILAMA UYDU VERİLERİ İLE DEĞİŞİM
ANALİZLERİ: GELİBOLU TARİHİ MİLLİ
PARKI'NDAKİ ORMAN YANGINLARINA
UYGULAMALARI

Muzaffer ÖZDEMİR

Danışman:

Doç.Dr. Caner ÇİÇEK

Eş Danışman:

Prof.Dr. H. Hülya YILDIRIM

Aralık, 2008

ÇANAKKALE

**BİLGİSAYAR ORTAMINDA UZAKTAN
ALGILAMA UYDU VERİLERİ İLE DEĞİŞİM
ANALİZLERİ: GELİBOLU TARİHİ MİLLİ
PARKI'NDAKİ ORMAN YANGINLARINA
UYGULAMALARI**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Muzaffer ÖZDEMİR

Danışman:

Doç.Dr. Caner ÇİÇEK

Eş Danışman:

Prof.Dr. H.Hülya YILDIRIM

Aralık, 2008

ÇANAKKALE

TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ

MUZAFFER ÖZDEMİR tarafından danışman **DOÇ.DR. CANER ÇİÇEK** ve eş danışman **PROF.DR. H. HÜLYA YILDIRIM** yönetiminde hazırlanan **“BİLGİSAYAR ORTAMINDA UZAKTAN ALGILAMA UYDU VERİLERİ İLE DEĞİŞİM ANALİZLERİ: GELİBOLU TARİHİ MİLLİ PARKI'NDAKİ ORMAN YANGINLARINA UYGULAMALARI”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Yönetici

Prof. Dr. İsmail TARHAN

Doç. Dr. Caner ÇİÇEK

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç.Dr. Nuri EMRAHOĞLU

Yrd.Doç.Dr. Özlem KOCAHAN YILMAZ

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 05/12/2008

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını gerçekleştirirken, çalışmam süresince değerli fikirleriyle beni aydınlatan ve yönlendiren danışmanım Doç.Dr. Caner ÇİÇEK'e, çalışmanın her aşamasında bana yol gösteren ve her konuda benden desteğini esirgemeyen eş danışmanım Prof.Dr. H.Hülya YILDIRIM'a, ayrıca bu çalışmanın ortaya çıkmasında ve şekillenmesinde desteğini esirgemeyen Prof.Dr. M.Emin ÖZEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının şekillenmesinde çok büyük katkıları olan Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Osman DEMİRCAN, Prof. Dr. İhsan YILMAZ , Prof.Dr. Uğur CAMCI ve Prof.Dr. İsmail TARHAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Konuyla ilgili uygulamalar sırasında bana her konuda yardımcı olan çalışma arkadaşım Öğr.Gör. Mülâyim GÜRE'ye, çalışma süresince her zaman destek olan Yrd.Doç.Dr. Özlem KOCAHAN YILMAZ'a ve benden desteklerini hiç esirgemeyen Doç. Dr. Hüsnü BAYSAL'a ne kadar teşekkür etsem azdır.

Son olarak maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Muzaffer ÖZDEMİR

SİMGELER VE KISALTMALAR

$a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$: Temel bileşenler analizinde dönüşüm katsayıları
$Cov_j(k,l)$: ω_j sınıfının k ve l boyutları arasındaki kovaryansı
ÇOBM	: Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü
DVA	: Değişim vektörü analizi
DVB	: Değişim vektörünün büyüklüğü
BE	: Beklenti- Eniyileme
E_0	: BE algoritması ile elde edilen en uygun eşik değeri
E	: Değişimin varlığını belirlemek için seçilmiş eşik değeri
E_c	: 'Değişen' sınıfını elde etmek için seçilen gerekli eşik değeri
E_n	: 'Değişmeyen' sınıfını elde etmek için gerekli eşik değeri
ETM	: Enhancement Thematic Mapper
F_{ij}^k	: Görüntünün k bandına ait i, j koordinatındaki piksel farkı
$G(x)$: Bir görüntüde her bir x konumundaki piksel değeri
GFA	: Görüntü farkı alma
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
$G_{ij}^k(t_1)$: (t_1) zamanlı görüntünün k bandına ait i,j koordinatındaki piksel
GTP	: Gelibolu Tarihi Milli Parkı
$M(x)$: Maskelenmiş görüntü
M_D	: Fark görüntüsüne ait histogramın orta değeri
N	: Nemlilik
n_ω	: İlk adımdaki sınıfların sayısı
n_i	: Piksel sayısı
NDTI	: Normalize Difference Tillage Index
NFBİ	: Normalize Fark Bitki İndisi
P	: Parlaklık
P_A ve P_B	: Eski koordinat sistemindeki piksel değerleri
P_I ve P_{II}	: Yeni koordinat sistemindeki piksel değerleri
$P(\omega_c)$: 'Değişen' sınıfının ön olasılığı
$P(\omega_n)$: 'Değişmeyen' sınıfının ön olasılığı

$P(X)$: Olasılık dağılım fonksiyonu
$P_{x(i,T)}$: T zamanlı görüntünün i'nci bandına ait piksel değeri
$p(x \omega_i)$: Görüntüye ait özellik sınıflarının koşullu olasılıkları
PYN	: Parlaklık-Yeşillik-Nemlilik
P-	: Parlaklıkta azalma
P+	: Parlaklıkta artma
SI	: Su indisi
t	: Adım sırası
TB	: Temel Bileşen
TBA	: Temel Bileşenler Analizi
TC	: Tasseled Cap
TM	: Thematic Mapper
ω_c	: 'Değişen' sınıfı
ω_n	: 'Değişmeyen' sınıfı
X_D	: Fark görüntüsü
x_i	: i'nci veri noktası (piksel)
x_j	: j'nci veri noktası (piksel)
Y	: Yeşillik
Y-	: Yeşillikte azalma
Y+	: Yeşillikte artma
\tilde{I}_2	: Normalize edilmiş görüntü
μ_i	: Görüntüye ait ortalama
σ_i	: Görüntüye ait standart sapma
$ \omega_j $: ω_j sınıfının mutlak değeri
π_j	: ω_j sınıfının karışma oranı
Σ_j	: ω_j sınıfının kovaryans matrisi
\bar{x}_k	: k'nci boyuttaki veri noktalarının ortalama değeri
θ	: Kestirilecek parametreler
τ	: Denize ait pikselleri diğer sınıflardan ayıran eşik değeri
σ	: Standart sapma

BİLGİSAYAR ORTAMINDA UZAKTAN ALGILAMA UYDU VERİLERİ İLE DEĞİŞİM ANALİZLERİ: GELİBOLU TARİHİ MİLLİ PARKI'NDAKİ ORMAN YANGINLARINA UYGULAMALARI

ÖZET

Bu tez çalışmasında, uzaktan algılamada kullanılan çeşitli değişim analiz metotları (görüntü farkı alma, parlaklık-yeşillik-nemlilik dönüşümü, değişim vektör analizi ve temel bileşenler analizi) araştırılmış ve bu metotlar 1987, 2000, 2001 ve 2007 Landsat TM/ETM uydu görüntüleri kullanılarak Gelibolu Tarihi Milli Park'ı alanına karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Çalışma alanında en çok değişim gösteren bölgenin, 1986 yılında büyük bir orman yangınına maruz kalan “Havuzlar Bölgesi” olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan değişim analiz metotlarının karşılaştırılması amacıyla yapılan doğruluk analizleri sonucunda en yüksek oranda doğruluk veren metodun, ‘değişim vektör analizi’ ve ‘parlaklık-yeşillik-nemlilik dönüşümünün’ birlikte kullanıldığı metot olduğu görülmüştür.

Havuzlar Bölgesi'nde gözlenen değişimler, 1982- 2007 yılları arasındaki 25 yıllık dönem boyunca, değişim vektörü analizi ile parlaklık-yeşillik-nemlilik dönüşüm metotları kullanılarak araştırılmış, bu sırada bir orman yangınının ve ağaçlandırma çabalarının takibi gerçekleştirilmiştir. Aynı analizler, orman yangınları ile ilgisiz olarak, büyük olasılıkla tarım arazisi açma girişimleri nedeniyle orman arazisinde ortaya çıkan biyokütle kayıplarının da izlerini vermiştir.

Analizler sırasında, orman yangını alanı ile ağaçlandırma hazırlığı yapılan alanların birbirine karıştığı ve kullanılan yöntemlerle birbirinden ayırt edilemediği gözlenmiştir. Bu sorunun çözümü için de “Normalize Edilmiş Sürülmüş-Alan İndisi” yoluyla bir çözüm getirilmiştir ve orman yangınları ile en çok karışan bir sınıfın ayırt edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar sözcükler : Uzaktan Algılama, Zamansal Değişim Analizi, Görüntü Farkı Alma Metodu, Değişim Vektörü Analizi, Beklenti Eniyileme Algoritması, Parlaklık-Yeşillik-Nemlilik Dönüşümü, Temel Bileşenler Analizi, Sürülmüş-Alan İndisi

CHANGE ANALYSIS USING REMOTE SENSING SATELLITE DATA IN THE COMPUTER MEDIUM: APPLICATIONS TO THE FOREST FIRES IN THE GALLIPOLI NATIONAL HISTORICAL PARK AREA

ABSTRACT

In this work different change analysis methods like Image Differencing, Change Vector Analysis, Tasseled Cap, and Principal Component Analysis were investigated and applied to Gallipoli Peninsula National Historical Park (GHP) area by using 1987, 2000 and 2007 Landsat (TM/ETM) satellite images. It was found that GHP was the main region that changed most and it was due to a forest fire in 1986. We applied the Change Vector Analysis and Tasseled Cap Transformations in order to determine level of the changes in the amount of vegetation cover in the forest-fire area.

We studied the changes in Havuzlar region due to the forest fire and follow up reforestation efforts by various image analysis methods for an interval of 25 years between 1982 and 2007. We have also found signatures for biomass losses unrelated to forest fires, most probably being due to forest cleaning for agricultural purposes.

At one stage of analyses, it was quite difficult to distinguish between a forest fires area and a reforestation area, in order to differentiate these two classes, it was found that “Normalize Difference Tillage Index” was successful in this respect.

Keywords: Remote Sensing, Change Analysis, Image Differencing, Change Vector Analysis, Expectation Maximization Algorithm, Tasseled Cap Transformation, Principal Component Analysis, Normalize Difference Tillage Index

İÇERİK

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇERİK	viii
BÖLÜM 1 - GİRİŞ VE TEMEL TANIMLAR.....	1
BÖLÜM 2 - LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Genel Değişim Analizleri.....	3
2.2. Değişim Analizinde Özel Uygulamalar	7
2.3. Durum Özeti.....	11
BÖLÜM 3 - DEĞİŞİM ANALİZİNDE TEMEL ADIMLAR.....	12
3.1. Görüntü Hazırlama Amaçlı Ön İşlemler	12
3.2. Fark Alma Metotlarını Uygulama Adımı.....	13
3.3. Değişimlerin Varlığını Belirleme (Kritik Eşik Değerinin Seçimi)	14
3.3. Doğruluk Analizleri	15
BÖLÜM 4 - KURAMSAL ÇERÇEVE.....	16
4.1. Beklenti- Eniyileme (BE) Algoritması.....	16
4.2. Görüntü Farkı Alma (GFA) Metodu	22
4.3. Parlaklık-Yeşillik-Nemlilik (PYN) Dönüşüm Metodu	26
4.4. Değişim Vektörü Analizi (DVA) Metodu	29
4.5. Temel Bileşenler Analizi (TBA) Metodu	32
BÖLÜM 5 - UYDU VERİLERİ İLE GELİBOLU TARİHİ MİLLİ PARKI (GTP) ALANINDA DEĞİŞİM BELİRLEME UYGULAMASI.....	37

5.1. Giriş.....	37
5.2. Materyal ve Araştırma Alanı.....	37
5.2.1. Uydu Verileri, Hava Fotoğrafları ve Çalışma Platformu.....	37
5.2.2. Araştırma Alanı.....	38
5.3. Ön İşlemler.....	39
5.4. Uygulama	39
5.4.1. GFA Metodu İle Değişim Belirleme Uygulaması	40
5.4.2. DVA/PYN Metodu ile Değişim Belirleme Uygulaması.....	47
5.4.3. TBA Metodu İle Değişim Belirleme Uygulaması	54
5.5. Kullanılan Metotlara Ait Doğruluk Analizleri.....	59
5.5.1. Doğruluk Analizleri Yapılacak Alan	59
5.5.2. Doğruluk Analizlerinde Kullanılan Veriler	60
5.5.4. GFA Metodu İçin Doğruluk Araştırması.....	61
5.5.5. DVA/ PYN Metodu için Doğruluk Araştırması	62
5.5.6. TBA Metodu İçin Doğruluk Araştırması.....	64
5.5.7. Doğruluk Analiz Sonuçlarının Değerlendirmesi	65
5.6. Çalışma Alanında En Çok Değişim Gösteren Sahanın Tespiti.....	65
BÖLÜM 6 - ORMAN YANGINLARI VE GELİBOLU YARIMADASI TARİHİ	
MİLLİ PARKI'NDAKİ REHABİLİTASYON TAKİBİ: 1986 HAVUZLAR BÖLGESİ	
YANGINI.....	68
6.1. Giriş.....	68
6.2. Materyal ve Metot.....	68
6.2.1. Çalışma Alanı.....	68
6.2.2. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Analiz Platformları	69
6.3. Uygulama	70
6.4. Sonuçlar	72
BÖLÜM 7 - TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR.....	83
EK-1 (A)	I

EK-1 (B).....	IV
TABLolar.....	V
ŒEKİLLER.....	VII
YAŒAM ÖYKÜSÜ.....	XIV

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE TEMEL TANIMLAR

Değişim analizi, farklı zamanlarda gözlemlenerek algılanan bir doğa olayının veya nesnenin durumundaki farklılıkları belirleme ve değerlendirme yöntemidir (Singh, 1989). Genellikle değişim analizi, bir nesnenin zamansal etkilerini nicel olarak analiz etmek için farklı zamanlı veri setlerinin uygulamalarını gerektirir (Sjöström, 2004). Aynı olayın geçtiği yere ait, farklı zamanlarda alınan görüntülerden değişimin meydana geldiği bölgeleri incelemek, günümüzde farklı disiplinlerin (uzaktan algılama, medikal teşhis ve tedavi, sivil altyapı, su altı algılama ve sürücüye yardımcı sistemler vb.) yaygın bir şekilde ilgi odağı olmaktadır (Radke ve diğ., 2005).

“Yeryüzüne ait büyük mekanlar, çevrenin güncel durumu, yer gözlem uyduları ile kaydedilen verilerden elde edilen bilgiler ile anlaşılabilen, takip edilebilmekte ve modellenenmektedir” (Özdemir ve diğ., 2007). Uzaktan algılama teknolojileri, değişimleri uzaysal olarak belirleyen, ölçen, analiz eden hatta miktarını belirleyebilen araçlar sağlar. Doğal kaynakların yönetimi ve gelişimi gibi insan kaynaklı etkinlikler için gerekli olan değişim analizlerini yapmak uzaktan algılama gibi uzay teknolojileri kullanılmaksızın çok zor veya hemen hemen imkansızdır (Olson ve diğ., 2004). Günümüzde uydu teknolojisinin hızlı gelişimi sayesinde, yer gözlem uydularının kaydettiği veriler, tekrar eden dönemlerde ve farklı mekansal ve spektral çözünürlüklerde alınabildiğinden, uzaktan algılama verileri, değişim analizlerinde en önemli kaynak olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lu ve diğ., 2004).

Önceki ve yeni tarihli uzaktan algılama uydu verileri, çeşitli görüntü işleme metotları ile karşılaştırılarak, klasik yöntemlerle elde edilemeyecek önemli zamansal değişim bilgilerine ulaşılabilmektedir. Dünya yüzey örtüsünde meydana gelen değişimler, bölgesel olarak sosyal ve ekonomik gelişmelerde ve global çevresel değişmelerde kilit bir rol oynar (Chen, 2002).

Dünya yüzey özelliklerinin zamansal ve doğru bir şekilde değişimini analiz etmek, insan ve doğa olayları arasındaki etkileşim ve ilişkileri en iyi bir şekilde anlamamız için gerekli olan altyapıyı sağlar (Lu ve diğ., 2004). İnsanla ilgili etkinliklerin neden olduğu değişimin incelenmesi, hem doğal kaynakların yönetimi hem de gelişimle ilgili değişimlerin incelenmesi açısından son derece önemlidir (Olson ve diğ., 2004).

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Genel Değişim Analizleri

Uzaktan algılama uydu görüntüleri ile yeryüzünde meydana gelen değişimleri gözlemleyip analiz etmek ve geleceğe yönelik durum tahminleri ve planlar yapmak günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Dünyada bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar oldukça umut verici bir şekilde artarken, ülkemizde yapılan çalışmalar bir çok nedenden yetersiz kalmaktadır. Bunun bir nedeni ilgili disiplinlerle yeni tanışmış olmamız ve bu konularla ilgili yetişmiş insan gücünün az olmasıdır.

Coppin ve diğ. (2004); Lu ve diğ. (2004); Radke ve diğ. (2005), günümüzde yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak kullanılan değişim analiz metotlarını belli bir çatı altında toplayarak değişim analiz çalışmaları için rehber nitelikte çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Coppin ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada literatürde bulunan çalışmalardaki bütün değişim analiz metotlarını, dokuz ‘ayırt edici’ farklı kategori grubu ve bir heterojen grup altında toplayarak, ilk grupta bulunan metotları şöyle sıralanmaktadırlar: (1) Sınıflandırma sonrası karşılaştırma (*post-classification comparison*), (2) birleşik analiz (*composite analysis*) - örn. spektral/ zamansal değişim sınıflandırması, çok-zamanlı (*multi-temporal*) sınıflandırma ve spektral değişim model analizi vb.), (3) tek değişkenli görüntü farkı alma (*univariate image differencing*) (örn. bitki indisi farkı alma vb.), (4) görüntü oranlama (*image ratioing*), (5) çift-zamanlı lineer veri dönüşümü (*bi-temporal linear data transformation*) (örn. temel bileşenler analizi), (6) değişim vektör analizi (*change vector analysis*), (7) regresyon analizi (*image regression*), (8) çok-zamanlı spektral karışım analizi (*multi-temporal spectral mixture analysis*), ve (9) çok boyutlu zamansal özellik uzayı analizi/ “*multidimensional temporal feature space analysis*”. İkincisi olan heterojen gruplara ise, karma (hibrid) metotlar ve az sıklıkla

uygulanabilen veya yalnızca özel bilgisi olanlar tarafından anlaşılabilen metotları dahil etmişlerdir.

Lu ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada değişim analiz metotlarını yedi kategori içinde gruplandırmışlardır. Bunlar; **(1)** Matematiksel İşlemler Kategorisi: Görüntü farkı alma, görüntü regresyon analizi, görüntü oranlama, bitki indis farkı alma, değişim vektörü analizi (*Change Vector Analysis*) ve arka plan çıkarma, **(2)** Dönüşümler Kategorisi: Temel Bileşenler Analizi (*Principle Component Analysis*), “*Tasseled Cap*” dönüşümü, Gram- Schmidt ve Ki-Kare (*Chi-square*) dönüşümü, **(3)** Sınıflandırma Kategorisi: Sınıflandırma sonrası karşılaştırma, Spectral–zamansal birleşik analiz (*Spectral–temporal combined analysis*), Beklenti-Eniyileme (*Expectation–Maximization*) Algoritması ile değişim algılama, eğitimsiz sınıflandırma (*unsupervised*) ile değişim algılama, eğitilmiş sınıflandırma (*supervised*) ile değişim algılama, hibrid değişim algılama ve yapay sinir ağları (*Artificial Neural Networks*) ile değişim algılama, **(4)** Gelişmiş Modeller Kategorisi: Li–Strahler yansımaya modeli (*Li–Strahler reflectance model*), spektral karışım modeli (*Spectral mixture model*) ve biyofiziksel parametre metodu (*Biophysical parameter method*), **(5)** Coğrafi Bilgi Sistemleri Kategorisi, **(6)** Görsel Analiz Kategorisi ve **(7)** pratikte yaygın bir şekilde kullanılmayan ve diğer altı kategori grubuna dahil edilmesi uygun olmayan değişim analiz metotları kategorisidir.

Radke ve diğ. (2005), yaptıkları çalışmada farklı zamanlarda alınan görüntülerden değişimin meydana geldiği bölgeleri incelemenin farklı disiplinlerce (uzaktan algılama, medikal teşhis ve tedavi, sivil altyapı, su altı algılama ve sürücüyeye yardımcı sistemler vb.) yaygın bir şekilde kullanıldığını belirterek arka plan modelleme, gölgelendirme modeli ve hipotez testleri içeren modern değişim belirleme algoritmalarının sistematik bir araştırmasını yapmışlardır. Ayrıca ön işlem metotları ile değişim belirleme algoritmalarının performansını karşılaştıran ve değerlendiren prensipleri tartışarak, değişim algoritması geliştiricilere rehber nitelikte çalışmalar yapmışlardır.

Sunar (1998); Ridd ve Liu (1998); Mas (1999); D'Addabbo ve diğ. (2004); Lu ve diğ. (2005), günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan değişim analiz metotlarını, belirlemiş oldukları yeryüzü alanlarına uygulayarak bu metotların yeteneklerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Sunar (1998), yaptığı çalışmada İstanbul İkitelli semtine ait farklı tarihli Landsat TM uydu görüntülerine, görüntü bindirme (*image overlay*) metodu, görüntü farkı alma metodu, temel bileşenler analizi ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma metodunu uygulayarak arazi örtüsü değişimlerini ve hızlı gelişmenin çevre üzerine baskısını incelemiştir. Araştırmasının sonucunda, uyguladığı metotlar arasında, görüntü bindirme ve görüntü fark alma metotlarının diğerlerine nazaran daha doğru sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Ridd ve Liu (1998), yaptıkları çalışmada 1986 ve 1990 yılları arasında ABD'nin hızlı gelişen bölgelerinden biri olan Utah eyaleti Salt Lake şehri metropolitan bölgesinde arazi örtüsü/ arazi kullanımı değişimlerini belirlemek için Landsat TM görüntülerine görüntü farkı alma metodu, görüntü regresyon metodu, parlaklık-yeşillik-nemlilik dönüşüm metodu ve yeni bir metod olarak önerdikleri Ki-Kare dönüşüm metodunu uygulamışlardır. Araştırmalarının sonucunda, TM 3 bandlarına uygulanan görüntü regresyon metodunun diğerlerine göre daha fazla değişim doğruluğu verdiğini, TM 4 bandlarına uygulanan fark alma metodunun ise diğerlerine göre en az değişim doğruluğu verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Mas (1999), yaptığı çalışmada Meksika'nın Campeche eyaleti, Términos Lagoon bölgesindeki değişimleri belirlemek için Landsat MSS görüntüleri kullanarak şu farklı değişim analiz metotlarını test etmiştir: Görüntü farkı alma, bitki indisi farkı alma, seçici temel bileşenler analizi (*selective principle component analysis*), çok-zamanlı görüntülerin eğitimsiz sınıflandırması, sınıflandırma sonrası fark alma ve 'görüntü zenginleştirme' - 'sınıflandırma sonrası karşılaştırma' birleşik analizi. Araştırmalarının sonucunda değişimin doğasını belirlemede en güvenilir metodun, "sınıflandırma sonrası karşılaştırma analizi" olduğu sonucuna varmıştır.

D'Addabbo ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada otomatik değişim belirlemenin görüntü işlemede yaygın gereksinin ve problemler biri olduğunu belirterek, Bayesian eğitilmiş değişim analiz metotlarını destekleyen bir adım olarak, kendini yönlendiren harita (*Self-Organizing Map*) isimli bir metot ile birlikte (Kohonen, 2001) değişim vektör analizi ve Ki-Kare dönüşüm metotlarının güvenilirliklerini test etmişlerdir. Fark görüntüsü histogramından arazi örtüsü değişimlerini elde etmek için gerekli olan eşik değerini belirlemek için, yukarıda belirtilen değişim analiz metodlarına Beklenti-Eniyileme (BE) (*Expectation-Maximization*) algoritmasını uygulamışlardır. Elde ettikleri deneysel sonuçları eğitilmiş bir yöntem olan sınıflandırma sonrası kıyaslama metodu ile karşılaştırmışlardır. İnceledikleri eğitilmiş metotlar ile elde ettikleri sonuçlar arasındaki uyumun ve onların eğitilmiş değişim haritaları ile uyumu, eğitilmiş metotların güvenilirliğini doğruluğunu gösterdiğini belirtmektedirler. Yaptıkları çalışmadaki değişimlerin yüzde değerlerinin, Bayesian eğitilmiş değişim belirleme metotlarının başlangıcındaki sınıf dönüşümlerinin ön olasılıkları olarak kullanılabilceğini de belirtmişlerdir.

Lu ve diğ. (2005), yaptıkları çalışmada Amazon tropikal bölgelerde değişimleri belirlemek için 10 adet değişim analiz metodunun yeteneklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada kullandıkları bu analiz metodları şöyle sıralanmaktadır: (1) Görüntü farkı alma, (2) modifiye edilmiş görüntü farkı alma, (3) birlikte kullandıkları görüntü farkı alma ve temel bileşenler analiz metodları, (4) temel bileşenler farkı alma, (5) farklı zamanlı temel bileşenler analizi, (6) değişim vektör analizi, (7) bitki indis farkı alma, (8) görüntü oranlama, (9) modifiye edilmiş görüntü oranlama ve (10) birlikte kullandıkları görüntü oranlama ile temel bileşenler analizi. Uydu verisi olarak farklı tarihli Landsat TM görüntülerini kullanmışlardır. Araştırmalarının sonunda, “modifiye edilmiş görüntü farkı alma”, “temel bileşenler farkı alma” ve “doğrudan görüntü farkı alma” metodlarının diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Bu metotlardan, bu çalışmada kullanılacaklar hakkında ise diğer bölümlerde özet bilgi verilmektedir.

2.2. Değişim Analizinde Özel Uygulamalar

Aşağıda, bu çalışmada kullandığımız değişim analiz metotları ile ilgili dünyada ve Türkiye’de yapılan bazı çalışmalardan özet bilgiler verilmiştir.

(1) **Parlaklık-Yeşillik-Nemlilik (PYN)** dönüşüm metodu ile değişimlerin belirlenmesi amacıyla; Lea ve diğ. (2004), Jin ve Sader (2005), Kiage ve diğ. (2007), ve Flores ve Yool (2007) ’in yaptıkları çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Lea ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada çok-zamanlı Landsat TM uydu görüntüleri ile Missouri Ozark ormanlarındaki biyokütle değişimlerini belirlemek için PYN dönüşümlerinden, ‘nemlilik bileşenini’ kullanmışlardır. PYN dönüşüm metodunu her bir uydu görüntüsü için uygulayarak ‘nemlilik bileşenlerini’ tek bir görüntü içinde toplamışlardır. Missouri’nin arazi örtüsü sınıflamasını yapmadan önce ormana ait piksellere maske uygulamışlardır. Sadece orman alanlarını sınıflandırabilmek için birleşik görüntü ile orman maskesini kesitirmişlerdir. Maskelenmiş alana eğitimsiz sınıflandırma yöntemini uygulayarak üç değişim sınıfı (orman biyokütlesinde azalma, bozulmamış orman biyokütlesi ve orman biyokütlesinde artma) belirlemişlerdir. Kullandıkları bu metodun orman biyokütlesinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesinde oldukça etkili olduğunu belirtmektedir.

Jin ve Sader (2005), yaptıkları çalışmada orman tipleri ve ürün yoğunluğu ile ilgili orman bozulmalarını belirlemede oldukça etkili olan PYN dönüşümünü kullanmışlar ve bu dönüşüme ait ‘nemlilik bileşeni’ ile ‘normalize edilmiş nem indisi’ verilerini işleyerek onların istatistiksel ilişkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda orman bozulmalarını belirlemede kullandıkları bu iki metot arasında önemli bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Kiage ve diğ. (2007), yaptıkları çalışmada Doğu Afrika’da, Lake Baringo Havzası’nda 14 yıllık bir süre boyunca meydana gelen arazi örtüsü değişimini

Landsat TM ve ETM uydu görüntüleri kullanarak incelemişlerdir. Çalışmalarında Lake Baringo ekosistemindeki arazi bozulması ve göldeki tortulaşmanın sebep olduğu değişimlere bağlı bitkisel değişimleri araştırmışlardır. Değişim analiz metotlarından (1) PYN, (2) sınıflandırma sonrası görüntü farkı alma ve (3) normalize edilmiş bitki indisi farkı alma yöntemlerini kullanmışlardır. Lake Baringo sularında artış gösteren tortu oluşumu ve bulanıklıktaki değişimleri hesaplamak için PYN dönüşümlerinden ‘parlaklık’ bileşenini kullanmışlardır. Sonra PYN dönüşümü, ISODATA sınıflandırma metodu ve normalize fark bitki indisi metodunun uygulandığı bu görüntülere, görüntü farkı alma ve sınıflandırma sonrası kıyaslama metotlarını sırasıyla uygulanarak arazi örtüsü değişim sınıflarını elde etmişlerdir. Parlaklık-yeşillik-nemlilik dönüşümü ile elde ettikleri ‘parlaklık’ bileşeninin, bulanıklıktaki değişimleri ölçmek için kullanılmasının etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

(2) Değişim Vektörü Analizi (DVA) metodu kullanılarak değişimlerin belirlenmesi amacıyla, Palmer ve Van Rooyen (1998), Yoon ve diğ. (2003), Nordberg ve Evertson (2005) ve Flores ve Yool (2007) ’in yaptıkları çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Palmer ve Van Rooyen (1998), iki farklı tarihte aldıkları Landsat TM görüntüleri ile, Güney Kalahari Çölü’nde belirledikleri iki çalışma alanında meydana gelen değişimlerin yönünü ve büyüklüğünü, ele aldıkları görüntülerin görünür, kırmızı ve yakın-kızılötesi (*near-infrared*) bandlarına DVA metodu uygulayarak belirlemişlerdir.

Yoon ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada farklı tarihli Landsat görüntüleri kullanarak, DVA metodu ile Kore Yarımadası’nda, Nakdong Nehri’nde oluşan Rusa Tayfunu’ndan dolayı meydana gelen su baskınında etkilenen alanlarda meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Çalışma alanı olarak adı geçen nehrin alçak bölümlerini ele almışlardır. Görüntülere ilk önce geometrik ve radyometrik düzeltme uyguladıktan sonra her iki farklı tarihli görüntüden parlaklık, yeşillik ve nemlilik bileşenleri elde etmişlerdir. Çalışma alanına ait değişim bilgisini, ele aldıkları bu üç

bileşeni DVA'ya tabi tutarak elde etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda kullandıkları metotların (DVA metodu ve PYN metodu) oldukça güvenilir doğruluk verdiği gözlemlenmiştir.

Nordberg ve Evertson (2005), yaptıkları çalışmada Avrupa'nın son el değmemiş alanlarından biri olan İsveç Dağları'ndaki bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri, farklı tarihli Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM uydu görüntülerinden, DVA, bitki indisi farkı alma, bitki indisi regresyon analizi, toprak-ayarlı bitki indisleri (*soil-adjusted vegetation indices*), temel bileşenler analiz metodu ve PYN metotlarını kullanarak belirlemişlerdir. Değişim vektör analizine girdi bandları olarak Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin 3. ve 4. bandları ile PYN bileşenlerini kullanmışlardır. Daha sonra rastgele örnekleme metodu kullanılarak değişimlere ilişkin doğruluk analizi yapmışlar ve çalışmalarının sonucunda, "bitki indisi farkı alma" metodunun, bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri önemli derecede belirlediğini tespit etmişlerdir.

Flores ve Yool (2007), yaptıkları çalışmada Landsat 4 TM ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerini kullanarak 1989 ve 1999 yılları arasında Meksika, Sonoro'daki çorak arazi örtüsünde meydana gelen değişimleri DVA metodu kullanarak incelemişlerdir. DVA metodunu etkili bir şekilde uygulayabilmek için ele aldıkları görüntüleri geometrik ve radyometrik düzeltme uygulamışlardır. Sonra DVA'ya girdi bandları olarak ele aldıkları görüntülerin PYN bileşenlerini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda ele aldıkları sahanın, otlaklıklardan dolayı çok hızlı bir şekilde değiştiğini tespit etmişlerdir.

(3) Temel Bileşenler Dönüşümü (TBA) metodu ile değişimlerin belirlenmesi amacıyla Yıldırım ve diğ. (1995); Alparıslan ve diğ. (2004); Nordberg ve Evertson (2005); Lasaponara (2005) 'in yaptıkları çalışmalar aşağıda özet olarak verilmektedir.

Yıldırım ve diğ. (1995), yaptıkları çalışmada Landsat MSS, Landsat TM ve Spot XS görüntülerine temel bileşenler dönüşüm metodunu uygulayarak 1975,

1984 ve 1993 yılları arasında İstanbul'un bir bölümündeki zamansal değişimleri araştırmışlardır. Çalışmalarında farklı tarihli görüntülerden 2'şer band alarak 4 bandlı bir veri seti oluşturarak bu veri setini TBA'ya tabi tutmuşlardır. Analiz sonucu meydana gelen temel bileşenleri inceleyerek çalışma alanına ait zamansal değişimlerin, öz değerlerin küçük olduğu temel bileşenlerde bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Alparslan ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada farklı zamanlarda (1975, 1987, 1998 ve 2000 tarihli) elde edilmiş uydu görüntülerine (Landsat MSS, Landsat TM ve IRS) , TBA, kontrast artırma, görüntü farkı alma ve kenar zenginleştirme tekniklerini uygulayarak Yalova İli kıyı şeridindeki değişimleri incelemişlerdir. Ayrıca, aynı kıyı şeridindeki tarihsel gelişmeyi incelemek amacıyla, ani gri değişimleri vurgulayarak işlenmemiş görüntüde göze çarpmayan ayrıntıları ön plana çıkaran "Prewitt Maskesi" kullanmışlardır. Çalışmada yöntem olarak farklı zamanlı uydu görüntülerinden üçer band alınarak, altı bandlı bir veri seti oluşturulmuş ve bu veri setine temel bileşenler dönüşümü uygulanarak en küçük "öz değerlere" sahip 5. ve 6. bileşenlerde değişim aranmıştır. Her farklı yıla ait uydu görüntüsünün, ele alınan bantlar arasında en çok varyansı toplayan birinci ana bileşenine kenar zenginleştirme işlemi uygulanmış ve her yıla ait görüntülerde kayda değer ve ilgi çeken bölgeler vurgulanmıştır. Sonuç olarak, yaptıkları bu çalışmaların bilgisayar ekranında gözle yorumlanması sonucu, kıyıda meydana gelen tarihsel değişimin, özellikle 1999 Marmara depremi sonrasında ağır hasarlar geçiren Yalova ilinin kıyı değişimlerine ışık tutacak bilgiler sunacağını belirtmektedirler.

Nordberg ve Evertson (2005), yaptıkları çalışmada Avrupa'nın son el değmemiş alanlarından biri olan İsveç Dağları'ndaki bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri incelemişler ve değişimleri belirlemede kullandıkları metotlardan birisi olan TBA'ya girdi bandlar olarak, 1984 ve 2000 yıllarına ait TM bandlarından bitkiyle ilgili spektral bilginin çoğunluğunu içeren 3'ncü, 4'ncü ve 5'nci bandları seçerek 6 bandlı bir veri setini kullanmışlardır.

Lasaponara (2005), yaptığı çalışmada Sicilya Adası'nda bitki değişimini 1999 ve 2002 tarihli SPOT uydu görüntülerini kullanarak incelemiştir. Yöntem olarak farklı iki tarihte elde ettiği uydu görüntülerinin bitki indislerini TBA'ya tabi tutmuştur. Çalışmanın sonucu olarak bitki indisi ve TBA metodunun birlikte kullanımı ile yapılan çalışmaların, doğal ve tarımsal kaynakların rasyonel işletimi ve biyolojik çeşitliliğin korunması ile ilgili çevresel yönetim politikalarına olumlu katkılar sağlayacağını belirtmiştir.

2.3. Durum Özeti

Yapılan çalışmalardan görüldüğü ki, günümüze kadar uzaktan algılamada kullanılan bir çok değişim analiz metodu geliştirilmiş, bu analiz metotları çeşitli gruplar altında toplanmış ve en iyi metodun bulunması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Değişim analiz tekniklerini araştırmak hala aktif bir konudur ve gittikçe artan çeşitliliğe uygun yeni tekniklerin geliştirilmesine oldukça ihtiyaç duyulmaktadır (Lu ve diğ., 2004).

Özetlemek gerekirse, farklı uygulamalarda farklı yöntemler kullanılmakta ve her durumda uygulanabilecek "üniversal" bir fark belirleme yöntemi üzerine odaklanma görülmemektedir.

Biz de bu çalışmada farklı metotları yeni başlıklar altında ve diğerlerinden farklı bir uygulama alanında (orman yangınları) karşılaştırarak diğer çalışmalara katkıda bulunmayı amaçladık.

BÖLÜM 3

DEĞİŞİM ANALİZİNDE TEMEL ADIMLAR

Uzaktan algılama uydu görüntüleri ile, dünya yüzey özelliklerinde meydana gelen değişimleri doğru bir şekilde analiz etmek için gerekli olan temel adımlar şunlardır;

- Görüntü hazırlama amaçlı ön işlemler,
- Fark alma metotlarını uygulama,
- Değişimlerin varlığını belirleme (kritik eşik değerinin uygun seçimi),
- Doğruluk analizleri.

3.1. Görüntü Hazırlama Amaçlı Ön İşlemler

Değişim analizi kararını vermeden önce, önemsiz değişimlerin yaygın olan bütün tiplerini filtreleyip çıkarmak veya örtbas etmek için kullanılan ön işlem adımları genellikle geometrik ve radyometrik görüntü düzeltme ve ayarlamalarını gerektirir (Radke ve diğ., 2005). Bu işlemlerle ilgili ayrıntılı açıklama aşağıda verilmektedir.

Mekansal alanla ilgili olarak, değişim analizi yapılacak görüntülerin birbirine göre iyi bir şekilde jeoreferanslanması gerekmektedir. Yani görüntüler üzerindeki pikseller, seçilen alan için ortak olmalıdır. Bu adım değişim analiz sonuçlarının hatalı olup olmadığını belirleyen kritik bir adımdır. Uzaysal mekanla ilgili olarak, meydana gelebilecek muhtemel hata kaynakları, iki farklı zaman arasındaki aydınlanma ve atmosferik şartlardaki değişikliklerdir. Güvenilir sonuçlar elde etmek için bu koşulların da hesaba katılması gerekmektedir. Bu hatalar görüntülerin radyometrik düzeltilmesi ile önemli ölçüde azaltılabilir (Bruzzone ve Prieto, 2002).

Radyometrik düzeltme metotları iki farklı grupta toplanabilir: Mutlak radyometrik düzeltmeler ve görelî radyometrik düzeltmeler (Thome ve diğ., 1997). Mutlak radyometrik düzeltme metodu atmosferik zayıflama, topoğrafik etkiler ve diğêr parametrelerin sebep olduğu etkileri ortadan kaldırarak uzaktan algılama ile kaydedilen sayısal verileri, yüzey yansımasına (parlaklığa) dönüştürür. Görelî radyometrik düzeltme ise görelî atmosferik şartlara bağlı bir düzeltme metodudur. Bu metotta aynı çalışma alanı için farklı tarihlerde kaydedilmiş görüntüler arasındaki piksel parlaklık yoğunlukları normalize edilir. Farklı tarihli görüntüler genellikle aynı dönemlerde alınmazlar. Atmosferik şartlar ve toprağın nem miktarı tarihten tarihe farklılıklar gösterir. Normalizasyon işlemi, güneş aydınlatma açısı, atmosferik şartlar ve toprak şartlarının sebep olduğu etkileri minimize etmek için kullanılabilir. Görelî radyometrik düzeltme için kullanılan bu metotta farklı tarihli görüntüler bir regresyon modeli yaklaşımı kullanılarak normalize edilir (Lu ve diğ., 2002). Bu yöntemde bir görüntüdeki piksel değerleri, diğêr 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;

$$\tilde{I}_2(x) = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \{I_2(x) - \mu_2\} + \mu_1 \quad (1)$$

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

3.2. Fark Alma Metotlarını Uygulama Adımı

Ağırlıklı olarak kullanılan değişim analiz metotları genellikle farklı tarihlerde kaydedilmiş ve birbirine göre oldukça iyi bir şekilde jeoreferanslanmış görüntülerin farklarını almaya dayanır. Örneğin, farklı tarihli görüntülerin PYN dönüşümleri ile değişim analizi yapılacaksa bu dönüşüm sonucu elde edilen bileşenlerin farkları analiz edilerek değişimler belirlenebilir.

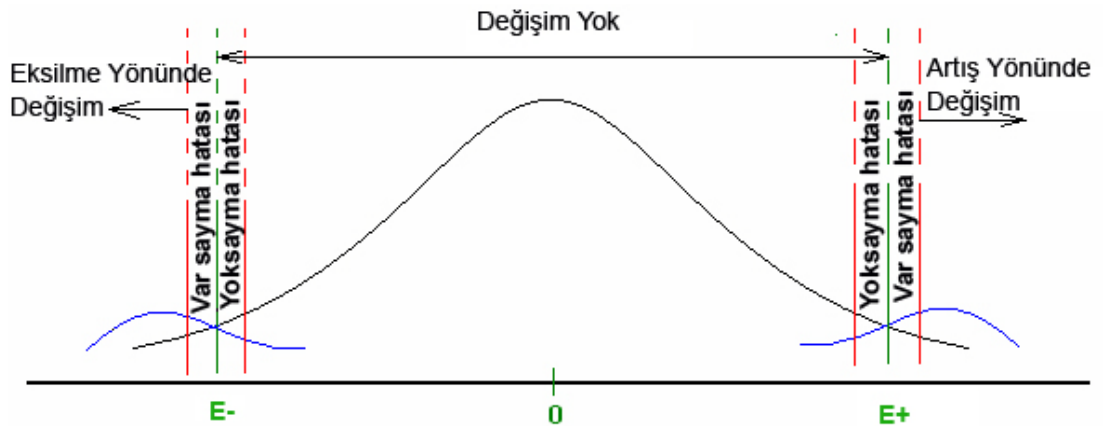
3.3. Değişimlerin Varlığını Belirleme (Kritik Eşik Değerinin Seçimi)

Bir değişim belirleme algoritmasının amacı, önemsiz değişimleri görmezden gelip, önemli olan değişimleri gün yüzüne çıkarmaktır. Deneyimli algoritmaların bu ayrımı yapabilmesi için, değişimin beklenen bütün tiplerini (önemli veya önemsiz) detaylı bir şekilde modellemesi ve etkili bir algoritma içinde bu modelleri bütünleştirmesi gerekir (Radke ve diğ., 2005).

Sınıflandırma yaklaşımlarının çoğunda en kritik adım, değişim değerlerini veren histogramın düşük ve yüksek değerli bölgelerindeki uygun eşik değerlerinin seçimidir. Bu seçime bağlı olarak, ele alınan zaman periyodu içinde meydana gelen değişimler, değişmeyen alanlardan doğru bir şekilde birbirinden ayrılabilir (Metternict, 1999).

Değişim alanlarını doğru belirleyen kritik eşik değerini seçmede farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmektedir;

Metternict (1999)'e göre, bir değişim görüntüsü elde etmek için yapılan çalışmaların çoğunda kritik eşik değeri biraz keyfi seçilir. Böyle bir eşik değeri belirlendiği zaman yok sayma hatası (*omission*) ve varsayma hatası (*comission*) olarak adlandırılan iki tip hata söz konusudur (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Değişimin varlığı belirlenirken eşik değerinin yanlış seçildiği durumda ortaya çıkan muhtemel hataların betimlemesi. Burada $E+$, $E-$ seçilmesi gereken alt ve üst eşik değerleridir.

D'Addabbo ve diğ. (2004); Lu ve diğ. (2005)'ne göre yapılan çalışmaların çoğunda genellikle bir eşik değeri seçimi otomatik yollarla değil deneme/yanılma yoluyla yapılmaktadır. Değişen ve değişmeyen alanlara ait piksel değerlerini belirlemek için kullanılan klasik bir diğer yaklaşımda ise eşik değeri, tipik olarak fark görüntülerinin ortalamalarından σ kadar uzakta ayarlanır. Burada σ , standart sapma, ϵ ise kullanıcı tarafından deneme yanılma/yoluyla belirlenen bir parametredir.

D'Addabbo ve diğ. (2004); Bruzzone ve Prieto (2000), çalışmalarında fark görüntülerindeki değişimlerin belirlenmesinde gerekli olan eşik değerinin otomatik seçimi için BE (Beklenti-Eniyileme) algoritmasını önermişlerdir. Bulgulara göre fark görüntülerinden değişimi doğru belirleyebilmek için uygulanabilecek olasılıklı karma model içeren en iyi teknik, değişimi belirleyen pikseller için olasılık fonksiyonlarını otomatik olarak belirleyen BE algoritmasının basit bir versiyonudur. Değişimi belirleyen pikselleri birbirinden ayırt etmek için, minimum hatalı en uygun eşik değeri kararı bu gibi değerlendirmeler sonucu verilmektedir.

3.3. Doğruluk Analizleri

Yapılan bir değişim analizinde elde edilen sonuçların doğruluğunu değerlendirmek en önemli adımlardan bir tanesidir. Doğruluk analizi, sınıflandırma ve değişim analizi işlemlerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Doğruluk değerlendirmesi yaparken de bir hata matrisinin kullanımı yaygın bir metottur (Lu ve diğ., 2005). Güvenilir bir sınıflandırma doğruluk değerlendirmesi elde etmek için uzaktan algılama yoluyla elde edilen sınıflandırma haritaları ile referans test bilgilerini karşılaştırmak gerekir. Bu iki bilgi seti arasındaki ilişki yaygın olarak bir hata matrisinde özetlenir (Jensen, 2004).

Ayrıca, yok sayma ve var sayma hatalarını açıkça gösteren hata matrisi, tüm doğruluk, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu gibi diğer doğrulukları hesaplamada da kullanılabilir (Congalton ve Green, 1999).

BÖLÜM 4

KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, BE (Beklenti-Eniyileme) algoritması ve değişim analiz metotlarından görüntü farkı alma, PYN dönüşümü, DVA ve TBA'ya ait detaylı araştırma sonuçları verilmektedir.

4.1. Beklenti- Eniyileme (BE) Algoritması

Beklenti-Eniyileme algoritması (BE Algoritması) son yıllarda bir çok araştırmada kullanılan popüler bir yaklaşım olmuştur. BE algoritması, tam olmayan veri problemlerini çözmek için maksimum olasılık tahminlerini yapan *tekrarlı* bir algoritmadır. BE Algoritmasının her tekrarı iki adımda gerçekleşir. Bu adımlar, bekleneni bulma (B-Adımı) ve eniyileme (E-Adımı) olarak adlandırılır (Dempster ve diğ., 1977).

B-adımında gözlenen verilerin parametrelerine ait kestirimler kullanılarak bilinmeyen (kayıp) veri ile ilgili en iyi olasılıklar tahmin edilirken, E-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).

Çoğu zaman, görüntüye ait özellik sınıflarının $p(x|\omega_i)$ koşullu olasılıklarının normal olasılık dağılımı gösterdiği kabul edilir. Buna göre tek boyutlu spektral bir uzayda ω_i sınıfına ait bir pikselin x konumunda bulunma olasılığı;

$$p(x | \omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2} \sigma_i} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x - \mu_i)^2 / \sigma_i^2 \right\} \quad (2)$$

denklemler ile tanımlanırken normal dağılımın varyansı (σ_i ve σ_i^2 'ler) ise

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_j - \mu_i)^2 \quad (3)$$

denklemleri ile hesaplanır (Richards ve Jia, 2006). Burada μ_i , x 'in ortalaması ve n_i ise ω_i sınıfına ait piksellerin sayısıdır. x_j , ise görüntünün j konumundaki piksel değeridir.

Çok boyutlu spektral uzayda ise, N bandlı ve çok değişkenli normal modele sahip sınıfların olasılık dağılımları ise;

$$p(\mathbf{x} | \omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_i) \Sigma_i^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_i)^t \right\} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır (Richards ve Jia, 2006). Burada $|\Sigma_i|$, Σ_i kovaryans matrisinin determinanı, Σ_i^{-1} , Σ_i 'nin tersi ve $(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_i)^t, (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_i)$ vektörünün transpozesidir. Ayrıca \mathbf{x} ve $\boldsymbol{\mu}_i$, çok boyutlu spektral uzay için denklemlerde kalın harflerle gösterilmiştir.

Tablo 1'de BE-algoritmasının hesaplanmasında kullanılan parametreler ve kısa tanımları verilmektedir.

Tablo 1. BE Algoritmasının parametreleri (Yu ve Wong, 2006)

Parametreler	Tanımları
x_i	i konumundaki piksel değeri
$ \omega_j $	ω_j sınıfının mutlak değeri
n_ω	İlk adımdaki sınıfların sayısı
π_j	ω_j sınıfının karışma oranı
Σ_j	ω_j sınıfının kovaryans matrisi
$Cov_j(k, l)$	ω_j sınıfının k ve l boyutları arasındaki kovaryansı
\bar{x}_k	k 'nci konumdaki veri noktalarının ortalama değeri
θ	Kestirilecek parametreler
t	Adım sırası.

$$\pi_j^{(1)} = \frac{|\omega_j|}{\sum_{j=1}^{n_\omega} (|\omega_j|)} \quad (4)$$

$$\mu_j^{(1)} = \frac{\sum_{x \in \omega_j} x}{|\omega_j|} \quad (5)$$

$$Cov_j(k, l) = \frac{\sum_{x \in \omega_j} (x_k - \bar{x}_k)(x_l - \bar{x}_l)}{|\omega_j|} \quad (6)$$

$$p^{(t)}(\omega_j | x_i) = \frac{p(x_i | \omega_j)}{\sum_{l=1}^{n_c} p(x_i | \omega_l)} \quad (7)$$

$$p^{(t)}(x_i | \omega_j) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |\Sigma_j|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x_i - \mu_j)^T \Sigma_j^{-1} (x_i - \mu_j)} \quad (8)$$

$$s_j^{(t)} = \sum_{x \in P} \frac{p(x_i | \omega_j)}{\sum_{l=1}^{n_c} p(x_i | \omega_l)} \quad (9)$$

BE Algoritmasının başlangıç parametreleri ($\pi_j^{(1)}$ ve $\mu_j^{(1)}$ 'ler), ilk adımda (t=1), (6) ve (7) numaralı denklemlerle hesaplanırken, $\sum_j^{(1)}$ 'ler ise (8) numaralı denklem ile hesaplanır, daha sonra B-Adımına geçilir. t'nci adımda ω_j sınıfına ait x_i konumundaki piksellerin olasılığı Bayes teoremine göre (9) ve (10) numaralı denklemlerle hesaplanırken olasılıkların toplamı ise (11) numaralı denklemle verilir (Yu ve Wong, 2006).

E-Adımı boyunca olasılık modelinin parametreleri ise, aşağıdaki (12), (13) ve (14) numaralı denklemler kullanılarak güncellenir (Yu ve Wong, 2006).

$$\pi_j^{(t+1)} = \frac{s_j^{(t)}}{n} \quad (10)$$

$$\mu_j^{(t+1)} = \frac{1}{s_j^{(t)}} \sum_{i=1}^n x_i p^{(t)}(\omega_j | x_i) \quad (11)$$

$$\Sigma_j^{(t+1)} = \frac{1}{s_j^{(t)}} \sum_{i=1}^n (p^{(t)}(\omega_j | x_i))(x_i - \mu_j^{(t+1)})(x_i - \mu_j^{(t+1)})^T \quad (12)$$

Burada üst simgeler adım numarası olup, t+1 üst simgesi bir sonraki adımı göstermektedir.

B-Adımı ve E-Adımının işlemleri $(|L^{t+1}(\theta | P) - L^t(\theta | P)|)$ karma modelinin log olasılığının değişimi belirlenmiş olan bir ε eşik değerinden küçük olana kadar devam eder. Burada $L(\theta | P)$;

$$L(\theta | P) = \sum_{x \in P} \log\left(\sum_{j=1}^{n_c} \pi_j \cdot p(x | \omega_j)\right) \quad (13)$$

ile verilmektedir (Yu ve Wong, 2006). Sonuç olarak algoritma, sınıflara ait pikselleri tayin eder

Uygulama aşamasında BE Algoritması için Ek-1/A'da verilen *Matlab* program kodları (Manjon-Herrera, 2006) kullanılmıştır.

Fark görüntülerinde değişimi belirleyen sınıfları birbirinden ayırt etmek için minimum hatalı en uygun eşik değeri kararı ise BE Algoritması kullanılarak aşağıdaki gibi belirlenebilir.

I ve J boyutlu birbirine göre oldukça iyi jeoreferanslanmış iki görüntüye (X_1 ve X_2) ait fark görüntüsünden ($\mathbf{X}_D = \{X(i,j), 1 \leq i \leq I, 1 \leq j \leq J\}$) değişim analizi yaparken, değişen ve değişmeyen olmak üzere iki ayrı sınıf ele alınabilir. Böylece fark görüntülerindeki (\mathbf{X}_D) piksel değerlerinin olasılık dağılım fonksiyonu $P(X)$, değişmeyen (ω_n) ve değişen (ω_c) sınıfları ile birleşmiş iki yoğunluk bileşenini ihtiva eden karma bir yoğunluk dağılımı olarak

$$P(X) = p(X | \omega_n)P(\omega_n) + p(X | \omega_c)P(\omega_c) \quad (14)$$

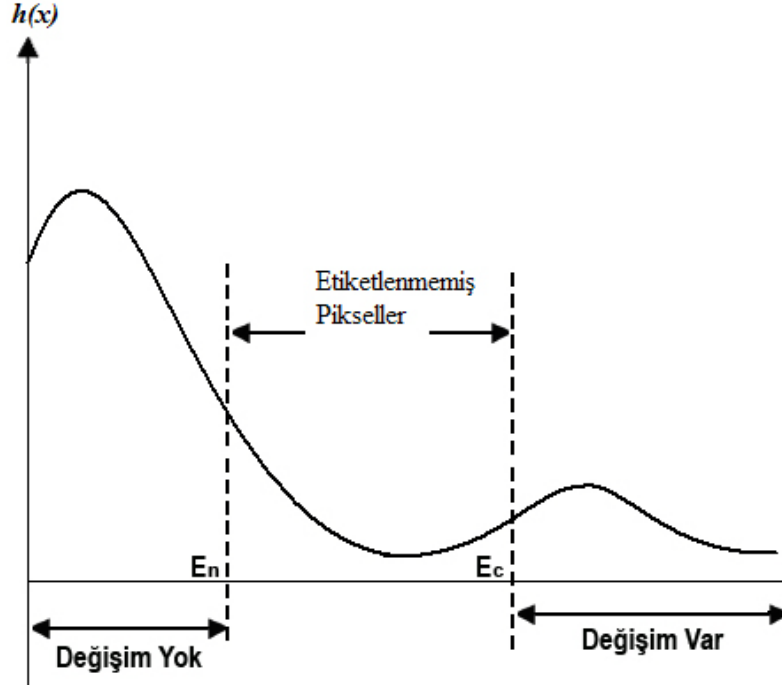
denklemini ile modellenir (Bruzzone ve Prieto, 2000). Burada $P(\omega_n)$ ve $P(\omega_c)$ sırasıyla değişen ve değişmeyen sınıflarına ait ön olasılıklar, $p(X/\omega_n)$ ve $p(X/\omega_c)$ 'ler ise sırasıyla bir pikselin ω_n ve ω_c sınıflarında bulunma olasılıklarıdır.

Fark görüntüsünün piksellerini sınıflandırırken üç sınıf ele alındığında bu denklem;

$$P(X) = p(X | \omega_{c1})P(\omega_{c1}) + p(X | \omega_n)P(\omega_n) + p(X | \omega_{c2})P(\omega_{c2}) \quad (15)$$

şeklinde yazılabilir (Chen ve diğ., 2004). Burada ω_{c1} , negatif değişen sınıfı, ω_{c2} , pozitif değişen sınıfı ve ω_n ise değişmeyen sınıfıdır.

Fark görüntüsüne ait değişim sınıfları BE- Algoritması ile kestirilmeden önce kestirilmeye ait başlangıç parametreleri fark görüntülerinin kendi iç karakteristikleri kullanılarak belirlenebilir. Özellikle ω_n sınıfına ait piksellerin S_n alt kümeleri ve ω_c sınıfına ait piksellerin S_c alt kümeleri fark görüntüsüne ait histograma E_c ve E_n eşik değerleri uygulanarak elde edilebilir (Bruzzone ve Prieto, 2000).



Şekil 2. BE Algoritmasına başlangıç parametreleri elde etmek için, fark görüntüsüne ait histograma eşik değerleri uygulamanın şematik gösterimi. Burada $E_n = M_D (1 - \alpha)$, $E_c = M_D (1 + \alpha)$ ve M_D ise fark görüntüsüne ait histogramın orta değeridir. (Örneğin, $M_D = [\max\{X_D\} - \min\{X_D\}] / 2$). $\alpha \in (0, 1)$ ise M_D etrafında ayarlama yapan başlangıç parametresidir (Bruzzone ve Prieto, 2000).

Spektral sınıflar, multispektral uzayda bölgelerle tanımlanırlar. Bu bölgeler, bitişik spektral sınıflar için ayrışım (discriminant) fonksiyonlarının eşit olduğu yüzeylerle birbirinden ayrılırlar. i 'nci ve j 'nci spektral sınıflar, $g_i(x) - g_j(x) = 0$ ile birbirinden ayrılırlar. Buna karar kuralı denir (Richards ve Jia, 2006).

Karar kuralına göre, BE algoritması ile elde edilen istatistiksel terimlerin kestirimine bağlı en uygun eşik değeri (E_0);

$$\frac{P(\omega_c)}{P(\omega_n)} = \frac{p(X | \omega_n)}{p(X | \omega_c)} \quad (16)$$

denkleminin çözümü ile elde edilebilir (Bruzzone ve Prieto, 2000).

Ek-1/A'da verilen *Matlab* program kodları (Manjon-Herrera, 2006) ile eşik değerlerinin tam değerleri ancak grafik üzerinden görsel yolla tespit edilmektedir. Bu da eşik değerlerini seçerken hata yapma olasılığını artıracaktır. İstenen eşik değerlerinin tam değerleri (E_{01} ve E_{02}), (18) numaralı denklemin çözümünden (19) ve (20) numaralı denklemlerdeki gibi elde edilmiştir. Elde edilen bu iki denkleme ait *Matlab* program kodları Ek-1/B'de verilmektedir.

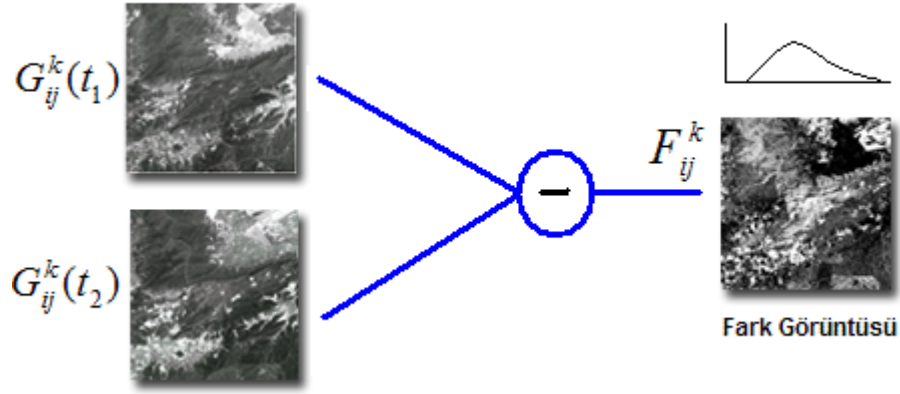
$$E_{01} = \frac{\Sigma_n \mu_c - \Sigma_c \mu_n - \sqrt{2 \ln \left(\frac{P(\omega_n) \sqrt{\pi \Sigma_c}}{P(\omega_c) \sqrt{\pi \Sigma_n}} \right)} (\Sigma_n \Sigma_c^2 - \Sigma_n^2 \Sigma_c) + \Sigma_n \Sigma_c (\mu_n^2 + \mu_c^2 - 2 \mu_c \mu_n)}{-\Sigma_c + \Sigma_n} \quad (17)$$

$$E_{02} = \frac{\Sigma_n \mu_c - \Sigma_c \mu_n + \sqrt{2 \ln \left(\frac{P(\omega_n) \sqrt{\pi \Sigma_c}}{P(\omega_c) \sqrt{\pi \Sigma_n}} \right)} (\Sigma_n \Sigma_c^2 - \Sigma_n^2 \Sigma_c) + \Sigma_n \Sigma_c (\mu_n^2 + \mu_c^2 - 2 \mu_c \mu_n)}{-\Sigma_c + \Sigma_n} \quad (18)$$

4.2. Görüntü Farkı Alma (GFA) Metodu

Literatürde değişim analizi için Görüntü Farkı Alma (GFA) metodu çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. GFA metodu için bazı tanımlar aşağıda verilmektedir.

Rosin (2002)'e göre, GFA metodu basitliğinden dolayı değişim analizi için kullanılan popüler bir metottur. GFA metodu, aynı yerleşim veya alana ait farklı zaman periyotlarında alınan ve birbirine göre oldukça iyi jeoreferanslanmış ve aynı mekanı örnekleyen iki görüntünün farkını almaya dayanır (Anderson ve diğ., 2005). Bu yaklaşım günümüzde hala geniş çaplı kullanılmaktadır (Radke ve diğ., 2005). GFA metodunun işleyişine ait grafiksel gösterim Şekil 3'de verilmektedir.



Şekil 3. Farklı tarihli görüntülere GFA metodunun uygulanması ile ilgili şematik gösterim. Burada F_{ij}^k farklı zamanlarda alınan ve aynı mekana ait görüntülerin k'ncı bandlarına ait i,j koordinatlarındaki piksellerin parlaklık farkı, $G_{ij}^k(t)$, (t) zamanında alınan görüntünün k bandına ait (i, j) koordinatlarındaki piksel değerleridir.

Değişimleri belirlemek için görüntü farkı alma tekniğine ait formül;

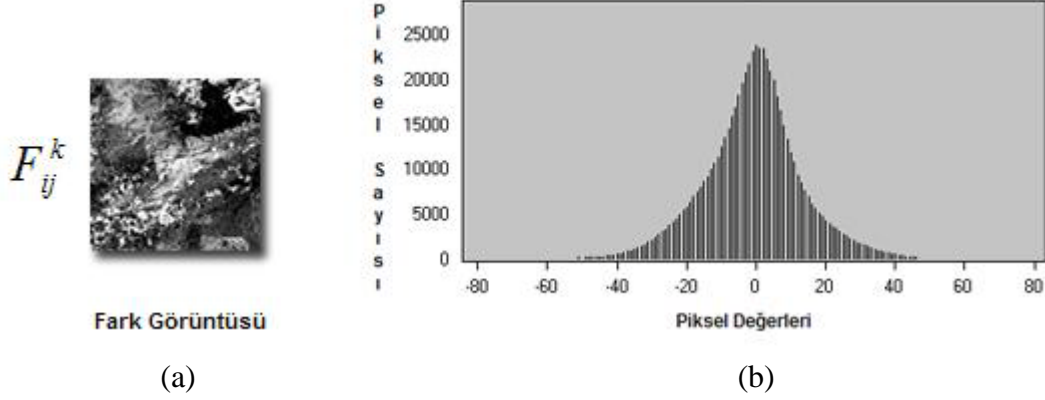
$$F_{ij}^k = G_{ij}^k(t_1) - G_{ij}^k(t_2) \quad (19)$$

denklemleri ile verilebilir. Burada F_{ij}^k farklı zamanlarda alınan ve aynı mekana ait görüntülerin k'ncı 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.

Değişimin varlığını ve türünü belirleyebilmek için fark görüntülerine uygulanması gereken bazı işlemler bulunmaktadır. Fark görüntülerinin analiz aşamasını bazı araştırmacılar şöyle tanımlamaktadırlar:

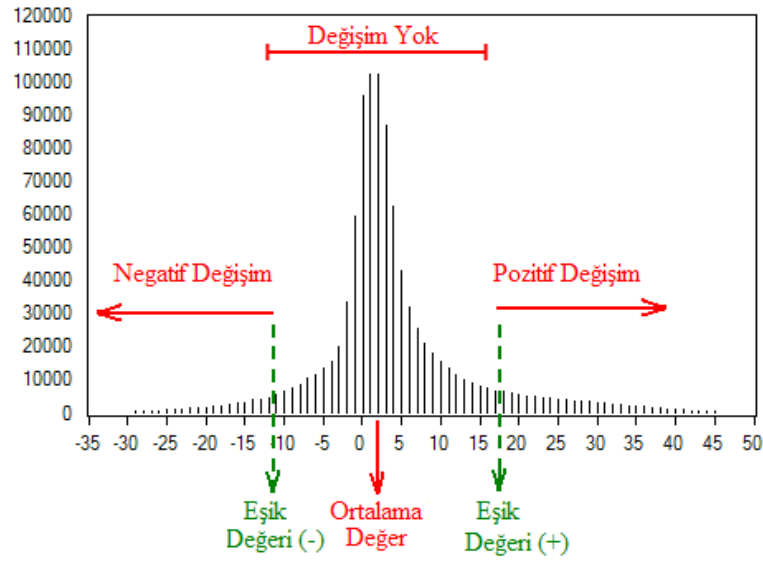
GFA metodu uygulandıktan sonra görüntülerin her bir bandı için fark dağılımları elde edilir. Bu fark dağılımları incelendiğinde değişmeyen alanları

gösteren ve 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, dağılım eğrisinin kuyruk kısımlarında dağılım gösterdiği görülür (Metternict, 1999).



Şekil 4. Farklı tarihli görüntülere GFA metodu uygulanması sonucu Şekil-3'te ortaya çıkan (a) örnek fark görüntüsü ve (b) ona ait parlaklık fark histogramı.

Birbirine göre jeoreferanslanmış farklı iki tarihli görüntüye ait piksellerin farkları alındıktan sonra dağılım eğrisinden değişim haritası elde etmek için, kararlı pikseller ile değişen ve değişmeyen alanları belirleyen gerekli eşik değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Song ve diğ., 2001).



Şekil 5. Farklı tarihli görüntülerin karşılıklı bandlarının farkına ait histogramdan değişimlerin varlığını belirlemek için seçilen eşik değerleri (Mas, 1999).

Fark görüntüsüne ait histogram eğrisinden değişim alanlarını doğru belirleyen kritik eşik değerinin seçimi, gerçek sonuçları değerlendirme aşamasında kritik bir öneme sahiptir. Değişimi doğru belirleyen kritik eşik değerlerinin çok dikkatli seçilmesi gerekir fakat bu kolay bir işlem değildir (Güneralp, 2003; Metternict, 1999).

Değişimin varlığını belirleyen eşik değerleri yanlış seçildiği zaman iki tip hata meydana gelebilir. Bunlardan bir tanesi, negatif farklar için gerçek eşik değerinden küçük bir eşik değeri seçildiğinde ortaya çıkan yoksayma (*omission*) hatasıdır. Bu durumda değişmemiş alanlara ait piksellere, değişmiş alanlara ait pikseller katılmış olur. Diğer hata ise pozitif farklar için seçilen eşik değerinin gerçek eşik değerinden küçük seçildiği durumda meydana gelen varsayma (*comission*) hatasıdır. Bu durumda değişmemiş alanlara ait piksel değerleri değişmiş alanların içine katılmış olur (Metternict, 1999) (Şekil 6).



Şekil 6. Fark görüntülerine ait histogramdan, değişimlerin varlığını belirlerken eşik değerlerinin yanlış seçilmesi durumunda meydana gelen olası hatalar (Metternict, 1999 ; Jin ve Sader, 2005).

Bruzzone ve Prieto (2000), yaptıkları çalışmada, fark alma yöntemine bağlı eğitimsiz değişim analiz metotlarında karşılaşılan problemlerden bir tanesinin fark görüntülerindeki değişen ve değişmeyen alanların ayırt edilmesine bağlı etkili otomatik analiz tekniklerinin yetersiz olması, diğer bir problemin ise, bu tür bir ayırmanın genellikle deneysel stratejiler veya deneme yanılma yöntemleri kullanılarak

elde edilmesi olduğunu belirtmişler ve fark görüntülerinin analizi için Bayes teoremine bağlı iki otomatik teknik önerisinde bulunmuşlardır. Bunlardan biri, fark görüntülerindeki piksellerin varsayımı altında genel değişim analiz hata olasılıklarını minimize eden eşik değeri kararının otomatik seçimine izin veren bir yöntem, diğeri ise her bir pikselin komşuluğunda bulunan mekansal-bağımlı (*Spatial-contextual*) bilgiyi ele alan fark görüntülerinin analizleridir. Her iki tekniğin fark görüntülerindeki değişen ve değişmeyen alanları gösteren piksellere ait istatistiksel bilgi gerektirdiğini belirterek, bu dağılımları karakterize eden istatistiksel terimlerin eğitimsiz kestirimlerini elde etmek için BE algoritmasını önermişlerdir. Deneysel sonuçlarla her iki tekniğin faydalılığını ortaya koymuşlardır.

4.3. Parlaklık-Yeşillik-Nemlilik (PYN) Dönüşüm Metodu

Farklı tarihli görüntülerden değişim algılamada kullanılan yaygın tekniklerden biri olan ve “Tasseled Cap” (TC) olarak da isimlendirilen PYN dönüşüm metoduna ait bazı tanımlar aşağıda verilmektedir.

Kauth ve Thomas (1976) tarafından geliştirilen PYN dönüşüm metodu, Kauth-Thomas dönüşümü olarak bilinir. Kauth ve Thomas bu dönüşüm metodunu ilk olarak ürün gelişimi araştırmaları için kullanmıştır (Kiage ve diğ., 2007).

Lea ve diğ. (2004)’e göre, PYN dönüşüm metodu, Landsat TM bandlarından 6’sını kullanarak sonuçta 3 band ile toprak, bitki ve toprak/su nem bilgisini, ortaya çıkaran özet bir dönüşüm yapar.

Crist ve Cicone (1984)’e göre PYN dönüşüm metodu, fiziksel alan karakteristikleri ile birleşmiş bir kaç band içine özet spektral veriyi sıkıştırmak için gerekli olan faydalı bir araçtır. Multispektral veri uzayında tek bir düzlem içine toprak ve bitki bilgisini yerleştiren lineer bir dönüşümdür (Sjöström, 2004). P= Parlaklık, Y= Yeşillik, N= Nemlilik bileşeni olmak üzere Landsat TM verisi için PYN dönüşüm katsayıları Tablo 2’de, dönüşüm formülleri ise 22, 23 ve 24 nolu denklemlerde verilmektedir (Crist ve Cicone, 1984).

Tablo 2. Landsat TM verisi için PYN dönüşüm katsayıları (Crist ve Cicone, 1984)

Bileşenler	TM Bandlarına Göre Dönüşüm Katsayıları					
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Parlaklık	0,3037	0,2793	0,4743	0,5585	0,5082	0,1863
Yeşillik	-0,2848	-0,2435	-0,5436	0,7243	0,0840	-0,1800
Nemlilik	0,1509	0,1973	0,3279	0,3406	-0,7112	-0,4572

Bu katsayılar kullanılarak P (Parlaklık Bileşeni), Y (Yeşillik Bileşeni) ve N (Nemlilik Bileşeni) şu şekilde hesaplanır:

$$P= 0,3037 \text{ (band 1)} +0,2793 \text{ (band 2)} +0,4743 \text{ (band 3)} +0,5585 \text{ (band 4)} +0,5082 \text{ (band 5)} +0,1863 \text{ (band 7)} \quad (20)$$

$$Y= -0,2848 \text{ (band 1)} -0,2435 \text{ (band 2)} -0,5436 \text{ (band 3)} +0,7243 \text{ (band 4)} +0,0840 \text{ (band 5)} -0,1800 \text{ (band 7)} \quad (21)$$

$$N= 0,1509 \text{ (band 1)} +0,1973 \text{ (band 2)} +0,3279 \text{ (band 3)} +0,3406 \text{ (band 4)} -0,7112 \text{ (band 5)} -0,4572 \text{ (band 7)} \quad (22)$$

Burada band1, band 2, band 3, band 4, band 5 ve band 7 sırasıyla Landsat TM bandlarından mavi-yeşil, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi, orta kızılötesi ve uzun dalga boyu bandları temsil etmektedir (Price ve diğ., 2002).

Huang ve diğ. (2002), yaptıkları çalışmada Landsat 7 uydusunun yansımaya özelliklerine bağlı yeni PYN dönüşüm katsayıları geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu dönüşümün, atmosferik düzeltmelerin mümkün olmadığı durumlarda bölgesel uygulamalar için oldukça uygun olduğunu belirtmektedirler. Geliştirilen yeni dönüşüm katsayıları Tablo 3' de verilmektedir.

Tablo 3. Landsat-7 ETM+ verisi için uydu algılayıcısının yansıtmasına göre elde edilmiş PYN dönüşüm katsayıları (Huang ve diğ., 2002)

Bileşenler	ETM Bandlarına Göre Dönüşüm Katsayıları					
	Band 1	Band 1	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Parlaklık	0,3561	0,3972	0,3904	0,6966	0,2286	0,1596
Yeşillik	-0,3344	-0,3544	-0,4556	0,6966	-0,0242	-0,2630
Nemlilik	0,2626	0,2141	0,0926	0,0656	-0,7629	-0,5388

Aster uydu görüntüleri için geliştirilmiş olan PYN Katsayıları Tablo 4’de verilmektedir. Tablo 4’de sadece bu çalışmada kullanılan Aster uydu görüntüsünün 1,2 ve 3N bandları için parlaklık, yeşillik ve nemlilik dönüşüm katsayıları alınmıştır. Aster uydu görüntüsünün diğer bandlarına ait katsayılar bu tabloda verilmemektedir.

Tablo 4. Aster uydu görüntüsüne ait algılayıcı yansıtmasına göre elde edilmiş PYN dönüşüm katsayılarından Aster 1, 2 ve 3N bandlarına ait katsayılar (Yarbrough ve diğ., 2005)

Bileşenler	Band 1	Band 2	Band 3N
Parlaklık	-0,274	0,676	0,303
Yeşillik	-0,006	-0,648	0,564
Nemlilik	0,166	-0,087	-0,703

Crist ve Cicone (1984), yaptıkları çalışmada, PYN bileşenlerinin özelliklerini şöyle tanımlamaktadırlar; “parlaklık” bileşeninde parçacık boyutu dağılımı gibi toprak karakteristiklerindeki farklılıkları ön plana çıkarmak için Landsat TM bandlarının 6’sına birden ağırlık kazandırılır. “Yeşillik” bileşeninde, görünür bandların toplamı ile yakın kızılötesi bandların toplamına kontrastlık kazandırılır, ayrıca yakın kızılötesi band (TM 4) bitkide görünür bandlara (TM 1-3) göre daha yüksek yansıma verdiği için bitkiyi ön plana çıkarmak için bu bandların kontrastlığı da ön plana çıkarılmıştır, “nemlilik” bileşeninde ise, toprak veya su tarafından tutulan nem miktarını belirlemek için orta kızılötesi bandlar (TM 5 ve 7) ile görünür (TM 1-3) ve yakın kızılötesi (TM 4) bandların toplamlarına kontrastlık kazandırılır.

4.4. Değişim Vektörü Analizi (DVA) Metodu

Farklı tarihli görüntülerden değişim algılamada yaygın bir şekilde kullanılan DVA (Değişim Vektörü Analizi) metodu için yapılan bazı tanımlar aşağıda verilmektedir.

Singh (1989)' e göre, değişim algılamının bir başka metodu DVA metodudur. Çok-zamanlı görüntülerdeki değişimlerin büyüklüğü ve yönünü temin etmek için kullanılan tek bir metottur.

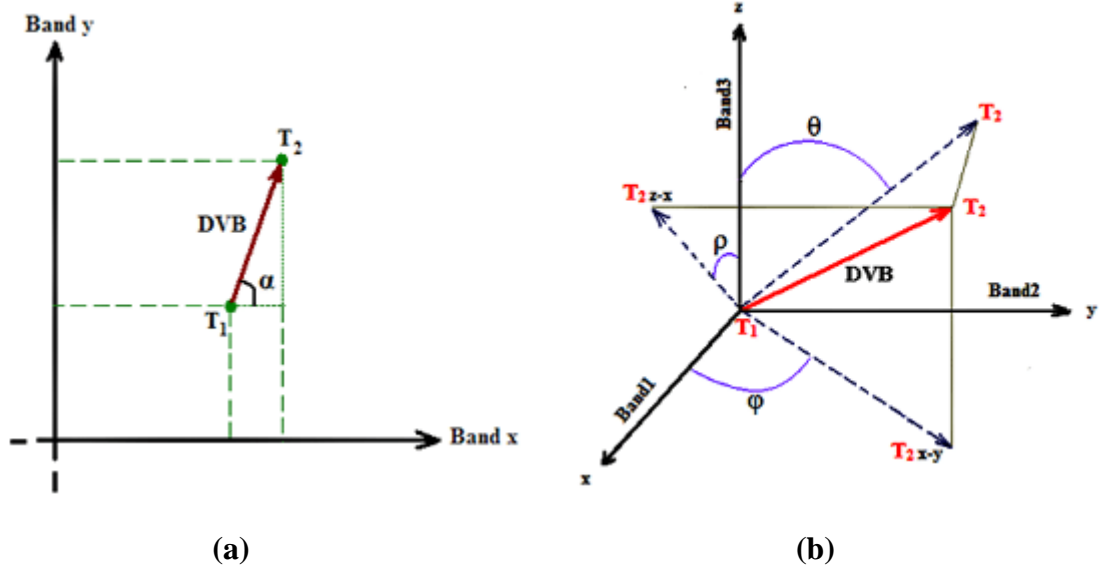
DVA metodu, çok-zamanlı görüntülerde eğitimsiz değişim algılamada çok yaygın kullanılan bir tekniktir. Bu metot genellikle farklı tarihlerde alınan iki görüntünün karşılıklı spektral bandlarının birbirinden çıkarılması sonucu spektral değişim vektörlerinde bulunan bilginin tamamını düzgün bir şekilde ortaya sunan bir yöntemdir (Bovolo ve Bruzzone, 2007). DVA için kullanılan bandlar görüntünün doğal pikselleri, parlaklık, yeşillik ve nemlilik bileşenleri vb. olabilir (Olson, 2004).

Değişim vektörleri üç bileşene sahiptir: Büyüklük, yön ve başlangıç noktası. Değişim vektörünün büyüklüğü iki vektör arasındaki öklit farkı (denklem 25) kullanılarak hesaplanırken, değişim vektörünün yönü ise trigonometrik işlemlerle hesaplanır. Başlangıç noktası ise basitçe ilk görüntüdeki parlaklık değeridir (Warner, 2005).

Değişim vektörünün büyüklüğü (DVB) spektral uzayda T_1 ve T_2 zamanları arasında öklit uzaklığı olarak;

$$| DVB_{(i,T_2-T_1)} | = \sqrt{(P_{x(i,T_2)} - P_{x(i,T_1)})^2 + (P_{y(i,T_2)} - P_{y(i,T_1)})^2 + \dots} \quad (23)$$

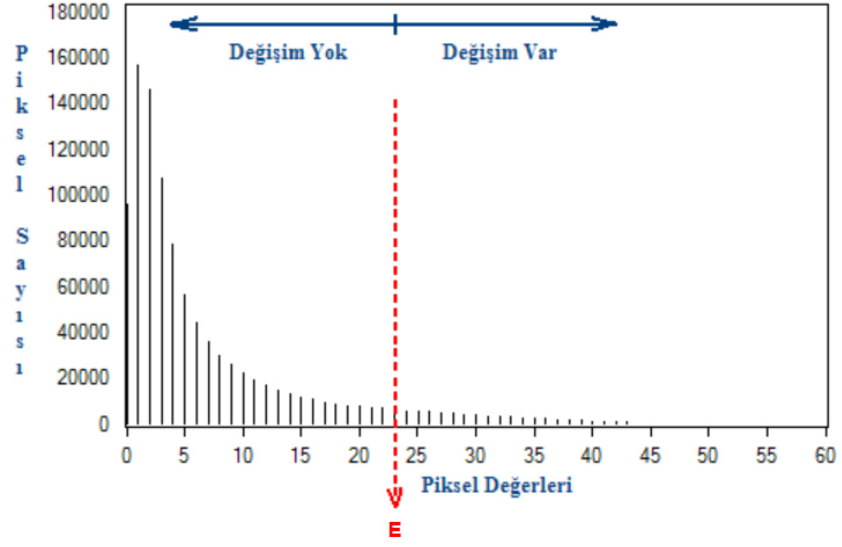
şeklinde hesaplanır (Flores ve Yool, 2007). Burada; $i=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere $P_{x(i,T)}$, T zamanlı görüntünün i'nci bandına ait piksel değeridir.



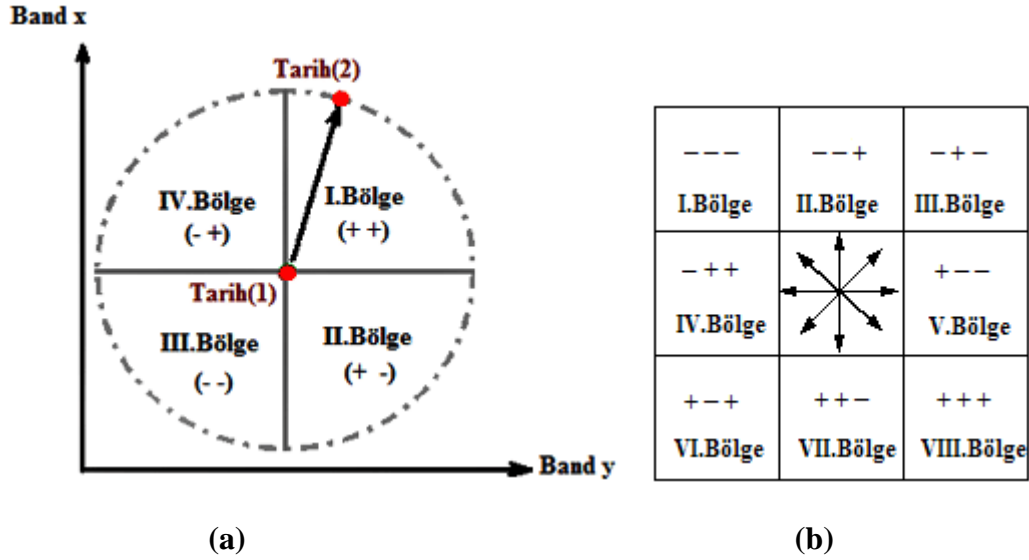
Şekil 7. (a) DVA'ya ait yön ve büyüklük bileşenlerinin tek bir düzlemde gösterimi (Warner, 2005; Nackaerts ve diğ., 2005; Malila W.A., 1980). Burada *DVB*, değişim vektörünün büyüklüğü, ise değişim açısıdır. (b) DVA için farklı tarihli görüntülere ait 3 band kullanıldığı durumda (örn. parlaklık, yeşillik ve nemlilik bileşenleri) elde edilen değişim vektörlerinin geometrik gösterimidir. Burada; θ , ρ ve ϕ 'ler; x,y,z düzlemi içindeki vektör konumlarını gösteren açılardır (Flores ve Yool, 2007).

Malila (1980)'e göre değişim vektör analizi sonucu değişimin olup olmadığı kararını vermek için spektral değişim vektörünün büyüklüğünün, belirlenmiş bir eşik değerinin sınırlarını aşıp aşmadığına bakılır (Singh, 1989).

Değişim vektör büyüklüğünü hesaplayıp analiz ederek değişimin varlığını belirleyebildiğimiz gibi değişim vektörünün yönünü tayin ederek ise değişimin türleri hakkında bilgi edinebiliriz (Melgani ve diğ., 2002; Singh, 1989). Değişim vektörünün yönü, her bir giriş bandı için pozitif veya negatif değişimlerin olası birleşimleri için belirlenir. Böylece her bir band için 2^n muhtemel değişim vektörü elde edilir. Burada n, giriş bandlarının sayısıdır. Örneğin 2 giriş bandı kullanılırsa 4 muhtemel değişim vektör çıkışı (Şekil 7-b) (Olson, 2004), 3 giriş bandı kullanılırsa 8 farklı değişim vektör çıkışı (Şekil 9-b) olacaktır.



Şekil 8. DVA metodu uygulanması sonucu ortaya çıkan fark görüntülerine ait örnek bir histogram. Burada 'E', değişimin varlığını belirlemek için seçilmiş eşik değeridir (Bruzzone, 2002; Malila, 1980).



Şekil 9. (a) DVA için farklı tarihli görüntülere ait 2 band kullanıldığı durumda muhtemel değişim bölge kodları (Nackaerts ve diğ., 2005; Yoon ve diğ., 2003) (b) 3 band kullanıldığı durumda bir piksel için hesaplanan muhtemel değişim bölge kodları (Yoon ve diğ., 2003; Jensen, 2004; Olson, 2004).

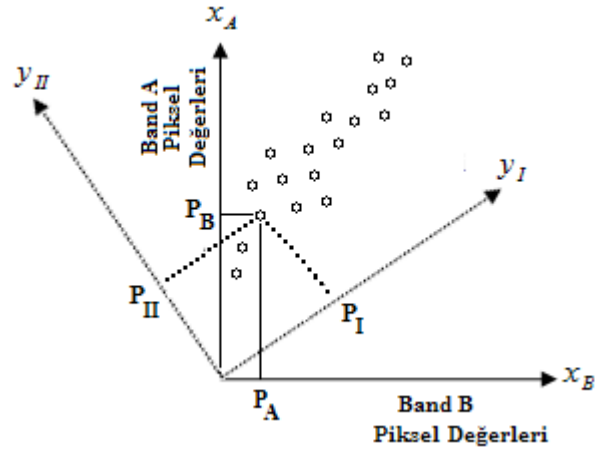
4.5. Temel Bileşenler Analizi (TBA) Metodu

Değişim analizlerinde, TBA (Temel Bileşenler Analizi) metodu çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. TBA metodu için yapılan bazı tanımlamalar aşağıda verilmektedir.

Karhunen-Loeve dönüşümü olarak bilinen TBA metodu, orijinal verilerden daha içerikli zengin veri elde etmede kullanılan istatistiksel bir dönüşümdür. Bu metotta veri kaybı da minimum düzeyde tutulur (Jensen , 2004).

Çeşitli dalga boylarında dijital veri ile elde edilen görüntü bandları genellikle aynı bilgiyi taşırlar. TBA metodu, çok bandlı görüntülerde bu tür veri tekrarını azaltarak verinin yeni bir koordinat sisteminde korelasyonsuz olarak temsilini sağlar. Varyansın en büyük bölümü birinci bileşende kalırken, kalan bölümü ise azalan miktarlarda diğer bileşenlerde toplanır (Lillesand ve Kiefer, 2000; Alparslan ve diğ., 2004). TBA metodu, birkaç avantaja sahiptir. Bunlar; (1) Multispektral veri setindeki varyansın büyük miktarı birinci veya ikinci temel bileşen görüntüsünde sıkıştırılır, (2) gürültü en az korelasyonlu temel bileşen görüntülerinde kalır, (3) temel bileşen görüntülerinde materyaller arasındaki spektral farklılıklar orijinal bantlarındakinden daha fazladır (Sabins, 1987).

Sabins (1987)'e göre TBA metodunda yeni bir koordinat sistemi, matematiksel denklemler kullanılarak orijinal koordinat sistemdeki piksel değerlerinin lineer bir kombinasyonu ile hesaplanarak elde edilir. Her bir temel bileşen, orijinal multispektral veri setinin varyansının belli yüzdelerini alır.



Şekil 10. TBA'ya ait grafiksel gösterim. Burada P_I ve P_{II} , yeni koordinat sistemindeki piksel değerleri, P_A ve P_B eski koordinat sistemindeki piksel değerleridir. x_A, x_B orijinal sistemdeki piksel koordinatları, y_I, y_{II} ise yeni sistemdeki piksel koordinatlarıdır (Sabins, 1987; Lillesand ve Kiefer, 2000; Niemeyer ve diğ., 1998).

TBA metodu, görüntüye ait orijinal veri değerlerinin lineer bir kombinasyonu olarak, görüntünün A ve B bandları için 26, 27 ve 28 nolu denklemlerle tanımlanır (Sabins, 1987; Lillesand ve Kiefer, 2000).

$$\begin{aligned} y_I &= a_{11}x_A + a_{12}x_B \\ y_{II} &= a_{21}x_A + a_{22}x_B \end{aligned} \quad (24)$$

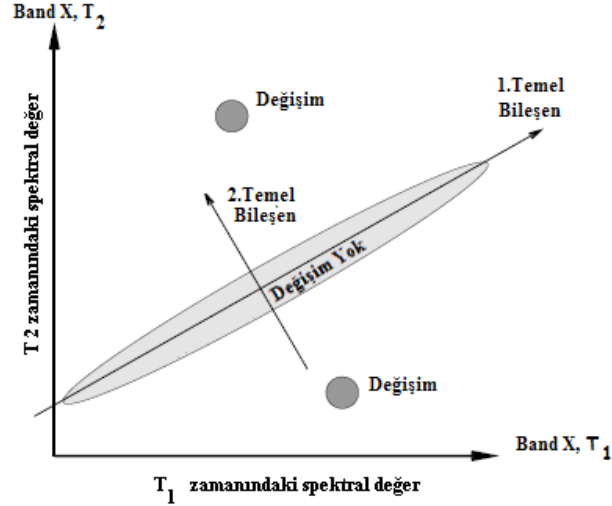
Burada $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ 'ler dönüşüm katsayılarıdır. Bu denklemin vektör-matris gösterimi;

$$y = \mathbf{A}x \quad (25)$$

şeklinde yazılabilir (Rees, 2001). Buradaki \mathbf{A} matris dönüşümü denklem 26'de verilen orijinal verinin kovaryans matrisinin öz vektörlerinden;

$$C_x = E\{(x - \bar{x})(x - \bar{x})^t\} \quad (26)$$

şeklinde hesaplanır. TBA metodu, veri sıkıştırmanın yanında farklı tarihli görüntülerdeki zamansal değişimlerin belirlenmesinde de kullanılabilir (Singh, 1989).

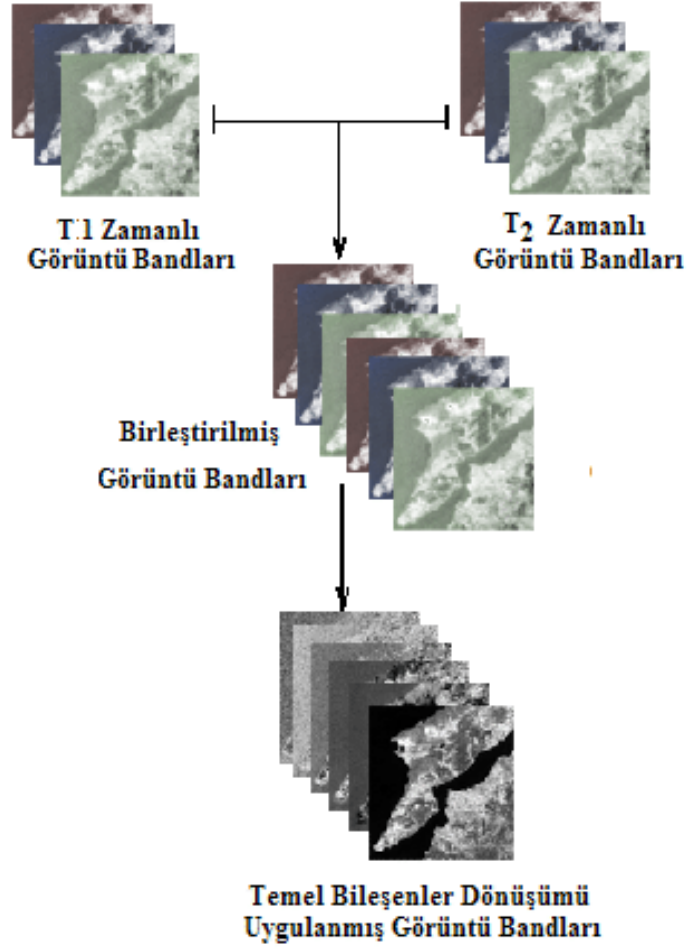


Şekil 11. T_1 ve T_2 zamanlı görüntülere ait bandlara TBA metodu uygulandığında oluşan 1. ve 2. temel bileşenlere ait grafiksel gösterimdir (Richards ve Jia, 2006; Wiemker ve diğ., 1997).

Zamansal değişimleri incelenecek görüntülere ait bandların pikselleri arasındaki ilişki, TBA metodu ile lineer bir fonksiyon olarak modellenebilir (Singh, 1989; Richards ve Jia, 2006). Bu durumda yeryüzü yansımalarındaki büyük farklılıklar, ilk temel bileşenlerde yalıtılır, yani istatistiksel olarak küçük zamansal değişimler ilk bileşenlerde yer alır (Lillesand ve Kiefer, 2000; Piwowar ve Millward, 2002). TBA metodu ile zamansal değişimleri bulmak için önemsenmeyen temel bileşenleri analiz etmek gerekir (Yıldırım ve diğ., 1995).

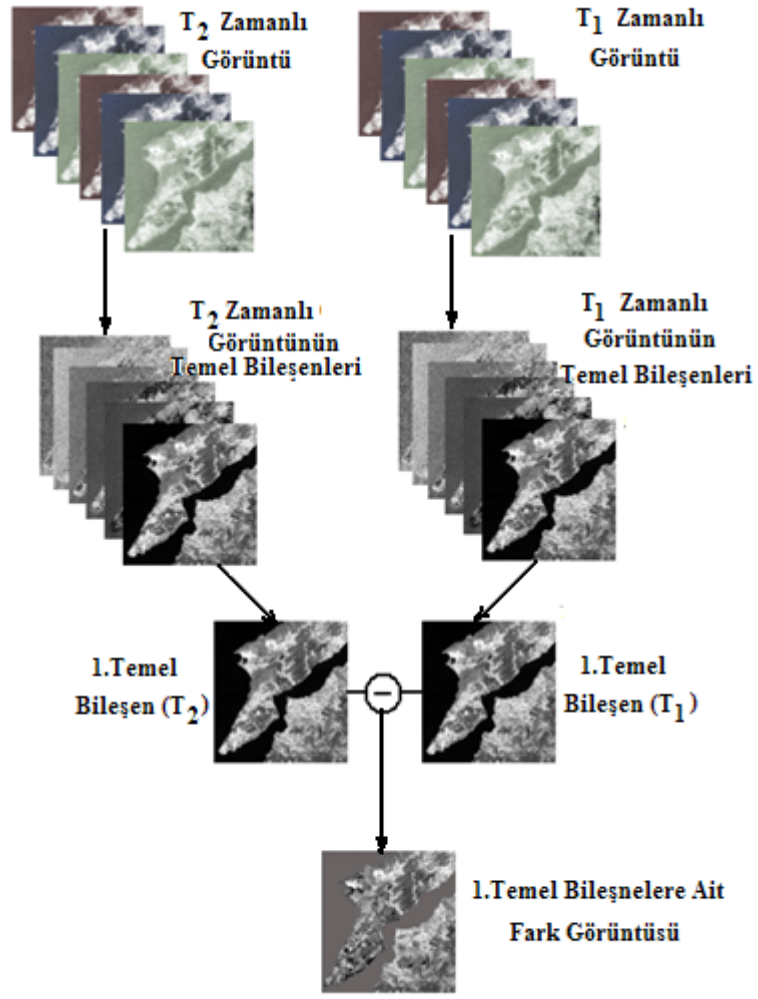
TBA metodu ile değişim analizleri için iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar aşağıda verilmektedir;

Birinci yaklaşımda; farklı tarihlerde alınan uydu görüntülerine ait bandlar tek bir veri seti olarak birleştirilir ve bu veri setine temel bileşenler analizi uygulanarak değişimler belirlenebilir (Şekil 12). Önemsiz bileşenler, farklı tarihler arasındaki arazi örtüsünde meydana gelen değişimleri ihtiva eder (Singh, 1989; Lu ve diğ., 2005).



Şekil 12. Zamansal değişimleri belirlemek için farklı tarihli uydu görüntülerinin seçilen bandlarına TBA metodu uygulanması ile ilgili şematik gösterim.

İkinci yöntemde ise; TBA metodu uygulanan görüntülerde bilginin çoğunluğu ilk bileşenlerde saklandığından dolayı, farklı tarihli görüntülerin ilk temel bileşenlerinin farkları hesaplanarak değişim analizi yapılabilir (Şekil 13) (Lu ve diğ., 2005). Değişim analizi, uygun bir eşik değeri belirlenerek sonuçlanır. “Bu teknik ana bileşenleri hesaplamada kullanılan öz vektörlerin incelenmesini ve her bileşene pozitif veya negatif en çok veri katkısında bulunan iki veya üç bant cinsinden yorumlanmasını öngörmektedir” (Alparslan ve diğ., 2004).



Şekil 13. Farklı tarihli uydu görüntülerinin birinci temel bileşenlerine görüntü farkı alma metodu uygulanarak zamansal değişimlerin belirlenmesi ile ilgili şematik gösterim.

BÖLÜM 5

UYDU VERİLERİ İLE GELİBOLU TARİHİ MİLLİ PARKI (GTP) ALANINDA DEĞİŞİM BELİRLEME UYGULAMASI

5.1. Giriş

Gelibolu Tarihi Milli Park (GTP) alanında meydana gelen yüzeysel değişimler, 1987, 2000, 2001 ve 2007 yılları için temin edilen Landsat (TM, ETM) ve Aster uydu verileri (Tablo 5) kullanılarak 20 yıllık periyot boyunca takip edilmiş, bölgede en çok değişim gösteren alan tespit edilmiştir. Değişim analizlerinde, GFA (Görüntü farkı alma) metodu, DVA (değişim vektörü analizi) metodu, PYN (parlaklık-yeşillik-nemlilik) dönüşüm metodu ve TBA (temel bileşenler analizi) metodu kullanılmıştır. Bu metotlarla elde edilen fark görüntülerindeki ‘değişen’ ve ‘değişmeyen’ alanlar, BE (Beklenti-Eniyileme) Algoritması ile belirlenen bir eşik değeri çerçevesinde hesaplanmıştır. Ayrıca bu yöntemlerin doğrulukları karşılaştırılarak Bölüm 6’da incelenecek saha için kullanılacak en iyi yöntem tespit edilmiştir.

5.2. Materyal ve Araştırma Alanı

5.2.1. Uydu Verileri, Hava Fotoğrafları ve Çalışma Platformu

Çalışmada bu evrede, 1987 ile 2007 yılları arasında farklı tarihlerde elde edilen 4 adet uydu görüntüsü kullanılmıştır (Tablo 5). Analiz aşamasında, Landsat uydu görüntülerinin bütün bandları (6. band hariç), Aster uydu görüntülerinin ise 1,2 ve 3N bandları kullanılmıştır. Doğruluk analizleri için, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü’nden (ÇOBM) alınan ortogonal hava fotoğrafları ile birlikte, *Google Earth* programı ile kaydedilen yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri seçilirken, mevsim ve ay farklılıklarının az olmasına da dikkat edilmiştir.

Görüntü analizi ve değerlendirme çalışması *PCI Geomatica*, *ArcGIS* ve *Matlab* 6.5 programları yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

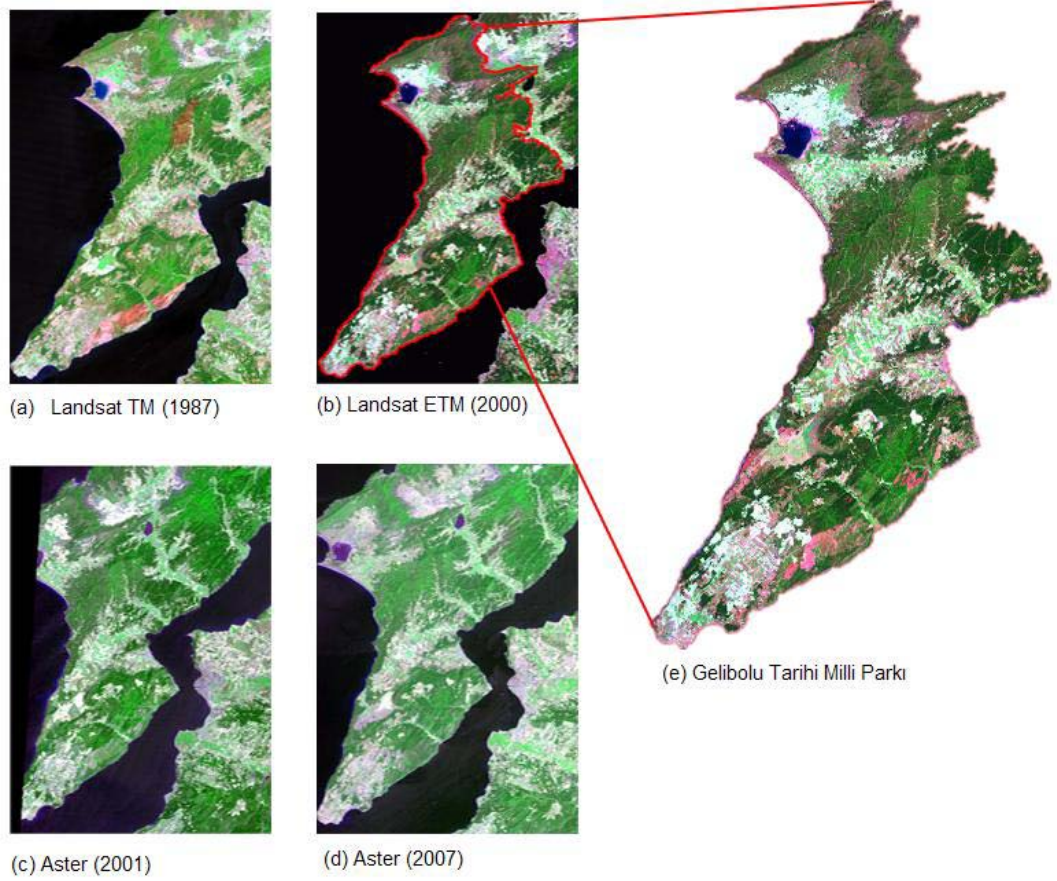
	Kullanılan Uydu Görüntüleri	Elde Edilme Tarihleri
1	Landsat TM	21 Temmuz 1987
2	Landsat ETM	25 Temmuz 2000
3	Aster	13 Ağustos 2001
4	Aster	21 Ağustos 2007

5.2.2. Araştırma Alanı

Araştırma alanı olarak uluslararası önemi giderek artan GTP (Gelibolu Tarihi Milli Park'ı) ele alınmıştır. Bu alanda meydana gelen değişimlerin incelenmesi amacıyla kullanılacak uydu görüntüleri ve araştırma alanının sınırları Şekil 14'de verilmektedir.

1915 yılında Çanakkale Deniz ve Kara Muharebelerinin yaşandığı GTP, o döneme ait savaş alanları, siperler, mezarlıklar, şehitlikler, anıtlar, kaleler, tabyalar vb. tarihi özellikleri ile sadece ülkemiz açısından değil tüm dünya açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu bakımdan GTP'nin doğal çevresini, tarih, arkeoloji ve kültür değerlerinin durumunu takip etmek ve korumak oldukça büyük önem arz etmektedir.

Çanakkale Boğazı'nın Avrupa tarafında yer alan GTP, Gelibolu Yarımadası'nın güney bölümünde 33000 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. GTP, 1980'li yıllarda ormanlık alanlar bakımından oldukça zengin bir yapıya sahipken günümüze kadar çeşitli sebeplerle çıkan orman yangınlarından dolayı bu zenginliğini kaybetmeye başlamıştır. GTP' yurtiçi ve yurtdışından gelen ziyaretçi yoğunluğu, yörede yaşayan halkın tarım arazisi açma istekleri, bölgenin orman yangınlarının yayılmasına uygun rüzgarlı bir yapıya sahip olması ve ormanlık alanlara yakın tarım arazilerinin varlığından dolayı ciddi bir tehdit altındadır. Tarım arazisi açma, GTP'de çıkan orman yangınlarının nedeni olarak giderek dikkat çekmektedir.



Şekil 14. (a-d) Değişim analizlerinde kullanılan uydu görüntüleri ve (e) araştırma alanı (GTP).

5.3. Ön İşlemler

Değişim analiz yöntemleri ile değişimleri belirlenmeden önce kullanılan tüm uydu görüntüleri birbirine göre jeoreferanslanmıştır. Ayrıca atmosferik şartlar, gölge etkisi ve aydınlanma değişimlerinden dolayı meydana gelen piksel değerlerinin farklılıklarını ortadan kaldırmak için bu görüntülere *görelî radyometrik düzeltme* işlemi uygulanmıştır.

5.4. Uygulama

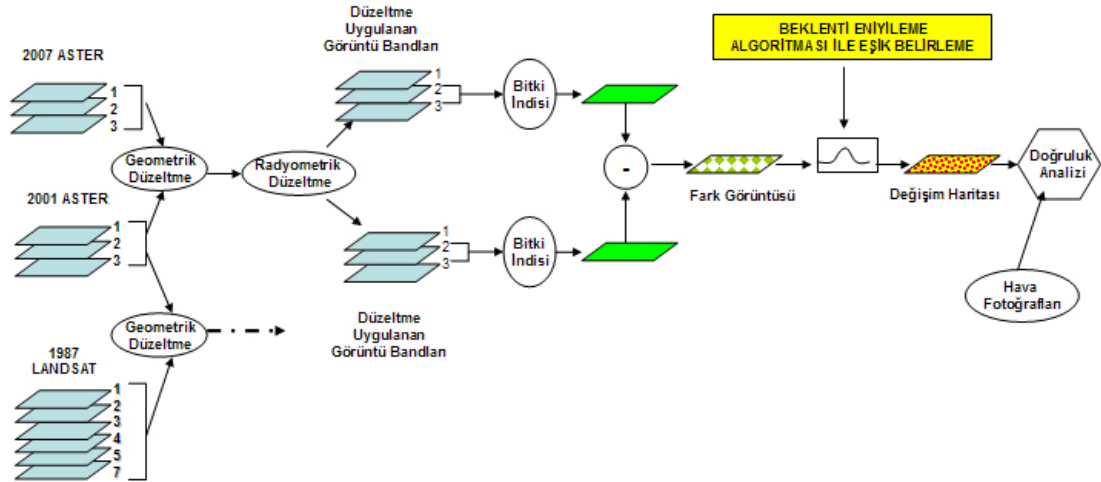
Bu tez çalışmasında ele alınan tüm değişim analiz metotları (GFA, DVA, PYN ve TBA), GTP' ve Çanakkale kent merkezini içine alan LANDSAT ve ASTER uydu görüntülerine (Şekil 14 a-d) uygulanmış ve bölgede meydana gelen değişimler 1987 ile 2007 yılları arasında yüzeysel olarak incelenmiştir. Değişimlerin yoğun olduğu

bölgeler tespit edilerek çalışmanın bu bölgelere kaydırılması için gerekli olan ön hazırlıklar yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan değişim analiz metotları'nın (GFA, DVA, PYN ve TBA) çalışma alanına uygulama adımları aşağıda sırasıyla anlatılmaktadır.

5.4.1. GFA Metodu İle Değişim Belirleme Uygulaması

GFA (Görüntü Farkı Alma) metodu ile, 1987-2007 yılları arasında meydana gelen değişimlerin analizinde kullanılmak üzere, Şekil 14 (a-d)'de verilen uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Araştırma alanına ormanlık alanlar ve tarım arazilerin hakim olması sebebiyle GFA metodunda, ele alınan görüntülerin (Tablo 5) Normalize Fark Bitki İndisleri (NFBI) kullanılmıştır. Bu yöntemin özetlendiği akış diyagramı (Şekil 15) ve uygulama adımları aşağıda verilmektedir.



Şekil 15. Çalışmada uygulanan GFA yönteminin özetlendiği akış diyagramı.

Çalışma alanına ait görüntülerde (Şekil 14 a-d) denize ait pikseller, görüntülerde yoğun miktarda ve benzer parlaklık değerlerinde olmalarından dolayı analiz şartlarını zorlaştırmaktadır. Bu yüzden bu piksellerin analize katılmaması için deniz maskesi üretilmiştir. Maske uygulamasından önce, su varlığını ön plana çıkarmak için;

$$SI (Landsat) = (\text{Band 4} - \text{Band 5}) / (\text{Band 4} + \text{Band 5}) \quad (27)$$

$$SI (Aster) = (\text{Band 2} - \text{Band 3N}) / (\text{Band 2} + \text{Band 3N}) \quad (28)$$

denklemleri ile belirtilen su indisleri (SI) (Gao, 1996) kullanılmıştır.

Deniz maskesi, su indisi ile elde edilen görüntülerden bir eşik değeri belirlenerek (31) numaralı mantıksal işlem yardımıyla üretilmiştir.

$$M(x) = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } |G(x)| > \tau \\ 0, & \text{Aksi takdirde} \end{cases} \quad (29)$$

Burada $M(x)$, maskelenmiş görüntü, τ , fark görüntüsü histogramından denize ait pikselleri diğer sınıflardan ayıran en uygun eşik değeri, $G(x)$ ise görüntüye ait her bir x konumundaki piksel değerleridir.

Bir sonraki aşamada bitki varlığını ön plana çıkarabilmek için ele alınan görüntülerin NFBİ'leri elde edilmiştir. Landsat uydu görüntülerinde bitki, yakın kızılötesi (TM/ETM 4) bandda yüksek yansımaya değeri verirken, görünür kırmızı bandda (TM/ETM 3) düşük yansımaya değeri vermektedir. Bu yüzden Landsat uydu görüntülerindeki bitki varlığını ön plana çıkarmak için görüntülere ait bitki indisi görüntüleri;

$$NFBİ (Landsat) = (B4 - B3) / (B4 + B3) \quad (30)$$

formülünden (Bernstein, 1977) elde edilmiştir. Burada B4, Landsat (TM/ETM) bandlarından yakın kızılötesi band, B3 ise görünür kırmızı banddır.

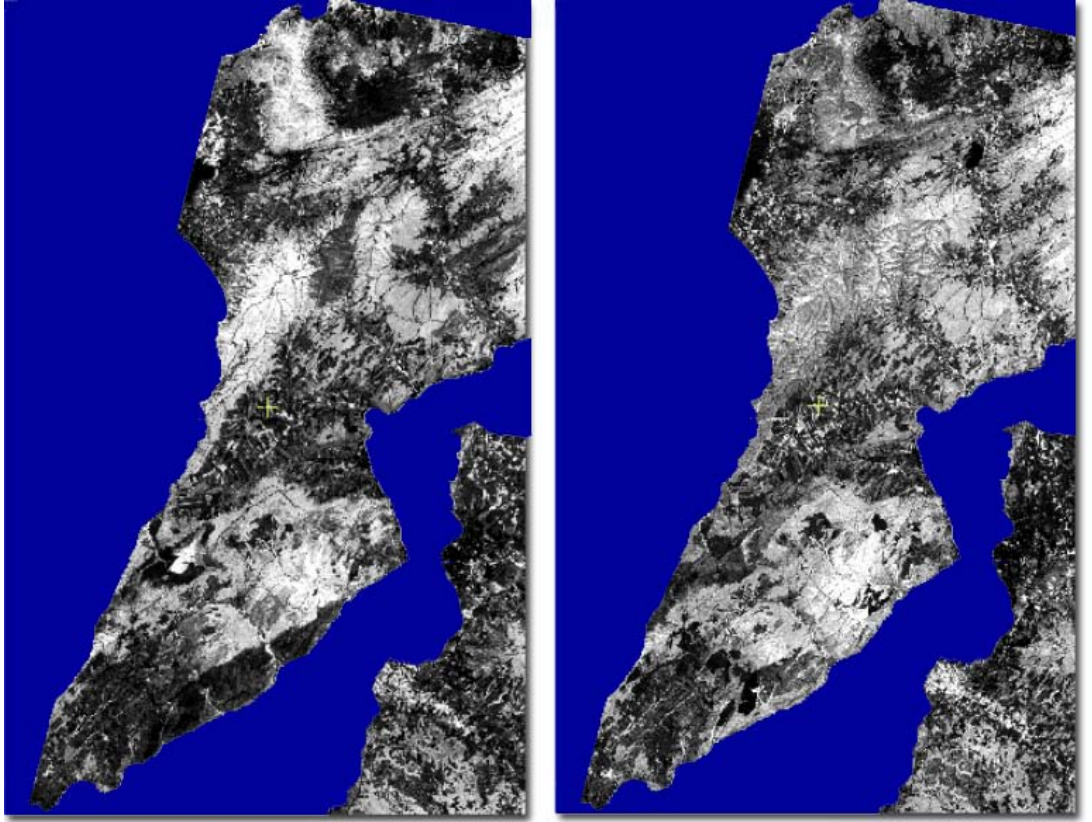
Aster uydu görüntülerinde bitki, görünür yakın kızılötesi (band 3B-3N) bandda yüksek yansımaya değeri verirken, görünür yeşil banda düşük yansımaya değeri

vermektedir. Bu yüzden Aster görüntülerdeki bitki varlığını ön plana çıkarmak için görüntülere ait bitki indis görüntüleri,

$$\text{NFBİ (Aster)} = (\text{band 3N} - \text{band2}) / (\text{band 3N} + \text{band2}) \quad (31)$$

formülü (Miura ve diğ., 2008) kullanılarak elde edilmiştir.

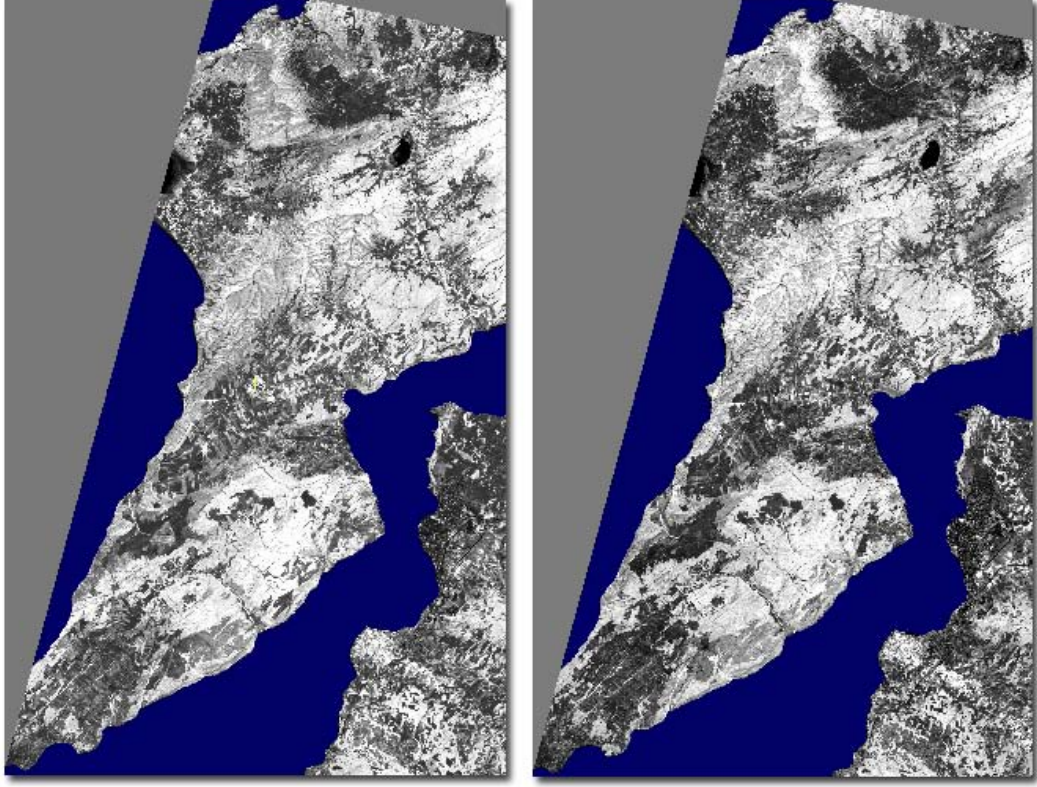
Analiz sonuçlarının daha sağlıklı elde edilebilmesi için GFA yöntemi uygulanacak çalışma alanına ait NFBİ görüntülerine Şekil 16 ve 17 da gösterildiği gibi deniz maskesi uygulanmış ve analizlerde denize ait pikseller hesaplamalara katılmamıştır.



(a)

(b)

Şekil 16. Deniz maskesi uygulanmış bitki indis görüntüleri. Burada; (a) 21 Temmuz 1987 tarihli Landsat TM uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü ve (b) 25 Temmuz 2000 Landsat TM uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü.

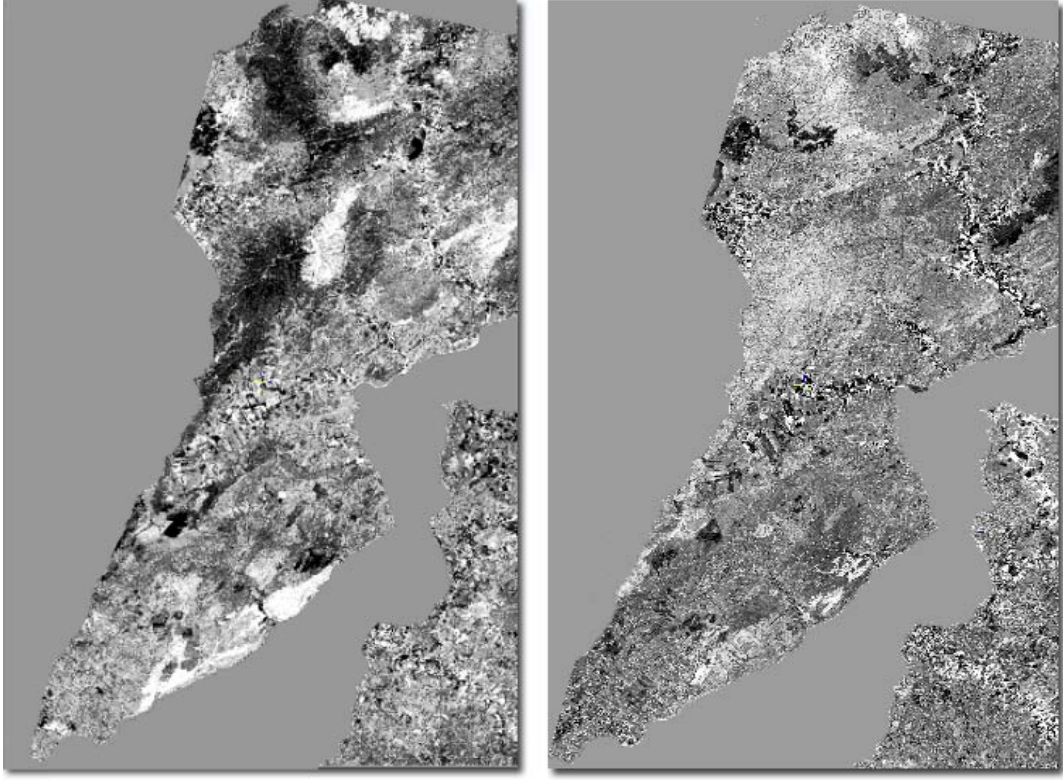


(a)

(b)

Şekil 17. Deniz maskesi uygulanmış NFBİ görüntüleri. Burada; (a) 13 Ağustos 2001 Aster uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü ve (b) 21 Ağustos 2007 Aster uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsüdür.

Bir sonraki aşamada, deniz maskesi uygulanmış NFBİ görüntülerine GFA yöntemi uygulanmıştır. Negatif piksel değerleri ile ayrımıyı görebilmek için fark görüntüleri, 16 bitlik işaretli kanalda elde edilmiştir. Matematiksel işlemleri kolaylaştırabilmek için fark görüntüleri *PCI Geomatica* programı yardımıyla 16 bitlik işaretli kanaldan 8 bitlik işaretsiz kanala yeniden ölçeklenmiştir. Sonuçta çalışma alanına ait Tablo 5 ve Şekil 14 a-d'de belirtilen Landsat ve Aster uydu görüntülerinin NFBİ'lerine ait fark görüntüleri Şekil 18'deki gibi elde edilmiştir.

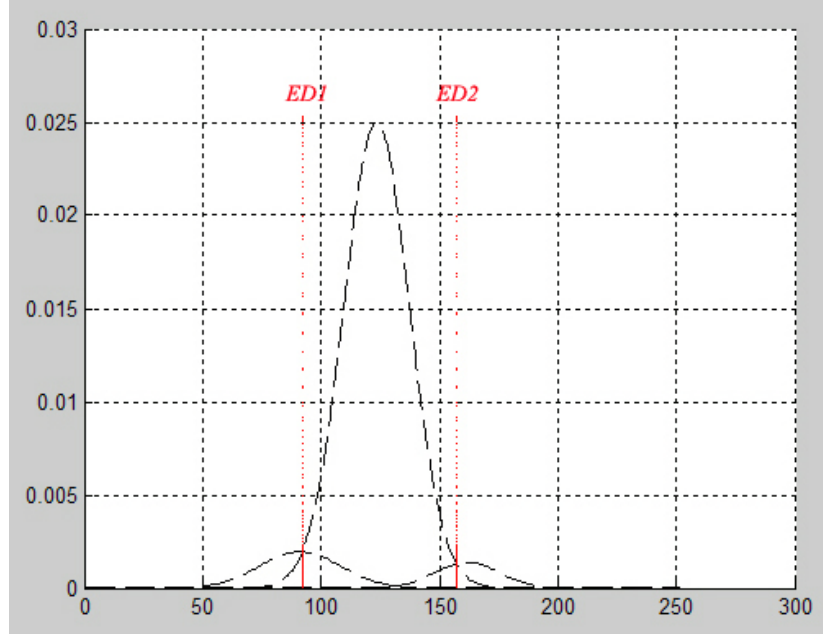


(a)

(b)

Şekil 18. (a) 1987 ve 2000 tarihli Landsat TM/ETM görüntülerinden elde edilen NFBİ'lerin fark görüntüsü. (b) 2001 ve 2007 tarihli Aster uydu görüntülerinden elde edilen NFBİ'lerin fark görüntüsü.

Yukarıdaki aşamalarda elde edilen fark görüntülerindeki değişim sınıflarını belirlemek için *Matlab* programı kullanılmıştır. Elde edilen fark görüntüleri, *PCI Geomatica* programında “*tiff*” uzantılı olarak kaydedilip *Matlab* programının çalışma ortamına alınmıştır. Değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri, Ek-1/A ve Ek-1/B'de verilen ve BE Algoritmasının uygulaması için yazılmış *Matlab Program kodları* yardımıyla tespit edilmiştir. Bu program kodlarındaki giriş parametrelerinin (*Initiate parameters*) hesaplanması için sınıf sayısı, $k=3$ olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi, NFBİ fark görüntülerinden 3 sınıfın (negatif değişim, pozitif değişim ve değişmeyen sınıfları) elde edilmek istenmesidir. Fark görüntülerine *Matlab program kodlarının* uygulaması sonucu elde edilen eşik değerleri Şekil 19'da verilmektedir.

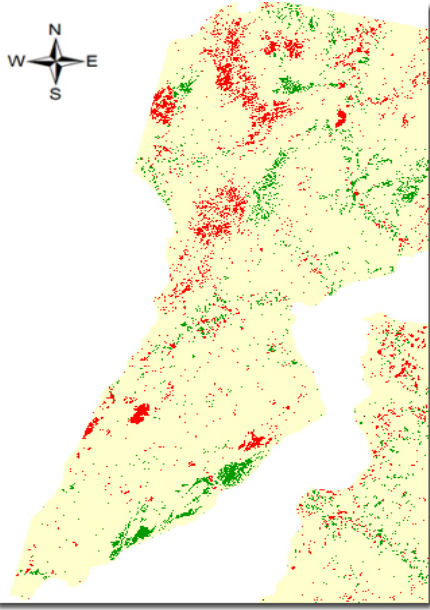


Şekil 19. 21 Temmuz 1987 ve 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM/ETM görüntülerine ait NDBI'lerinin fark görüntüsündeki değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri (ED1=92,10 ve ED2=157,01).

NDBI fark görüntüsündeki değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri yukarıdaki gibi tespit edildikten sonra, Tablo 6'daki eşitsizlikler kullanılarak, *PCI Geomatica* programı yardımıyla tematik değişim haritası üretilmiştir (Şekil 20 ve 21).

Tablo 6. NDBI fark görüntülerinden tematik değişim haritası elde edebilmek için kullanılan eşitsizlikler. Burada NFG, bitki indisleri fark görüntüsü, ED'ler ise eşik değerleridir

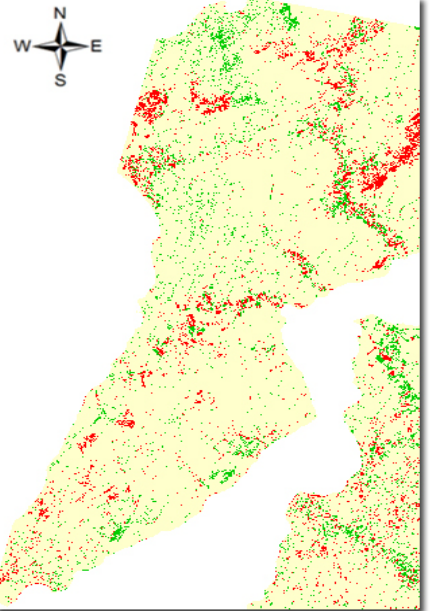
Eşitsizlikler	Bitki Değişim Sınıfları	Açıklama
Eğer $NFG < ED1$	ise Negatif Değişim	Bitkide Azalma
Eğer $NFG > ED2$	ise Pozitif Değişim	Bitkide Artma
Eğer $NFG \geq ED1$ ve $\leq ED2$	ise Değişim Yok	Bitkide Değişim Yok



1987-2000 Yılları Arasında Bitki Örtüsünde Meydana Gelen Değişimler

- Negatif Değişim (24,74 km², % 5,01)
- Pozitif Değişim (18,40 km², % 3,73)
- Değişim yok (450,40 km², % 91,26)

Şekil 20. 21 Temmuz 1987 ve 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin NFBİ'lerinin fark görüntülerinden elde edilen tematik değişim haritası.



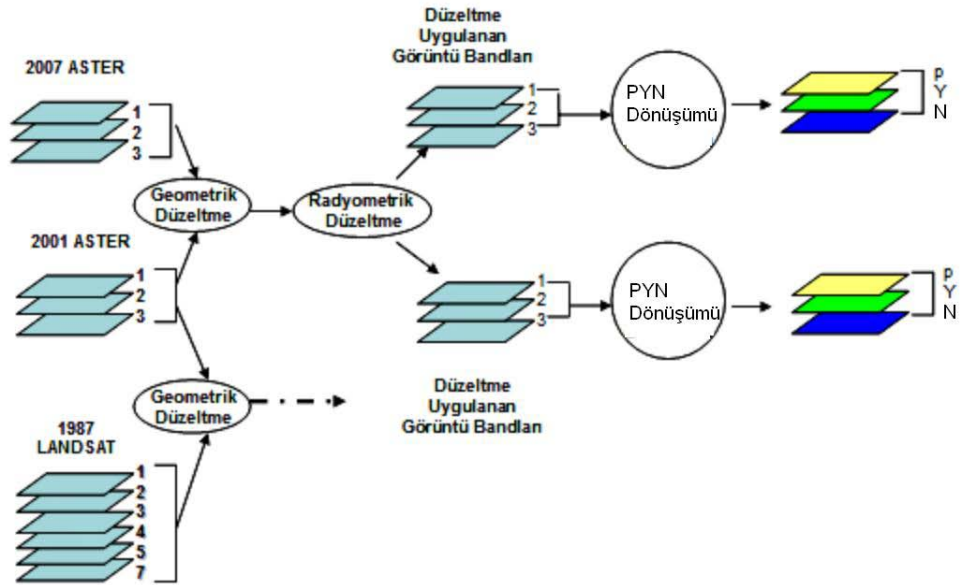
2001-2007 Yılları Arasında Bitki Örtüsünde Meydana Gelen Değişimler

- Negatif Değişim (26,13 km², % 5,29)
- Pozitif Değişim (25,30 km², % 5,13)
- Değişim Yok (442,11 km², % 89,58)

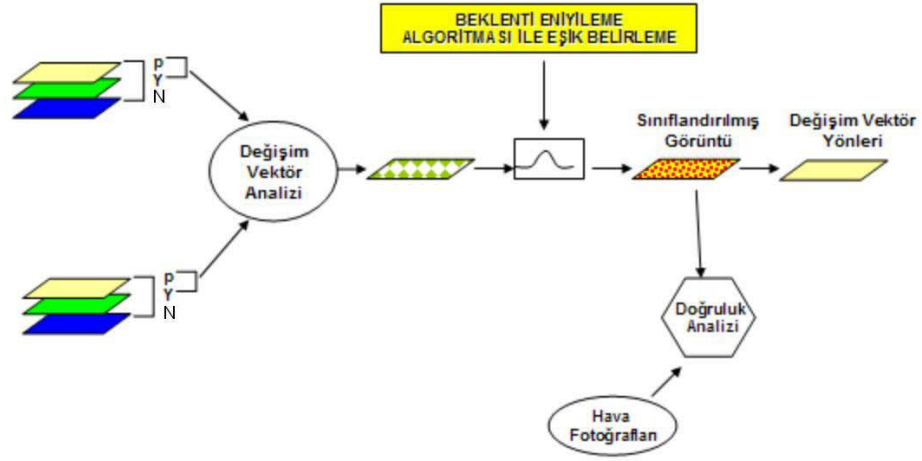
Şekil 21. 13 Ağustos 2001 ve 21 Ağustos 2007 tarihli Aster uydu görüntülerinin NFBİ'lerinin fark görüntülerinden elde edilen tematik değişim haritası.

5.4.2. DVA/PYN Metodu ile Değişim Belirleme Uygulaması

Çalışmanın bu aşamasında DVA (Değişim vektörü analizi) ve PYN (parlaklık-yeşillik-nemlilik) dönüşüm metotları birlikte kullanılmıştır. Bu metotlar yardımıyla çalışma alanında, 1987-2007 yılları arasında meydana gelen değişimler, Şekil 14 a-d'da verilen uydu görüntüleri ile araştırılmıştır. Öncelikle kullanılan uydu görüntülerine geometrik ve radyometrik düzeltme uygulanmıştır. Sonra, DVA metodunun uygulanacağı bandların seçimi için bölgeyi karakterize eden özelliklerden faydalanılmıştır. Buna göre; çalışma alanına, ormanlık alanlar ve tarım arazilerinin hakim olması sebebiyle DVA metodu uygulanacak bandlar, görüntülerin 'parlaklık' ve 'yeşillik' bileşenlerinden seçilmiştir (Şekil 23). Uygulanan bu metotların özetlendiği akış diyagramları (Şekil 22 ve 23) ve çalışma adımları aşağıda verilmektedir.

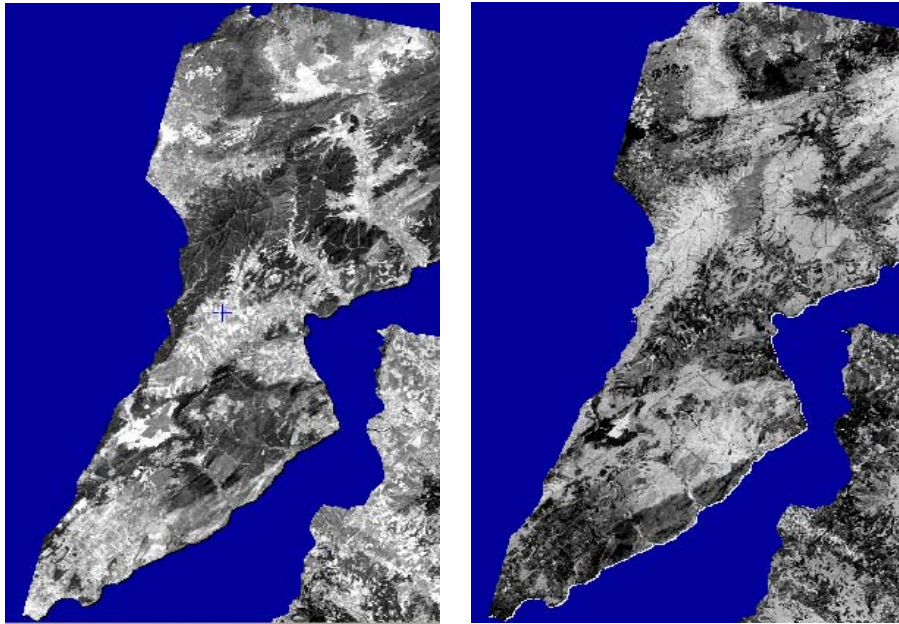


Şekil 22. 2001 ve 2007 Aster görüntülerinin, P (Parlaklık), Y (Yeşillik) ve N (Nemlilik) bileşenlerinin elde edilmesini gösteren akış diyagramı.



Şekil 23. DVA/ PYN metodunun uygulaması sonucunda yapılan doğruluk analizlerini gösteren akış diyagramı.

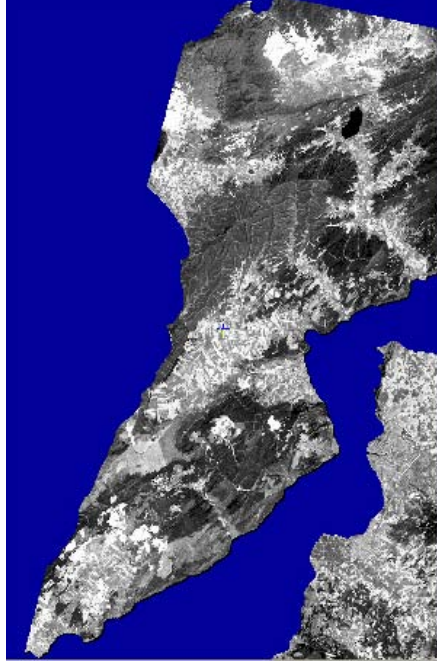
Ele alınan Landsat ve Aster uydu görüntülerinden, çalışma alanına ait toprak ve bitki örtüsünü ön plana çıkarmak amacıyla elde edilen ‘parlaklık’ ve ‘yeşillik’ bileşenleri Şekil 24, 25, 26, ve 27’de gösterilmektedir.



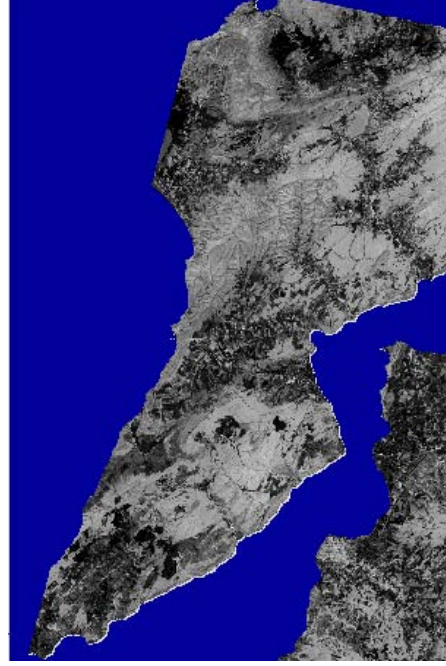
(a)

(b)

Şekil 24. 1987 tarihli Landsat uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri (denize ait pikseller maskelenerek analizlerde hesaba katılmamıştır).

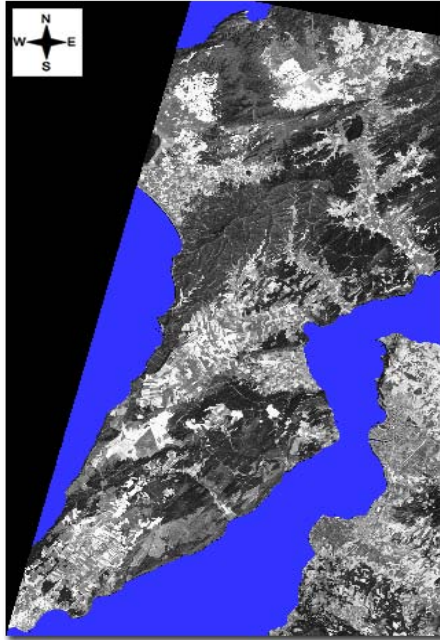


(a)

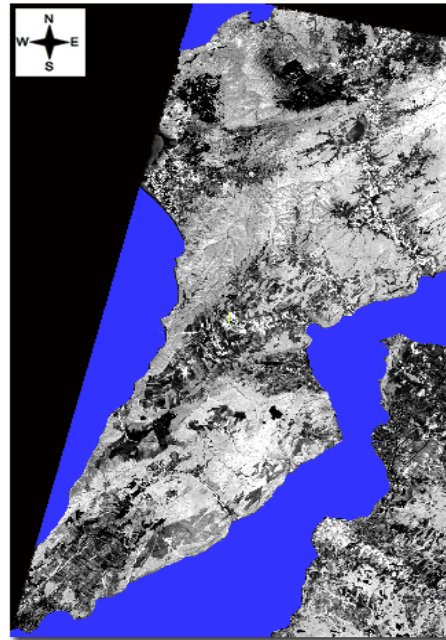


(b)

Şekil 25. 2000 tarihli Landsat uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.

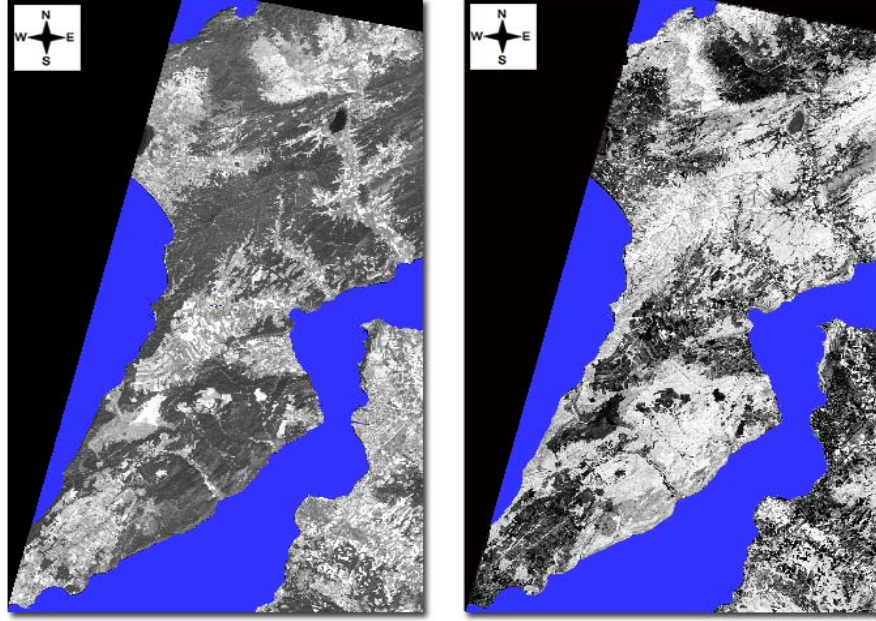


(a)



(b)

Şekil 26. 2001 tarihli Aster uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.



(a)

(b)

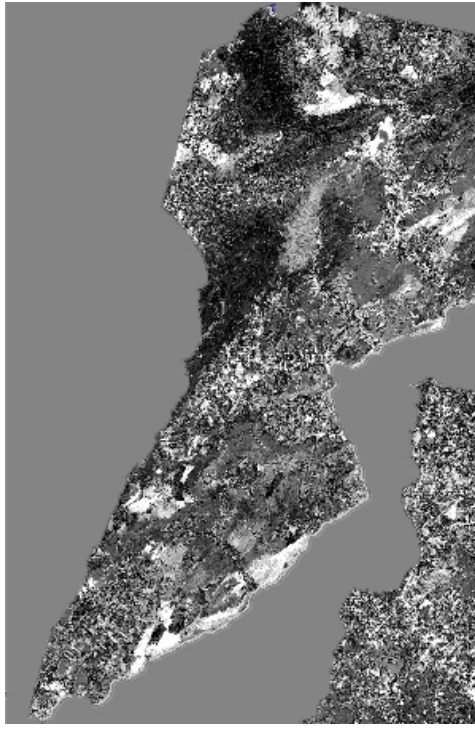
Şekil 27. 2007 tarihli Aster uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.

Landsat uydu görüntüleri için DVB, (34) numaralı denklem kullanılarak elde edilirken, 2001 ve 2007 tarihli Aster uydu görüntüleri için DVB, (35) numaralı denklem kullanılarak elde edilmiştir. Ortaya çıkan fark görüntüleri Şekil 28’de, bu görüntülere ait histogram dağılımları Şekil 29’da verilmektedir.

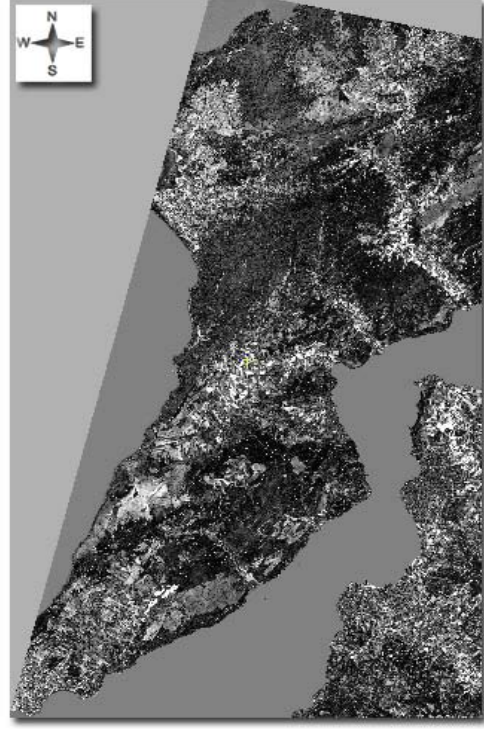
$$DVB = + \sqrt{(P_{(2000)} - P_{(1987)})^2 + (Y_{(2000)} - Y_{(1987)})^2} \quad (32)$$

$$DVB = + \sqrt{(P_{(2007)} - P_{(2001)})^2 + (Y_{(2007)} - Y_{(2001)})^2} \quad (33)$$

Burada P ’ler , 1987 ve 2000 tarihli Landsat uydu görüntüleri ile 2001 ve 2007 tarihli Aster uydu görüntülerine ait ‘parlaklık’ bileşenleri olmak üzere, Y ’ler ise aynı görüntülere ait ‘yeşillik’ bileşenleridir.

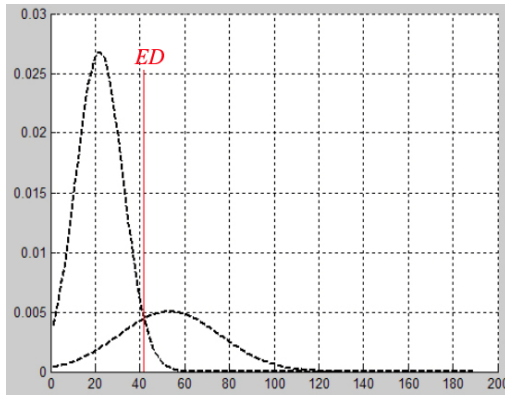


(a)

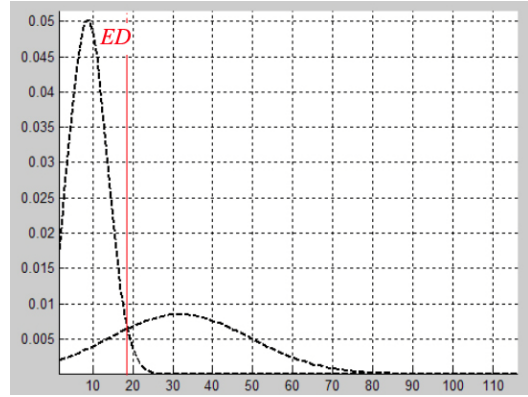


(b)

Şekil 28. (a) Landsat ve (b) Aster görüntülerine ait parlaklık ve yeşillik bileşenlerinin her bir piksel konumunda vektör büyüklükleri (DVB) ile elde edilen fark görüntüleri.



(a)



(b)

Şekil 29. Şekil 28-a ve b’de verilen görüntüler için değişim vektörü büyüklüğüne ait değerlerin değişim grafiği ve belirlenen eşik değerlerinin konumu. Burada (a) Şekil 28-a için BE Algoritması kullanılarak elde edilen eşik değeri ($ED=41,73$), (b) Şekil 28-b için elde edilen eşik değeridir ($ED=18,56$).

Değişim vektörü büyüklükleri ile elde edilen görüntülerden değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri, BE Algoritması yardımıyla Şekil 29'daki gibi tespit edilmiştir.

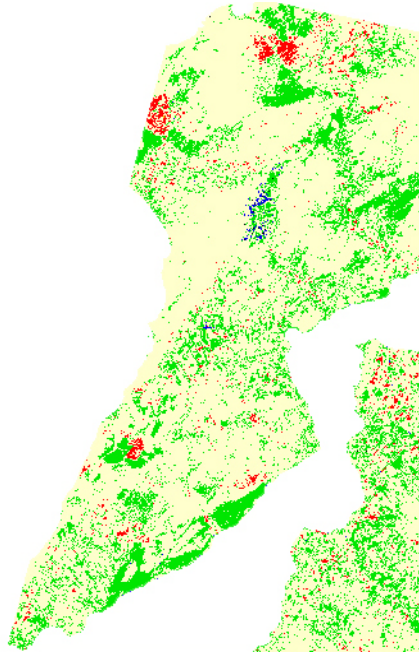
1987 ve 2000 tarihli Landsat uydu görüntüleri ile 2001 ve 2007 tarihli Aster uydu görüntülerinin 'parlaklık' ve 'yeşillik' bileşenlerindeki değişimin türleri hakkında bilgi almak için, değişim vektör yönleri, Tablo 7'da belirtilen eşitsizlikler kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 7. Değişim sınıfları ile ilgili yön sınıflarını belirlemekte kullanılan eşitsizlikler. Burada *DVB*, değişim vektör büyüklüğü, *ED* eşik değeri, P ve Y'ler ise farklı zamanlarda (t_1 ve t_2) elde edilen görüntülerin parlaklık ve yeşillik bileşenleridir

	Algoritmalar	Değişim Sınıfları
EĞER $DVB \geq ED$ VE	$P(t_2) - P(t_1) < 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) > 0$	(P- Y+)
	$P(t_2) - P(t_1) > 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) > 0$	(P+ Y+)
	$P(t_2) - P(t_1) < 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) < 0$	(P- Y-)
	$P(t_2) - P(t_1) > 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) < 0$	(P+ Y-)
	İSE	

DVA/ PYN metotları ile elde edilen değişim sınıflarında; parlaklık ve yeşilliğin birlikte artması (P+Y+) biyokütle kayıplarına işaret ederken, parlaklık ve yeşilliğin birlikte azalması (P-Y-) ise kuru otlak alanların artışına işaret eder. Bunun yanında parlaklıkta artmaya karşılık yeşillikte azalma (P+Y-) bitki örtüsünde azalmayı gösterirken, parlaklıkta azalmaya karşılık yeşilliğin artması (P-Y+) ise araştırılan sahadaki bitki örtüsünde bir artışı göstermektedir.

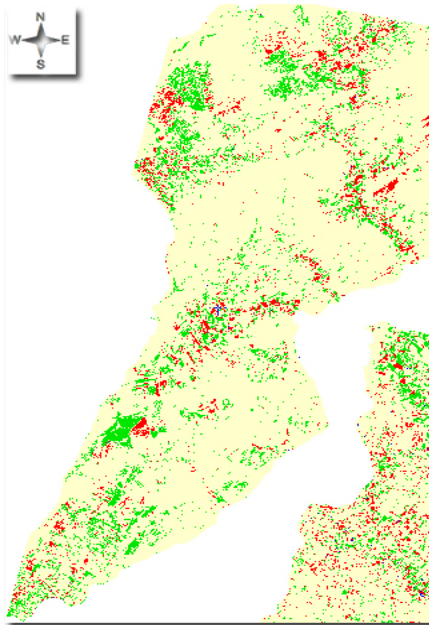
Şekil 29'daki eşik değerlerinin, Tablo 7'deki eşitsizliklerde kullanılması ile elde edilen 'parlaklık' ve 'yeşillik' bileşenlerine ait değişim sınıfları, Şekil 30 ve 31' deki gibi elde edilmiştir.



**1987-2000 Yılları Arası
Değişim Haritası**

■	P+Y+ (0,73 km ² , % 0,15)
■	P-Y- (0,1 km ² , % 0,02)
■	P+Y- (10,48 km ² , % 2,12)
■	P-Y+ (97,96 km ² , % 19,85)
■	Değişim Yok (384,27 km ² , % 77,86)

Şekil 30. 1987 ve 2000 tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen değişim haritası. Burada (P-) parlaklıkta azalmayı, (P+) parlaklıkta artmayı, (Y-) yeşillikte azalmayı, (Y+) yeşillikte artmayı göstermektedir.



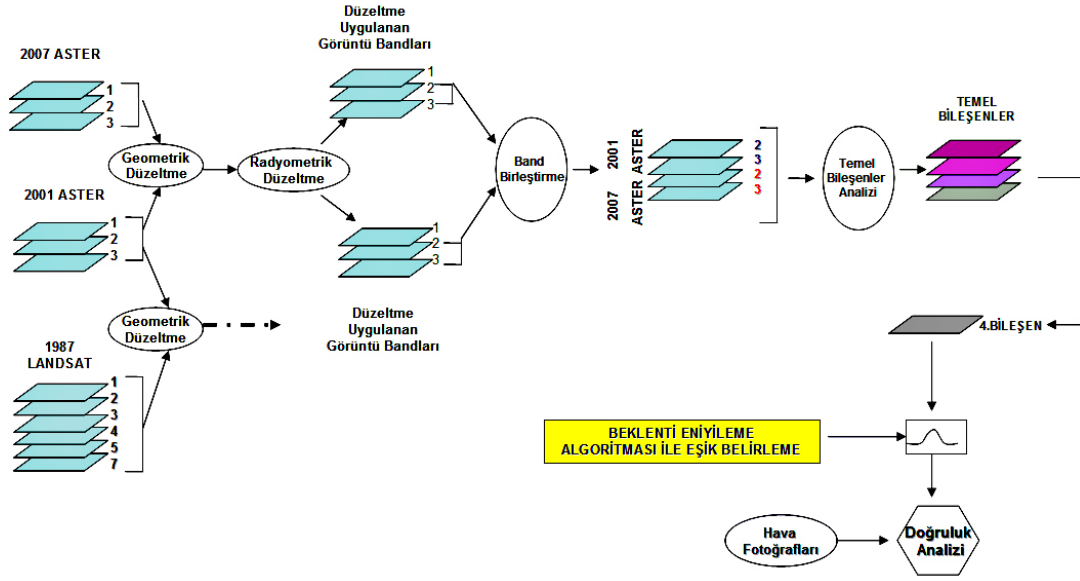
**2001-2007 Yılları Arası
Değişim Haritası**

■	P+Y+ (0,37 km ² , % 0,08)
■	P-Y- (0,60 km ² , % 0,12)
■	P+Y- (24,60 km ² , % 4,98)
■	P-Y+ (46,80 km ² , % 9,48)
■	Değişim Yok (421,17 km ² , % 85,34)

Şekil 31. 2001 ve 2007 Aster uydu görüntüleri kullanılarak edilen değişim haritası. Burada (P-) parlaklıkta azalmayı, (P+) parlaklıkta artmayı, (Y-) yeşillikte azalmayı, (Y+) yeşillikte artmayı göstermektedir.

5.4.3. TBA Metodu İle Değişim Belirleme Uygulaması

Çalışma alanında, 1987-2007 yılları arasında meydana gelen değişimlerin TBA (Temel bileşenler analizi) metodu kullanılarak incelenmesinde, Şekil 14 a-d'da verilen uydu görüntülerinin temel bileşen görüntüleri ele alınmıştır. Uygulanan bu metodun özetlendiği akış diyagramı (Şekil 32) ve çalışma adımları aşağıda verilmektedir.

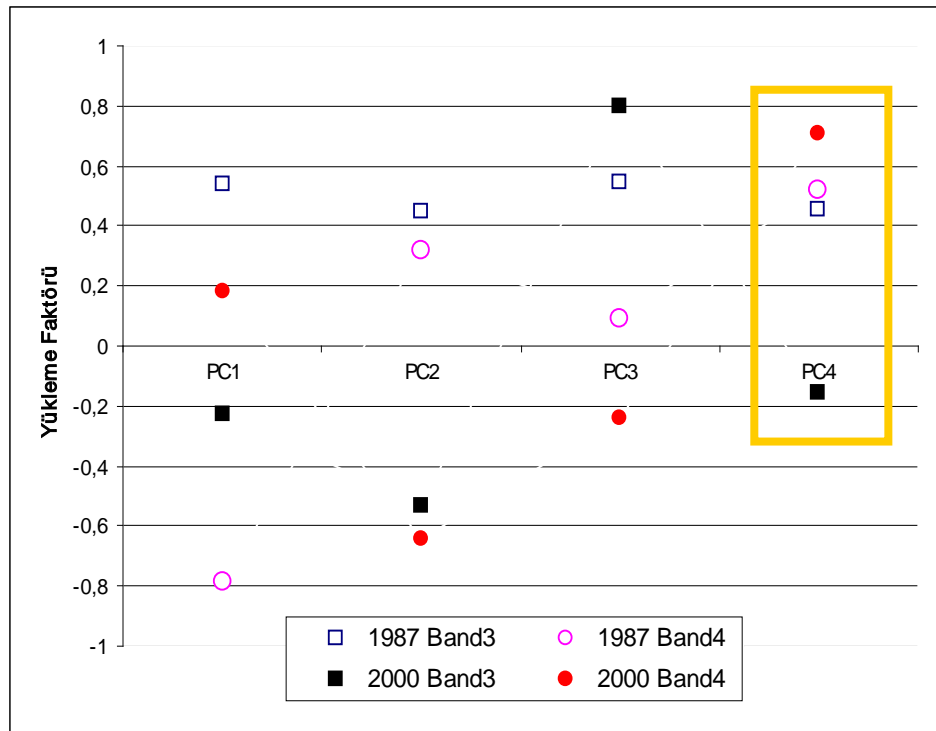


Şekil 32. TBA yöntemi ile değişimlerin araştırılması ve uygulama sonucu yapılan doğruluk analizlerinin özetlendiği akış diyagramı.

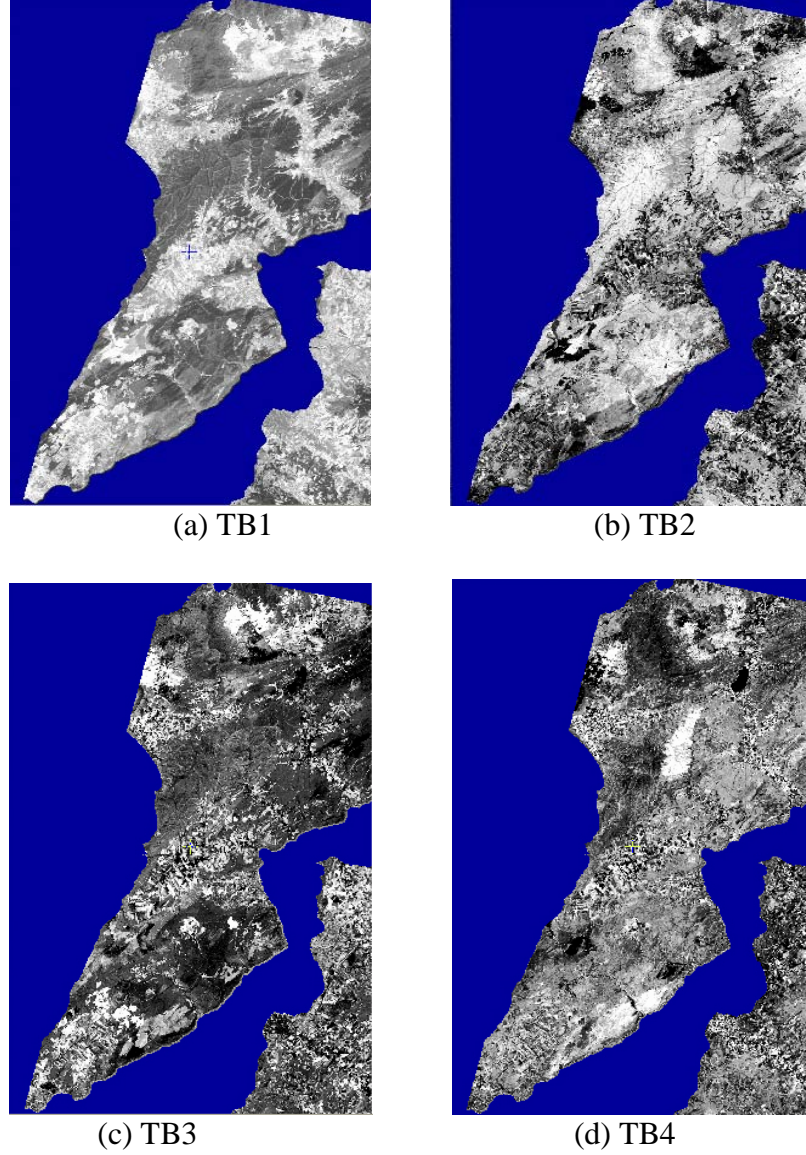
Uygulamanın ilk adımında, TBA metodunun uygulanacağı bandlar seçilmiştir. Çalışma alanına bitki varlığı hakim olduğundan, temel bileşenler analizi için 1987 ve 2000 yılları Landsat uydu görüntülerinin, bitkide yüksek yansımaya değeri veren yakın kızılötesi (TM 4, ETM 4) bandı ile düşük yansımaya değeri veren görünür kırmızı bandı (TM 3, ETM 3) seçilmiştir. Bu bandlar tek bir görüntüde birleştirilerek temel bileşenler analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu ortaya çıkan temel bileşenlere ait yükleme faktörleri Şekil 33'de, öz vektörler Tablo 8'de, temel bileşen görüntüleri ise Şekil 34'de verilmektedir.

Tablo 8. 1987 ve 2000 yılları LANDSAT görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına uygulanan TBA sonucu ortaya çıkan temel bileşenlerine ait kovaryans matrisin öz vektörleri

Uydu Görüntüleri	Bandlar	TB1	TB2	TB3	TB4
Landsat (1987)	Band 3	0,54086	0,44942	0,54789	0,45311
	Band 4	-0,78881	0,31904	0,08877	0,51779
Landsat (2000)	Band 3	-0,23046	-0,53520	0,79718	-0,15799
	Band 4	0,17926	-0,64015	-0,23758	0,70825
% Varyans		%88,91	%5,69	%4,85	%0,54



Şekil 33. 1987 ve 2000 yılları LANDSAT görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına uygulanan TBA sonucu temel bileşenlere ait yükleme faktörleri.



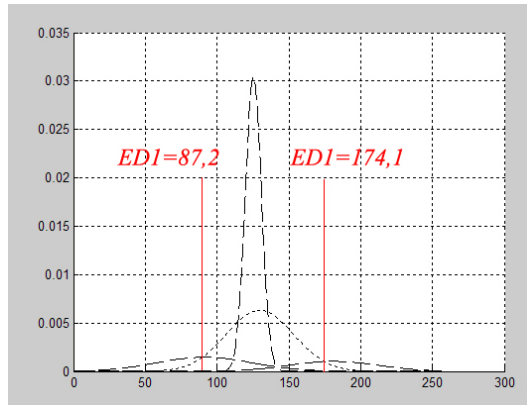
Şekil 34. 1987 ve 2000 tarihli Landsat Görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına ait temel bileşen görüntüleri.

TBA uygulamasının ikinci adımında; yüklenme faktörlerine bakılarak değişimin en çok ayırt edilebildiği bileşenler bulunmuştur. Yukarıda elde edilen temel bileşenlerden, bitki örtüsünde meydana gelen *pozitif*, *negatif* ve *değişmeyen* sınıflarını belirlerken şu değerlendirmeler göz önüne alınmıştır: Bitki örtüsünde meydana gelen *pozitif* değişim sınıflarını belirlemek için 1987 ve 2000 yılı Landsat görüntülerine ait 4. bandların, 4. temel bileşene yüklenme faktörleri (Tablo 8 ve Şekil 33) dikkate alınmıştır. Buna göre; 4. temel bileşende 2000 Landsat görüntüsündeki 4. Band, 1987 Landsat görüntüsündeki 4. banda oranla daha büyük yüklenme faktörü

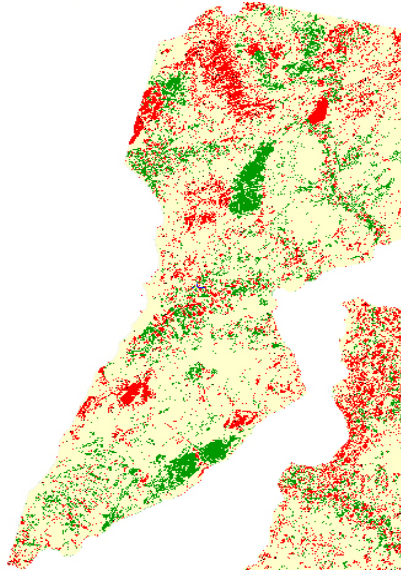
ile yüklenmiştir. Bu bandların yüklenme faktörleri dikkate alınarak bitki örtüsündeki *pozitif değişen ve değişmeyen* sınıfları birbirinden kolaylıkla ayrılabilmiştir.

Diğer taraftan, bitki örtüsünde meydana gelen *negatif* değişim sınıfını belirlemek için 1987 ve 2000 yılı Landsat görüntülerinin 3. bandlarının 4. temel bileşene yüklenme faktörleri (Tablo 8 ve Şekil 33) dikkate alınmıştır. Buna göre; 4. temel bileşende, 2000 yılı Landsat görüntüsündeki yeşil bitkiyi soğuran 3. band, 1987 Landsat görüntüsündeki 3. banda oranla negatif yükleme faktörü ile yüklenmiştir. Bu bandların yüklenme etkileri dikkate alınarak bitki örtüsünde negatif değişen ve değişmeyen sınıfları birbirinden kolaylıkla ayrılabilmiştir.

TBA uygulamasının üçüncü adımında, tematik değişim haritaları elde etmek için değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri, Ek-1/A ve Ek-1/B deki program kodları yardımıyla Şekil 35’deki gibi belirlenmiştir. 4. temel bileşene farklı yüklenme faktörleri ile tesir eden 4 adet görüntü bandı (1987 yılı Landsat TM 3/TM 4 ve 2000 yılı Landsat ETM 3/ETM 4) bulunmaktadır. Bundan dolayı, Ek-1/A ve Ek-1/B deki program kodlarında, BE Algoritmasına giriş parametrelerinin (*Initiate parameters*) hesaplanması için sınıf sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Bu sınıfları birbirinden ayıran eşik değerleri dağılım eğrisinin en uç noktalarından seçilmiştir. Sonuç olarak negatif, pozitif ve değişmeyen sınıflarını gösteren tematik değişim haritası Şekil 36’da verilmektedir.



Şekil 35. 2001 ve 2007 LANDSAT uydu görüntülerine ait 4. temel bileşendeki değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri.

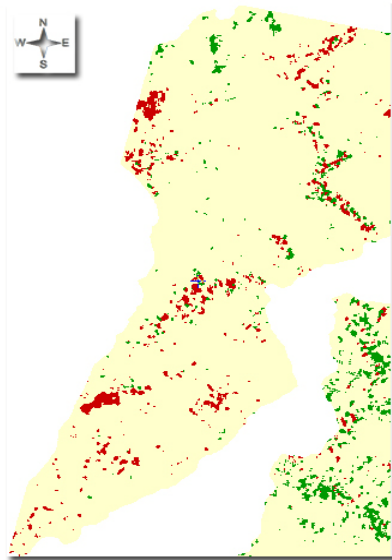


1987-2000 Yılları Arası Değişim

- Negatif Değişim (67,14 km² , % 13,60)
- Pozitif Değişim (52,73 km² , % 10,68)
- Değişim Yok (373,67 km² , % 75,71)

Şekil 36. 2001 ve 2007 LANDSAT uydu görüntüleri kullanılarak TBA metodu ile elde edilen değişim haritası.

ASTER uydu görüntüleri kullanılarak 2001-2007 yılları arası bitki örtüsünde meydana gelen değişimler de yukarıda anlatılan yöntemlerle belirlenmiştir. Bu çalışmayla ilgili tematik görüntü Şekil 37’de verilmektedir.



2001-2007 Yılları Arası Değişim

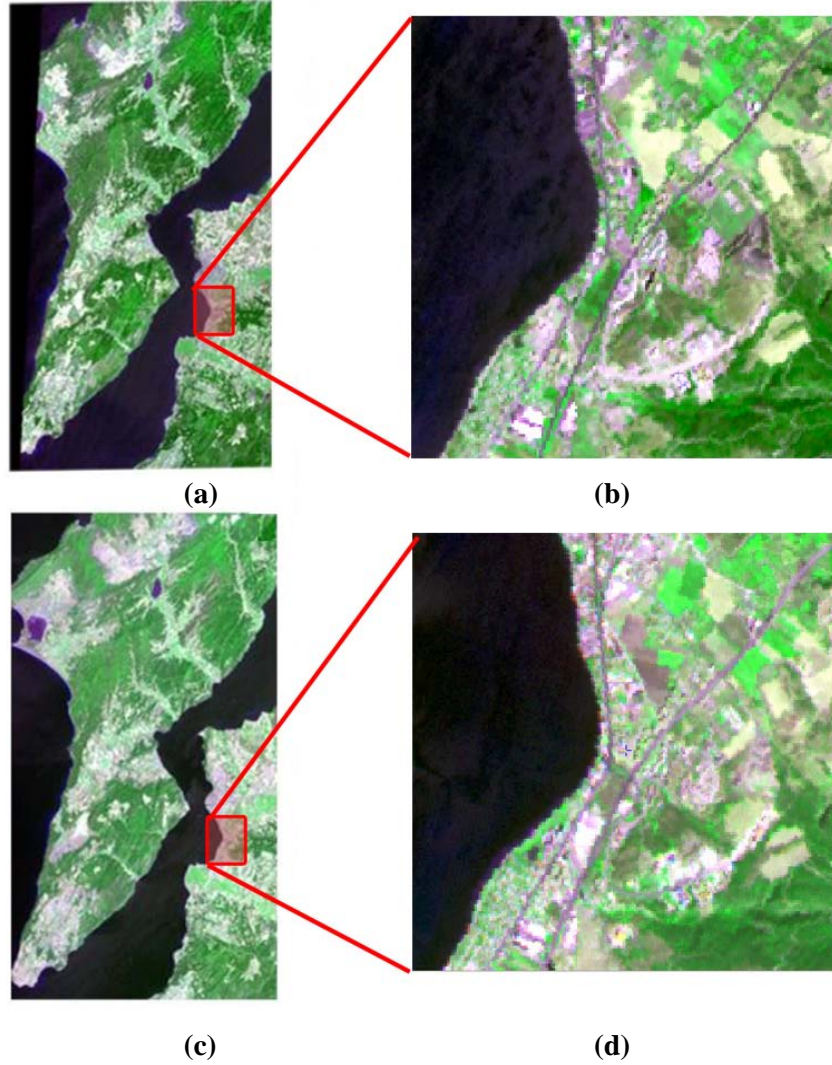
- Negatif Değişim (40,41 km² , % 8,19)
- Pozitif Değişim (41 km² , % 8,31)
- Değişim Yok (412,13 km² , % 83,50)

Şekil 37. 2001 ve 2007 ASTER uydu görüntülerinin 2 ve 3. bandlarına temel bileşenler analizi uygulanarak elde edilen değişim haritası.

5.5. Kullanılan Metotlara Ait Doğruluk Analizleri

5.5.1. Doğruluk Analizleri Yapılacak Alan

Çalışmada kullanılan değişim analiz metotlarına ait doğruluk analizleri, çalışma alanı için 1987 tarihli yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına ulaşamadığından, 2001 ve 2007 yıllarında elde edilen hava fotoğrafları ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak yapılmıştır. Doğruluk analizlerinin yapılacağı bölge çalışma alanına ait görüntüler üzerinde Şekil 38-b ve d'de verilmektedir.



Şekil 38. (a) 13 Ağustos 2001 Aster ve (c) 21 Ağustos 2007 Aster uydu görüntülerinde (b ve d) doğruluk analizi yapılacak bölge.

5.5.2. Doğruluk Analizlerinde Kullanılan Veriler

Doğruluk analizlerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için örnek alınacak referans verilerinin yüksek çözünürlükte olması gerekmektedir. Bundan dolayı çalışmada analiz yapılacak alana ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılmıştır. 2001 yılına ait hava fotoğrafı (Şekil 39) Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. 2007 yılına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü (Şekil 40) ise *Google Earth* programı yardımıyla elde edilmiştir. Öncelikle 2001 ve 2007 yılı Aster görüntüleri (Şekil 38 b ve d) ile referans olarak kullanılacak hava fotoğrafı (Şekil 39) ve yüksek çözünürlüklü uydu verisi (Şekil 40) birbirine göre jeoreferanslanmıştır.



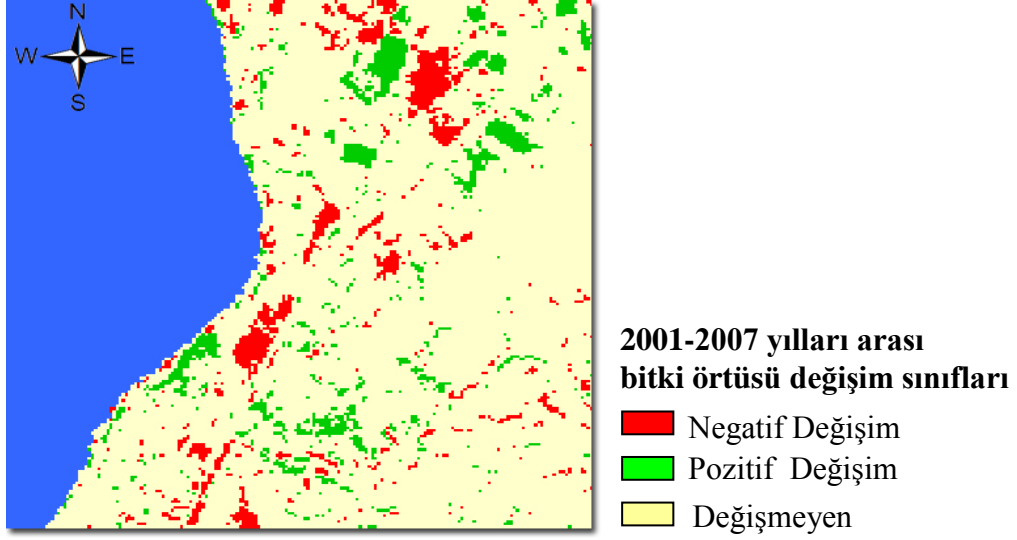
Şekil 39. Doğruluk analizi için kullanılan 2001 yılı hava fotoğrafı.



Şekil 40. Doğruluk analizi için kullanılan 2007 yılı yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.

5.5.4. GFA Metodu İçin Doğruluk Araştırması

Çalışmada uygulanan GFA (görüntü farkı alma) metodu için doğruluk analizleri, rasgele örnekleme metodu kullanılarak yapılmış ve Tablo 9’da verilen istatistiksel sonuçlara ulaşılmıştır. GFA metodu ile doğruluk analizi yapılan alanda 2001-2007 yılları arası değişimleri gösteren tematik değişim haritası Şekil 41’da verilmektedir.



Şekil 41. Uygulanan GFA metodu için doğruluk analizi yapılan alanda 2001-2007 yılları arası değişimler.

Tablo 9. GFA metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi

Sınıflandırılmış veri	Referans Veri			Toplam
	1	2	3	
1. Negatif Değişim	60	0	6	66
2. Pozitif Değişim	0	57	0	57
3. Değişmeyen	6	13	104	123
Toplam	66	70	110	246

Doğruluk İstatistiği:

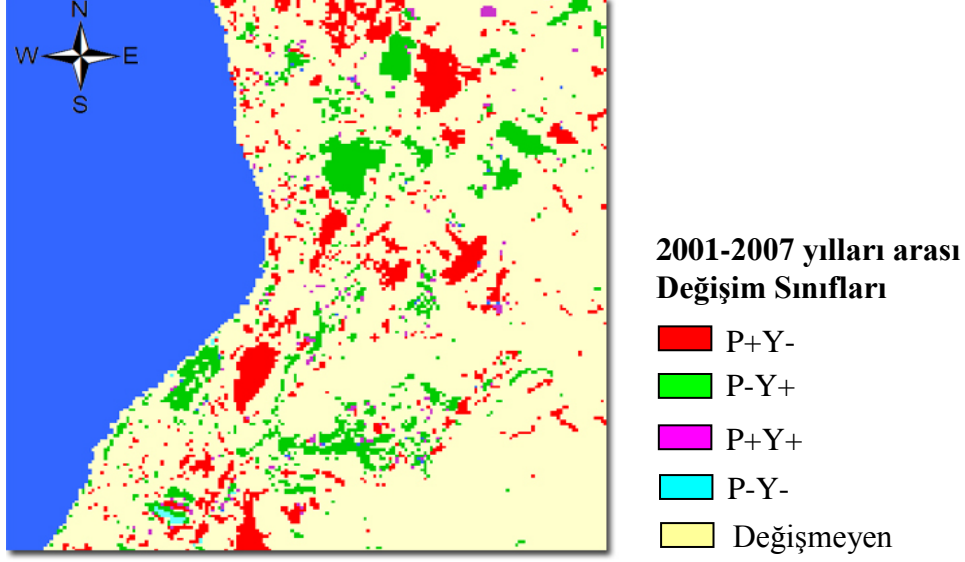
Tüm Doğruluk : % 89,837

Kapa Katsayısı : % 0,841

5.5.5. DVA/ PYN Metodu için Doğruluk Araştırması

Çalışmada, birlikte uygulanan DVA/ PYN metodu için doğruluk analizleri, rasgele örnekleme metodu kullanılarak yapılmış ve Tablo 10'da verilen istatistiksel

sonuçlara ulaşılmıştır. DVA/PYN metotları ile doğruluk analizi yapılan alanda 2001-2007 yılları arası değişimleri gösteren tematik harita Şekil 42’da verilmektedir.



Şekil 42. DVA/ PYN metodu için doğruluk analizi yapılan sahada 2001-2007 yılları arası değişimler.

Tablo 10. DVA/ PYN metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi

Sınıflandırılmış veri	Referans Veri		
	1	2	Toplam
1. Değişen ('P+Y-', 'P-Y+', 'P+Y+', 'P-Y-')	115	0	115
2. Değişmeyen	21	131	152
Toplam	136	131	267

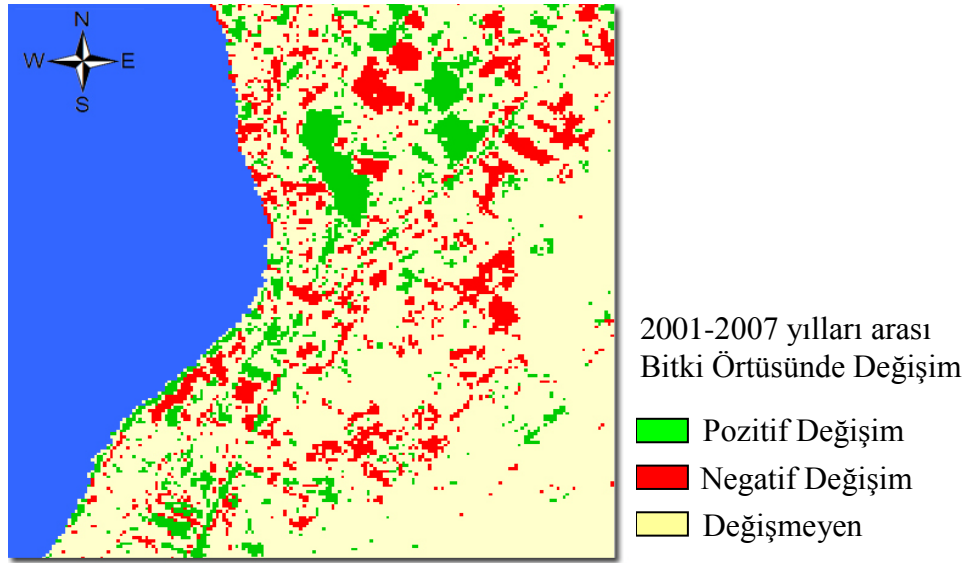
Doğruluk İstatistiği

Tüm Doğruluk : % 92,135

Kappa Katsayısı : % 0,843

5.5.6. TBA Metodu İçin Doğruluk Araştırması

Çalışmada uygulanan TBA (temel bileşenler analizi) metodu için doğruluk analizleri, rasgele örnekleme metodu kullanılarak yapılmış ve Tablo 11’de verilen istatistiksel sonuçlara ulaşılmıştır. TBA metodu ile doğruluk analizi yapılan alanda, 2001-2007 yılları arası değişimleri gösteren tematik değişim haritası Şekil 43’de verilmektedir.



Şekil 43. TBA yöntemi ile doğruluk analizi yapılan sahada 2001-2007 yılları arası değişimler.

Tablo 11. TBA metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi

Sınıflandırılmış veri	Referans Veri			Toplam
	1	2	3	
1. Negatif Değişim	51	0	0	51
2. Pozitif Değişim	0	41	0	41
3. Değişmeyen	15	17	110	142
Toplam	66	58	110	234

<u>Doğruluk İstatistiği</u>	
Tüm Doğruluk	: % 86,325
Kappa Katsayısı	: % 0,776

5.5.7. Doğruluk Analiz Sonuçlarının Değerlendirmesi

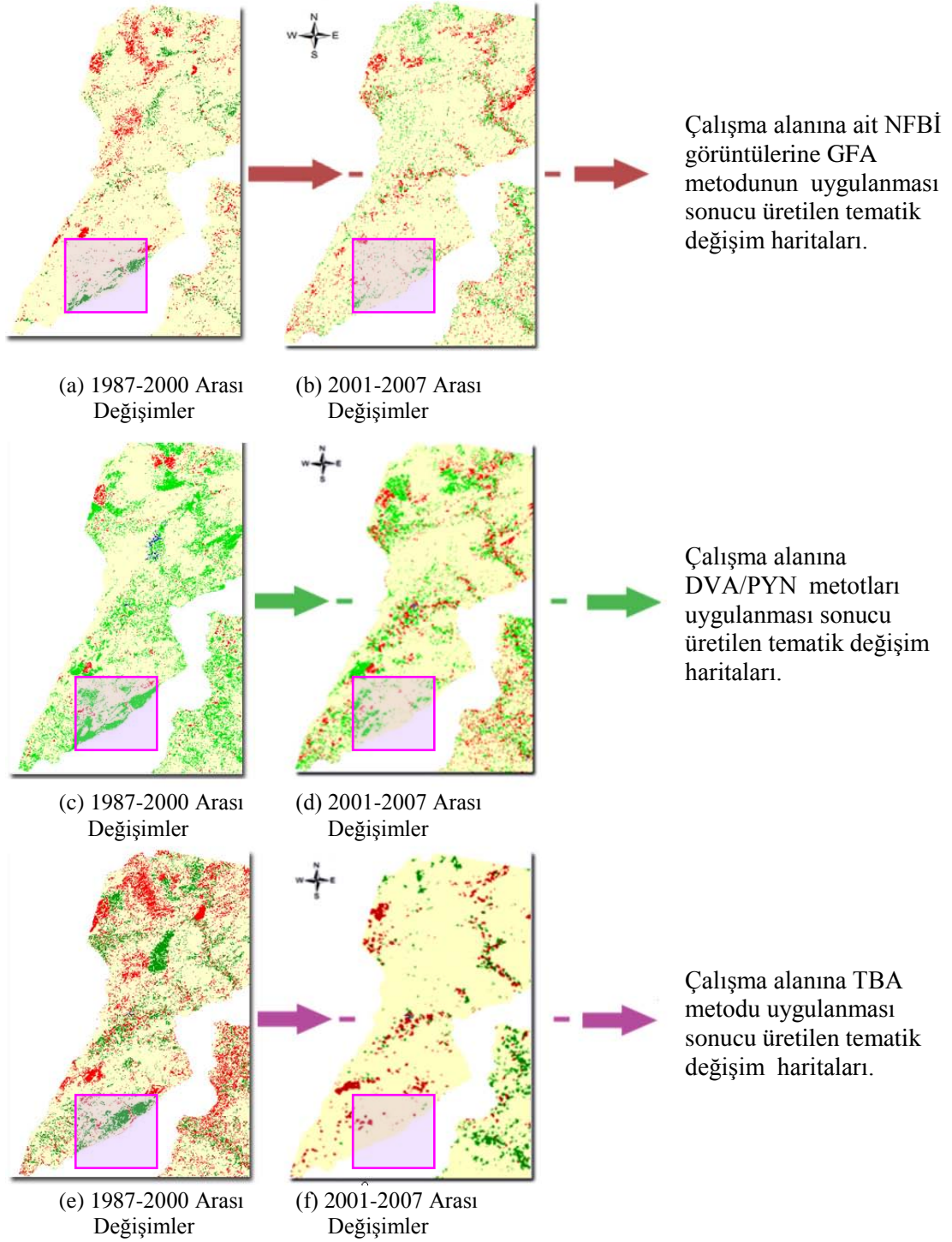
Kullanılan değişim analiz metotları, çalışma alanının karakteristik özelliklerine göre seçilmiştir. Ayrıca çalışmamızda kullanılan değişim analiz metotlarının hepsinde, değişimi belirleyen sınıfları tespit ederken BE (beklenti eniyileme) algoritması kullanılmıştır. Böylece BE algoritması ile eşik değerlerinin belirlendiği eğitimsiz değişim analiz metotlarına ait doğruluk analiz sonuçları (Tablo 12) değerlendirildiğinde, en çok doğruluğu veren metodun DVA/PYN metodu olduğu görülmüştür.

Tablo 12. Çalışmada kullanılan değişim analiz metotları ve onlara ait doğruluklar

Kullanılan Metot	Tüm Doğruluk (%)	Kapa Katsayısı (%)
GFA	89,837	0,841
DVA /PYN	92,135	0,843
TBA	86,325	0,776

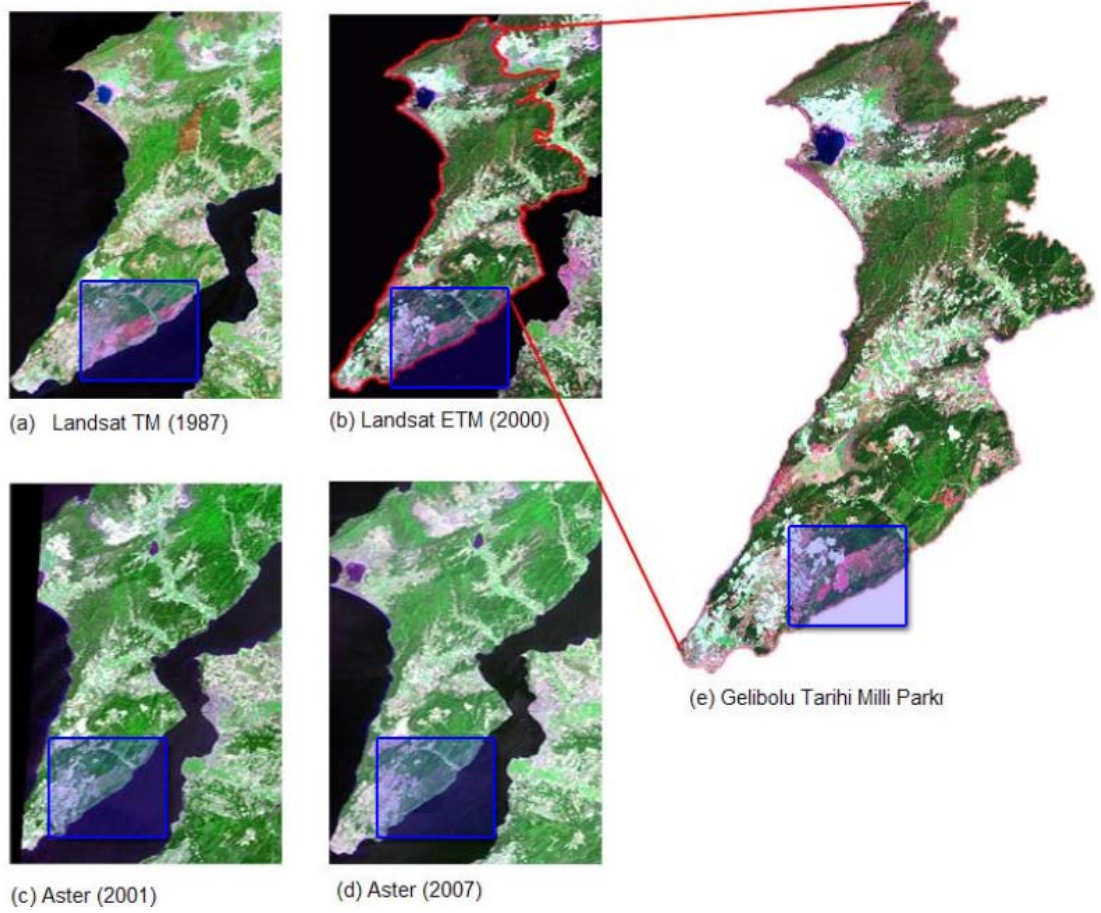
5.6. Çalışma Alanında En Çok Değişim Gösteren Alanın Tespiti

Şekil 44’de bir arada verilen ve Bölüm 5.4’deki 3 değişim analiz metodu ile elde edilen tematik değişim haritalarında ortak gözlenen değişim bölgeleri çeşitli kurumlardan toplanan bilgiler doğrultusunda araştırılmış ve 1987 ile 2007 yılları arasında Gelibolu Tarihi Milli Park sınırları içinde kalan alanda kalıcı ve köklü değişimlerin görüldüğü bölgenin, 1986 yılında büyük bir orman yangını geçiren ‘Havuzlar Bölgesi’ (Şekil 44’de pembe çerçevede gösterilmektedir) olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgede, 14 Ağustos 1986 tarihinde 54 saat süren bir orman yangını olmuş ve 1076 hektar ormanlık alan bu yangında yok olmuştur. Havuzlar bölgesindeki değişimlerin takibi ile ilgili ayrıntılı çalışma Bölüm 6’da verilmektedir.



Şekil 44. Kullanılan değişim analiz yöntemlerinden, GTP sınırları içerisinde kalan sahada, 1987 ile 2007 yılları arasında kalıcı ve köklü değişim gösteren bölge, pembe çerçevede gösterilmektedir.

Bölüm 6’da, GTP sınırları içerisinde kalan sahada 1987 ile 2007 yılları arasında tespit edilen, kalıcı ve köklü değişimlerin görüldüğü bölge (Havuzlar Bölgesi) (Şekil 45) üzerindeki değişimler ele alınacaktır. Bu bölgedeki değişimlerin belirlenmesinde, önceki bölümde (Bölüm 5) en çok doğruluk veren DVA/PYN metodu kullanılmıştır.



Şekil 45. (a-d) Değişim analizlerinde kullanılan uydu görüntüleri ve (e) araştırma sahası (GTP), (GTP sınırları içerisinde kalan sahada 1987 ile 2007 yılları arasında tespit edilen ve en çok değişim gösteren bölge ‘Havuzlar bölgesi’ görüntülerde GTP’nin Güneydoğusu’nda mavi kare içinde gösterilmiştir).

BÖLÜM 6

ORMAN YANGINLARI VE GELİBOLU YARIMADASI TARİHİ MİLLİ PARKI'NDAKİ REHABİLİTASYON TAKİBİ: 1986 HAVUZLAR BÖLGESİ YANGINI

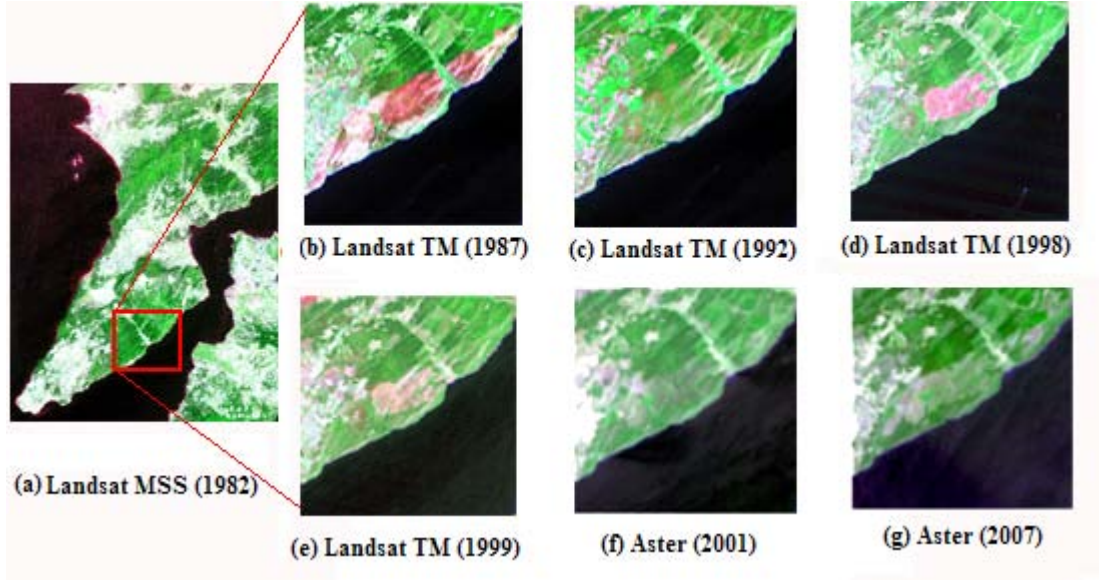
6.1. Giriş

Çalışmanın bu aşamasında, GTP Havuzlar bölgesinde 1986'da çıkan orman yangını sonrası bitki örtüsü değişimleri, 1982, 1987, 1992, 1998, 1999, 2001 ve 2007 yılları için temin edilen Landsat (MSS, TM, ETM) ve Aster uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiş, DVA/ PYN metodu kullanılarak takip ve analiz edilmiştir. DVA kullanılarak fark görüntülerindeki 'değişen' ve 'değişmeyen' alanlar, BE Algoritması ile yangın bölgesi için belirlenen bir eşik değeri çerçevesinde hesaplanmıştır. Analizin bir aşamasında, orman yangını ile ağaçlandırma hazırlığı yapılan alanlar birbirinden ayırt edilememiştir. Bu sorun literatürde bulunan "Normalize Edilmiş Sürülmüş-Alan İndisi" kullanılarak çözülmüştür. Sonuç olarak meydana gelen orman yangınları ve sonrasındaki zamansal değişimler, orada yaşayan halk ve doğal çevre açılarından değerlendirilmiştir.

6.2. Materyal ve Metot

6.2.1. Çalışma Alanı

GTP, koruma altına alınmasına rağmen, yaz aylarındaki yoğun ziyaretçi trafiği, köyler ve ormanların iç içe bulunması ve ormanlık alanlarla tarım arazilerinin iç içe bulunmasından dolayı sık sık orman yangını tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ayrıca, ormanlık alanlarda bazı ağaçlık bölgelerin yok edilerek tarım arazisi açma girişimleri de bölge için ayrı bir tehdit unsurudur. Çalışmanın bu aşamasında bütün bu tehdit unsurlarını üzerinde bulunduran bir bölge (Havuzlar Bölgesi) seçilmiştir. GTP'nin Güneydoğusu'nda yer alan Havuzlar Bölgesi, ortalama 9115 hektarlık bir alan kapsamaktadır. Bölgenin genel görünümü ve konumu, Landsat TM 7,4,2 ve Aster 2,3,1 band kombinasyonları ile Şekil 46'dan takip edilebilir.



Şekil 46. (a) Çalışma alanı (Havuzlar bölgesi), 1982 görüntüsünde GTP'nin güneydoğusu'nda kırmızı kare içinde gösterilmiştir. (b-g) 1987- 2000 yılları arasında aynı alana ait bitki örtüsündeki gelişimi gösteren uydu görüntüleridir.

6.2.2. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Analiz Platformları

Çalışmada 1982 ile 2007 yılları arasındaki 25 yıllık dönemde farklı tarihlerde elde edilen 9 adet uydu görüntüsü kullanılmıştır (Tablo 13). Analiz aşamasında, Landsat uydu görüntülerinin bütün bandları (6. band hariç), Aster uydu görüntülerinin ise 1,2 ve 3N bandları kullanılmıştır. Görüntü analizi ve değerlendirme çalışması *PCI Geomatica* ve *Matlab 6.5* yazılımları yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Tablo 13. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

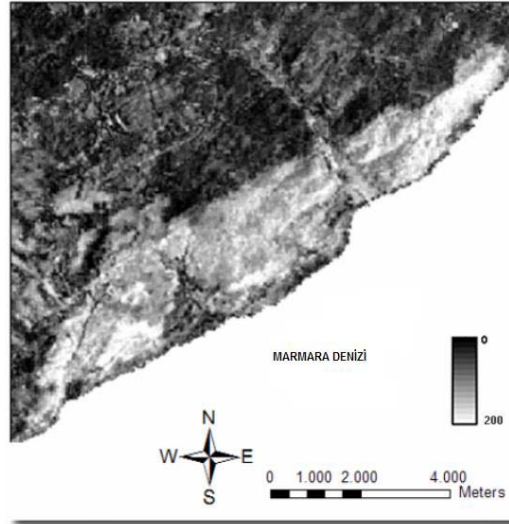
Kullanılan Uydu Görüntüleri		Elde Etme Tarihleri	
	(a)		(b)
1	Landsat MSS	01 Eylül	1982
2	Landsat TM	21 Temmuz	1987
3	Landsat TM	22 Nisan	1992
4	Landsat TM	12 Temmuz	1998

5	Landsat TM	08 Ağustos 1999
6	Landsat ETM	25 Temmuz 2000
7	Landsat ETM	20 Ağustos 2001
8	Aster	13 Ağustos 2001
9	Aster	21 Ağustos 2007

6.3. Uygulama

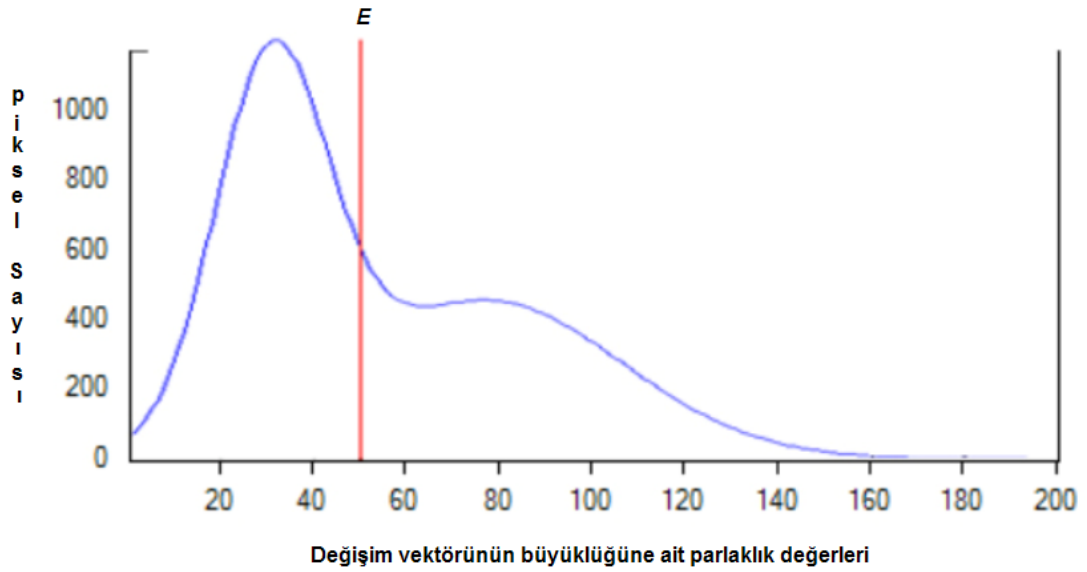
Öncelikle, GTP alanındaki 1986 yangını keşfetmek için yukarıda özetlenen metotlar ve sunulan materyal kullanılmıştır. Arazi örtüsü değişimlerini ortaya çıkarmak için ilk olarak DVA/ PYN ve BE algoritması 1982 ve 1987 görüntülerine uygulanmıştır. Bu bölgedeki değişimler, 2007 yılına kadar aynı yöntemler kullanılarak takip ve analiz edilmiştir.

DVA için, seçilen iki görüntünün parlaklık ve yeşillik bileşenleri kullanılmıştır. Sonuç olarak ortaya çıkan fark görüntülerindeki (Şekil 47) ‘değişen’/ ‘değişmeyen’ alanlar elde edilmiştir. Değişimin büyüklük dağılımından (Şekil 48) BE algoritması yardımıyla ve *Matlab* Kodları (Manjon-Herrera 2006) kullanılarak bir eşik değeri (*E*) belirlenmiştir.



Şekil 47. Tablo 13’deki 1 ve 2 görüntülerine ait parlaklık ve yeşillik bileşenlerinin her bir piksel konumunda değişim vektörü büyüklüğü (DVB) ile elde edilen görüntü. Sağ alttaki gri

ölçek, vektör büyüklüğünün kademeli değişimini göstermektedir. Analizlerimizde Marmara Denizi'ne ait bölge yer almamaktadır.



Şekil 48. Değişim vektör büyüklüğüne ait değerlerin değişim grafiği ve belirlenen eşik değerinin konumu. Şekil 47 için BE Algoritması kullanılarak elde edilen eşik değeri $E=52$ 'dir).

Çalışma alanına ait değişimin türleri hakkında bilgi almak için, değişim vektör yönleri Tablo 14'de belirtilen eşitsizlikler kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 14. Değişim sınıfları ile ilgili yön sınıflarını belirlemede kullanılan eşitsizlikler. Burada DVB , değişim vektör büyüklüğü, E , eşik değeri, P ve Y 'ler ise farklı zamanlarda (t_1 ve t_2) elde edilen görüntülerin parlaklık ve yeşillik bileşenlerine ait piksel değerleridir

	Algoritmalar	Değişim Sınıfları
EĞER $DVB \geq E$ VE	$P(t_2) - P(t_1) < 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) > 0$	(P - Y +)
	$P(t_2) - P(t_1) > 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) > 0$	(P + Y +)
	$P(t_2) - P(t_1) < 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) < 0$	(P - Y -)
	$P(t_2) - P(t_1) > 0$ ve $Y(t_2) - Y(t_1) < 0$	(P + Y -)
		İSE

Yeşillikteki pozitif değişimler (Y+) bitki örtüsünde bir gelişmeyi gösterirken, parlaklıktaki pozitif değişimler (P+) ise, çıplak toprak alanlarındaki bir artışa işaret eder. Her iki indis için negatif değişimler (P- ve Y-), sırasıyla çıplak toprak ve yeşil bitki örtüsünde bir azalmayı gösterir. Parlaklık ve yeşillik bileşenleri, değişime ait yön sınıflarını elde etmek için kullanılmıştır. DVA'dan elde edilen değişime ait muhtemel yön sınıfları ve onların kısa tanımları Tablo 15'de verilmektedir.

Tablo 15. DVA'da muhtemel değişim yön sınıfları ve onların kısa tanımları

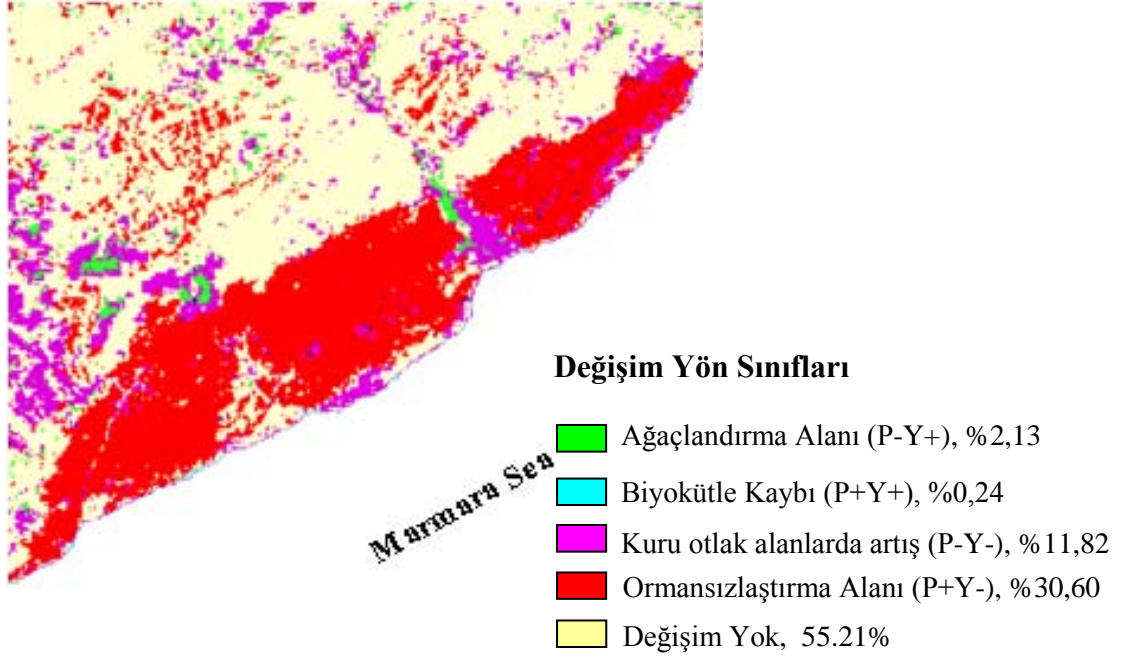
Değişim Yön Sınıfları	Tanım
P+Y+	Biyokütle Kaybı
P+Y-	Orman bitki örtüsünde azalma (Ormansızlaştırma)
P-Y+	Orman bitki örtüsünde artış (Ağaçlandırma)
P-Y-	Kuru otlak alanlarda artış

6.4. Sonuçlar

Çalışma alanının değişim gösteren bölgesindeki DVA sonuçları, Şekil 49 ve Tablo 16'de özetlenmiştir.

Uygulama sonucunda, 1982 ve 1987 yılları arasında çalışma alanına ait yoğun bitki örtüsünün 1497 hektarının (toplam alanın %30'u) yok olduğu tespit edilmiştir. Bu sırada Tarım arazileri içinde kalan küçük alanlar ihmal edilmiş ve yangın alanı 1267 ha olarak belirlenmiştir.

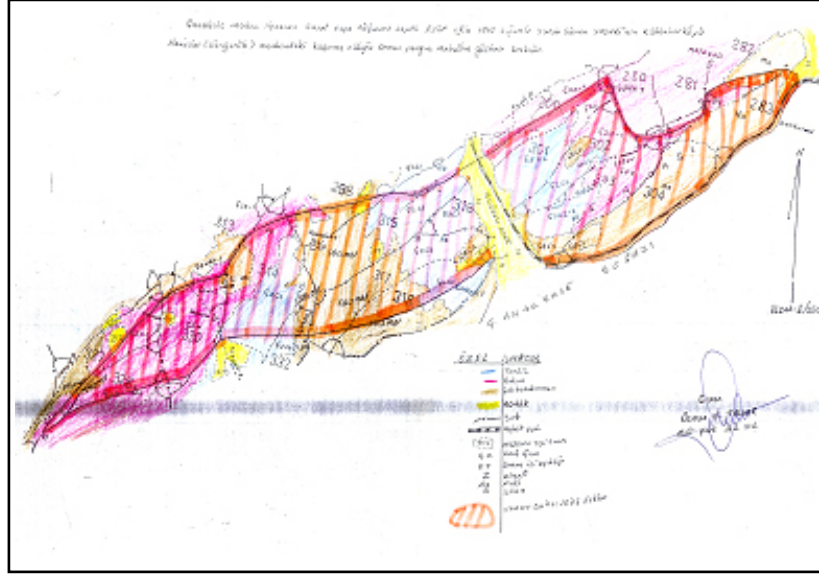
Bitki örtüsünde meydana gelen bu kayboluşun sebebi araştırılmış ve Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü'nden (ÇOBM) alınan bilgiye göre burada 14 Ağustos 1986 tarihinde başlayan ve 54 saat süren bir orman yangını olduğu tespit edilmiştir. Resmi kayıtlara göre 1076 hektar ormanlık alan bu yangında yok olmuştur.



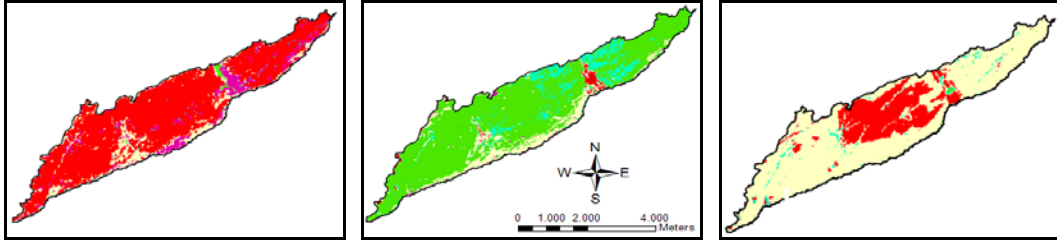
Şekil 49. 1982 ve 1987 yılları arasında, GTP havuzlar bölgesinde meydana gelen yeşillik ve parlaklıktaki değişimler. Analizlerde Marmara Denizi içinde kalan bölge dahil edilmemiştir.

Çalışmada bulunan yanar alan kestirimleri 1267 ha olup resmi kestirimlerden yaklaşık olarak % 25 daha fazladır. Bu farkın sebebi net olarak açıklanamamıştır. Resmi yangın kayıtlarında yarı yanmış veya kısmen yanmış alanlar hesaba katılmamış olabilir. Şekil 50'de görülen ve 1986 yangını için çizilmiş ÇOBM haritası yaklaşık aynı alanı kapsamaktadır, fakat buradaki alansal kestirim, belirttiğimiz gibi, uydu görüntülerindeki yangın bölgesinin alanından hala daha azdır.

Şekil 50'de kırmızı çizgi ile tanımlanan orman yangın alanları dikkate alınarak, bitki örtüsündeki değişim yüzdeleri yeniden hesaplanmış ve aynı analiz, elimizde bulunan veriler doğrultusunda 5 değişim periyodu için tekrarlanmıştır. Şekil 51, bu analizlerin sonuçlarını göstermektedir.



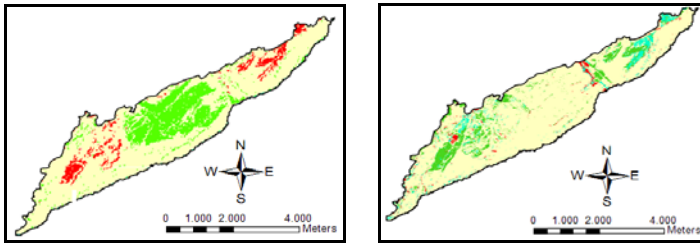
Şekil 50. ÇOBM kayıtlarına göre 1986 yılında GTP Havuzlar Bölgesi'ndeki yangın alanını tasvir eden resmi harita. Yangın alanları paralel çizgilerle belirtilmiştir.



(a) 1982-1987
(14 Ağustos 1986'daki
orman yangını)

(b) 1987-1992 yılları
arasındaki değişimler.

(c) 1992-1998 yılları
arasındaki değişimler.



(d) 1999-2001 yılları
arasındaki değişimler.

(e) 2001-2007 yılları
arasındaki değişimler.

**Değişim yön sınıfları
için renk kodları**

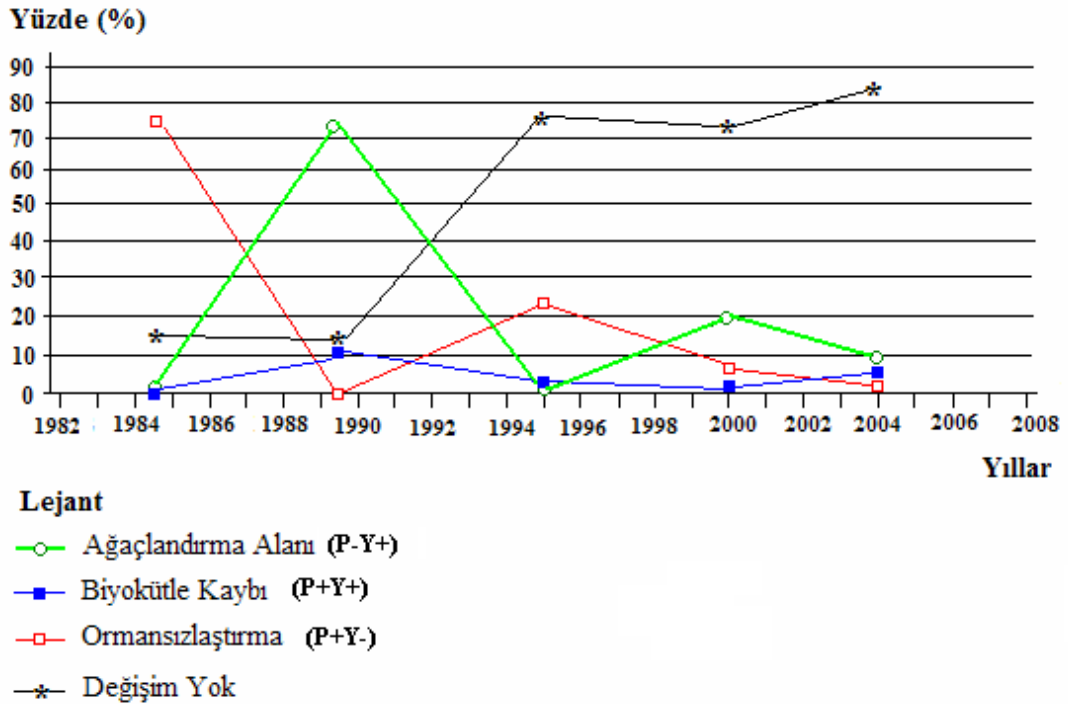
- Ormanlaştırma (P-Y+)
- Biyokütle Kaybı (P+Y+)
- Kuru otlak alanda artış (P-Y-)
- Ormansızlaştırma (P+Y-)
- Değişim Yok

Şekil 51. Yukarıda belirtilen 5 değişim periyodu için GTP Havuzlar Bölgesi'nde meydana gelen parlaklık (P) ve yeşillikteki (Y) değişimler: (a) 1982–1987, (b) 1987-1992, (c) 1992–1998, (d) 1999-2001 ve (e) 2001-2007.

Yukarıda belirtilen değişim periyotlarında, hedeflenen tüm alan için yüzde değerleri ve alansal boyutlar Tablo 16'da özetlenmiştir. Bu değişim periyotları Şekil 52'deki zaman serisi grafiğinden de takip edilebilir.

Tablo 16. Ele alınan 5 değişim periyodu için çalışma alanında meydana gelen değişimlerin yüzdeleri (%) ve alansal boyutlar (hektar)

Aralıklar	1982 - 1987		1987 - 1992		1992 - 1998		1999 - 2001		2001 - 2007	
	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%
P-Y+	20,0	1,2	1246,9	73,7	4,0	0,2	342,8	20,3	163,6	9,7
P+Y+	6,7	0,4	175,7	10,4	40,0	2,4	18,8	1,1	87,1	5,2
P- Y-	165,6	9,8	18,4	1,1	1,1	0,1	0,2	0,0	0	0,0
P+Y-	1267,1	74,9	32,2	1,9	400,5	23,7	102,0	6,0	32,5	1,9
Değişim Yok	231,4	13,7	217,7	12,9	1245,3	73,7	1227,1	72,6	1407,6	83,3
TOPLAM	1690,8	100,0	1690,9	100,0	1690,9	100,0	1690,9	100,0	1690,9	100,0



Şekil 52. 1982 ve 2007 yılları arasında çeşitli değişim vektör değerleri için zaman serisi. Kırmızı (orman yangını, ormansızlaştırma vb.) ve yeşil (ağaçlandırma) paralel çizgiler birbirini oldukça yakından takip etmektedirler.

Bir sonraki aralıkta (1987 ve 1992 yılları arası) yeşil bitki örtüsünün miktarındaki değişimler araştırıldığında, yanan alanın % 90'ından daha fazlasının (1267 hektarlık alanın 1246 hektarı) bitki örtüsüne yeniden kavuştuğu görülmektedir (Şekil 51-b ve Tablo 16). Küçük bir alanda ise, yeşil bitki örtüsünün miktarındaki yeniden azalma vardır. Burada ayrıca, tarım arazisi veya diğer sebeplerle ormanların açılması anlamına gelen biyokütle kayıpları, toplam alanın yaklaşık olarak %10.4'ünü kapsamaktadır. Bu oran oldukça kayda değer miktardadır.

Aynı hesaplamalar bir sonraki aralıkta (1992 ve 1998 yılları arası) tekrar edildiğinde, yeşil bitki örtüsünün büyük bir bölümünün (yaklaşık %23), orman yangınına oldukça anımsatan bir imza ile yeniden kaybolduğu görülmektedir (Şekil 51-c). Görünen bu kaybın 2 sebebi olabilir: (1) bölgede meydana gelen başka bir orman yangını, (2) düzenli bir ağaçlandırma için toprağın hazırlanması ve temizlenmesi. ÇOBM'den, bu bölgede toprak hazırlığı yapıldığı (toprağın sürüldüğü) bilgisi elde edilmiştir.

(1) Bir orman yangını ile (2) ağaçlandırma için hazırlanan bir alanı birbirinden ayırt etmek için, bu iki bölge için ele alınan bütün bandların yansıma karakteristikleri tekrar analiz edilmiş ve farklı tarihlerde seçilen birkaç test alanı kullanılarak karşılaştırılma yapılmıştır (bkz. Şekil 53). Şekil 54'daki spektral yansımalar, TM 5 (NIR1) ve TM 7 (NIR2) bandlarının, bu kayıp sınıfları ayırt etmede bize yardımcı olacağını göstermiştir.

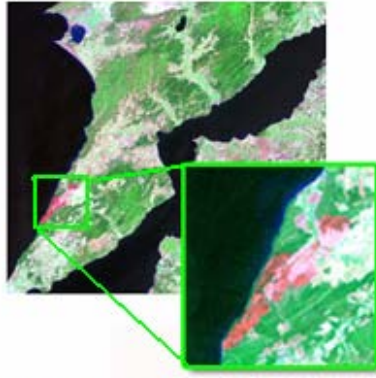
Gerçekte, denklem 36'da tanımlanan Normalize Edilmiş Sürülmüş Toprak İndisi (Normalize Difference Tillage Index) (NDTI) (van Deventer ve diğ., 1997; Daughtry ve diğ., 2006) bu ayrımı yapabilmektedir.

$$NDTI = \frac{(TM\ 5 - TM\ 7)}{(TM\ 5 + TM\ 7)} \quad (34)$$

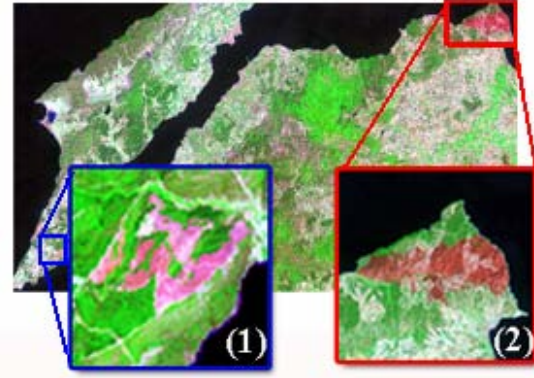
Burada TM5 ve TM7'ler sırasıyla Landsat TM5 (1550–1750 nm) ve TM7 (2080–2350 nm) bandlarındaki yansımalarıdır.



(a) Landsat TM (12 Temmuz 1998)

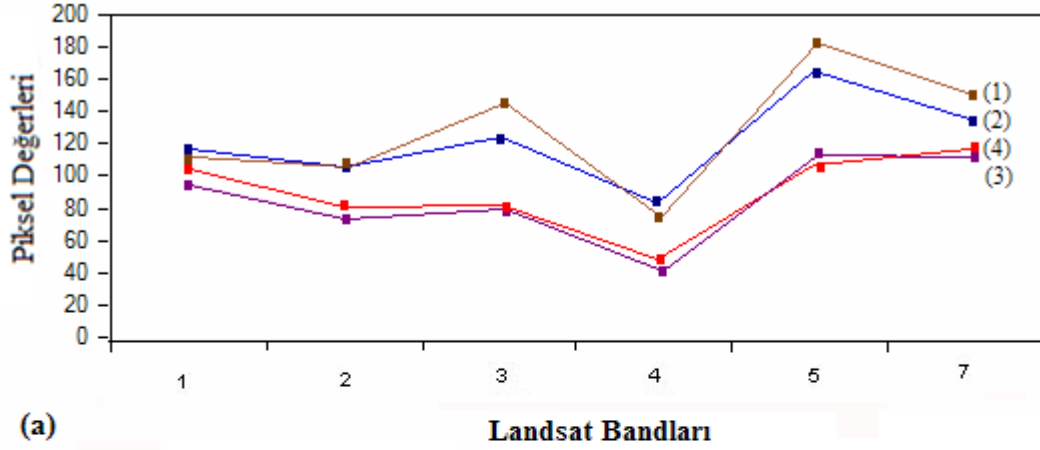


(b) Landsat TM (8 Ağustos 1999)



(c) Landsat ETM (25 Temmuz 2000)

Şekil 53. Tartışılan 2 sınıfı birbirinden ayırt etmek için Landsat görüntülerinden seçilen test alanları; (a) 1986 orman yangınından oldukça sonra bir ağaçlandırma-hazırlığı bölgesi, (b) 9 Temmuz 1999 da çıkan bir orman yangın alanı, (c) aynı görüntüde solda (1), 1986 yangını için bir başka ağaçlandırma-hazırlığı bölgesi ; sağda (2), 13 Temmuz 2000’de yeni bir orman yangını alanı.



(a)

Lejant

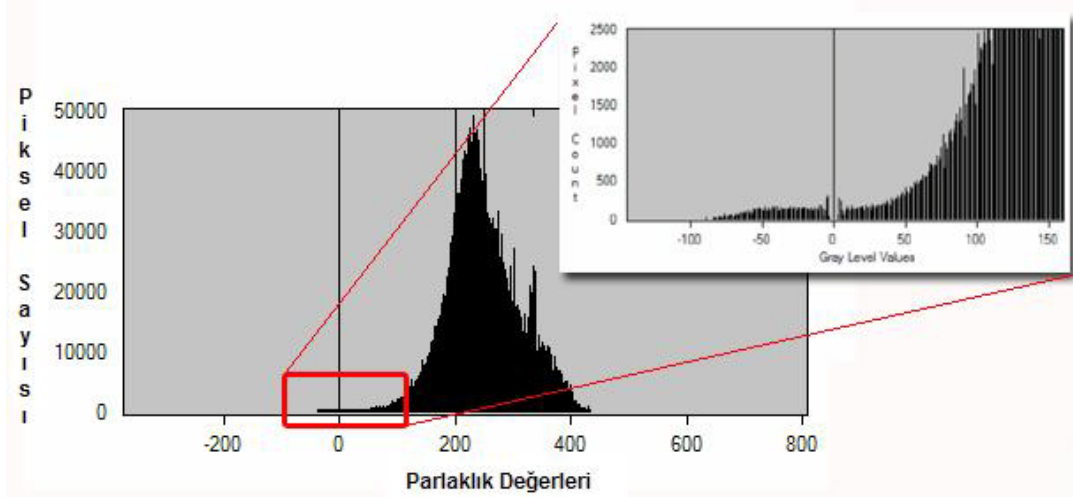
	Tarih	Tanım	Kullanılan Görüntüler
(1)	1998	Ağaçlandırma- Hazırlığı	Landsat TM/ 12 Temmuz 1998
(2)	2000		Landsat ETM/ 25 Temmuz 2000
(3)	9 Temmuz 1999	Orman Yangını	Landsat TM/ 8 Ağustos 1999
(4)	13 Temmuz 2000		Landsat ETM/ 25 Temmuz 2000

(b)

Şekil 54. (a) Landsat TM badlarına göre, yanan alanlar ve ağaçlandırma-hazırlığı alanlarının spektral yansıma değerleri. (b) Şekil 54-a için lejant.

Ele alınan görüntü için NDTI değerlerinin frekans dağılımı Şekil 55'de verilmektedir. Son orman yangınlarına tekabül eden NDTI değerleri (indeksin sıfıra yakın pozitif değerler veya bütün negatif değerleri) olurken, ağaçlandırma hazırlığı yapılan bölgelere karşılık gelen NDTI değerleri ise >5 (indeksin oldukça büyük pozitif değerleri) olmaktadır.

Yukarıda tespit edilen eşik değerlerini görüntülerimize uyguladığımızda, orman yangını gibi görünen alanların aslında ağaçlandırma-hazırlığı alanları olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 55. NDTI değerlendirmeleri için kullanılan 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü için piksel parlaklıklarına ait histogram.

Bir sonraki aralıkta; 1999 ve 2001 yılları arasında (Şekil 51-d ve Tablo 16) 1986 orman yangınındaki 342 hektarlık alanda bitki örtüsünün tamamen iyileştiği görülmüştür. Diğer taraftan bölgenin bir bölümü (yaklaşık 102 hektar), ağaçlandırma-hazırlığı alanları ile aynı imzalara sahiptir. Son aralıkta ise (2001 ile 2007 yılları arası), 1999 ve 2001 yılları arasındaki ağaçlandırma çabalarının yapıcı sonuçları görülmektedir (Şekil 51-e).

Bu yangınların doğal bir sonucu olarak, tekrar ağaçlandırma çabalarının periyot aralığı yaklaşık 6 yıldır.

BÖLÜM 7

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında çeşitli değişim analiz metotları araştırılmış ve bu analiz metodları Gelibolu Tarihi Milli Park'ı alanına uygulanarak en çok değişim gösteren bölgenin 1986 yılında büyük bir orman yangınına maruz kalan “Havuzlar Bölgesi” olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan değişim analiz metotları içinden, yapılan doğruluk analizlerinin sonucunda en çok doğruluğu veren metodun, değişim vektörü analizi ile parlaklık-yeşillik-nemlilik (DVA/PYN) metodu olduğu bulunmuştur.

Ayrıca bu çalışmada, 1982- 2007 yılları arasında yaklaşık 25 yıllık bir periyot boyunca DVA/PYN metodu kullanılarak, GTP Havuzlar Bölgesi'ndeki bir orman yangınının ve ağaçlandırma çabalarının spesifik bir örneği verilmiştir. Aynı analizler, orman yangınları ile alakasız olan ve büyük olasılıkla tarım arazisi açma girişimlerinden dolayı meydana gelen ormandaki biyokütle kayıplarının da izlerini vermiştir.

Bir alanda meydana gelen değişimler genellikle farklı eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflandırma teknikleri ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan DVA/PYN metodu, yeşil bitki örtüsünün miktarında meydana gelen değişimleri belirlemede önemli derecede etkili olmuştur. Ayrıca fark görüntülerindeki değişimlerin türlerini ayırt etmek için kullanılan BE algoritması ile sınıflandırma yönteminin oldukça etkili olduğu görülmüştür. Bu yöntem, uzaktan algılamada değişim belirlemek için kullanılan diğer klasik eğitimsiz sınıflandırma tekniklerinin yerine kullanılabilir.

Toprak/bitki örtüsü imzalarının bir türünün (eski bir yangın alanında ağaçlandırma – hazırlığı) 7,4,2 band kombinasyonunda orman yangınları ile karışabileceği görülmüştür. Orman yangını sonrasında, yeni ve düzenli bir bitki gelişimi için hazırlanmakta olduğunda, bu hazırlığın erken safhalarında toprak sürülmüştür ve bitki boyutu oldukça küçüktür. Böyle alanlar tematik haritalarda yeni orman yangını geçirmiş ve ağaçlandırma hazırlığına başlanmamış alanlarla karıştırılabilir. (bkz. Şekil 51-a ve 51-c)

Orman yangın alanları ve ağaçlandırma-hazırlığı alanları arasında doğru ayrımı yapabilmek için, denklem (36) 'da tanımlanan "Normalize Edilmiş Sürülmüş Toprak İndisi" kullanılabilir. Bu indis ağaçlandırma-hazırlığı alanları için daima pozitif değerlerde iken, orman yangın alanları için çok az miktarda sıfırın üstündeki değerlerde veya negatif değerlerde. Ayrıca çiftçilerin arazilerini genişletme girişimlerini takip ve denetlemek için de NDTI kullanılabilir. Yerel orman yetkilileri bu olanağı, uydu görüntüsü analiz teknikleri yardımıyla kullanabilirler.

Çalışmada, orman yangınlarının sebeplerini ve boyutlarını daha iyi analiz edebilmek için aşağıdaki açıklamalar dikkate alınmıştır.

ÇOBM kayıtlarına göre GTP'de meydana gelen orman yangınlarının %98'i insan kaynaklı, %2'si ise yıldırım ve fırtına gibi doğa olayları vasıtasıyla meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı orman yangınları 2 genel grupta toplanmaktadır; (1) bunlardan biri sigara, piknik ateşi, anız yangını, arı tütsüsü ve çoban ateşi gibi sebepler, (2) diğeri ise yörede yaşayan halkın tarım arazilerini genişletme girişimleridir. Bu son grup muhtemelen asıl sebeptir.

GTP, koruma altında olmasına rağmen, köylerin ve tarım arazilerinin ormanlarla iç içe veya yan yana olması nedeniyle, buradaki ormanları korumak kolay olmamaktadır. Bölge oldukça komplike bir yapıya sahiptir. Bu alanda yangın risklerini artıran sebeplerden birisi de, çiftçilerin, hasattan sonra biriktirdikleri anızları başka bölgelere taşımak yerine buldukları yerde yakmayı tercih etmeleridir. Bu ikinci yöntemi tercih etmelerinin sebebi gelir seviyelerinin oldukça düşük olmasındandır. Anızı başka bir alana taşımak onlar için mali külfettir (mazot, araç vb. masraflar). Yanan anız, fırtınalı havalarda ormanlık alanlara sıçrayarak olası bir yangına sebep vermektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) ve Uzaktan Algılama uygulamaları, yukarıda anlatılan olayları takip etmek ve insanların anız yakma veya arazi açma girişimleri gibi zararlı alışkanlıklarından vazgeçirmek amacıyla kullanılabilir.

Yeni koruma önlemlerinin yanında, bölgede yaşaya halkın eğitilmesi, GTP'deki ormanların korunması açısından hayati öneme sahiptir. Turizm gibi gelir getiren yeni yollar, bölgenin gelişim planının bir parçası olarak desteklenmelidir. Orman yönetimi bölgede yaşayan halkı, ormanların kullanımı ve korunması konusunda eğitmeli ve bu konuda çaba sarf etmelidir.

KAYNAKLAR

- Alparslan E., Dönertaş A. ve Yüce H., 2004. Yalova İli Kıyı Yerleşimindeki Değişimin Uydu Görüntülerinden İzlenmesi. 3. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 6-9 Ekim.
- 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.
- 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.
- Bovolo F. ve Bruzzone L., 2007. A Theoretical Framework for Unsupervised Change Detection Based on Change Vector Analysis in the Polar Domain. *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, 45 (1): 218-236.
- 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., (May 19-20, 2003). Unsupervised change-detection techniques for multitemporal remote sensing images. Retrieved October 26, 2007 from http://www.diku.dk/image/events/CISP_workshop/Bruzzone-lecture-2.pdf
- Bruzzone L. ve Serpico S.B., 1997. An Iterative Technique for Detection of Land Cover Transitions in Multi-Temporal Remote Sensing Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35 (4): 858-867.
- 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.
- Bruzzone L. ve Cossu R., 2003. An Adaptive Approach to Reducing Registration Noise Effects in Unsupervised Change Detection. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 41(11): 2455-2465.
- Bruzzone L., Fernandez D. ve Serpico S.B., 1999. A Neural-Statistical Approach to Multitemporal and Multisource Remote-Sensing Image Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(3): 1350-1359.
- Canty M.J. ve Nielsen A.A., 2006. Visualization and Unsupervised Classification of Changes in Multispectral Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27 (18): 3961 – 3975.
- Castellana L., D’Addabbo A. ve Pasquariello G., 2007. A Composed Supervised/ Unsupervised Approach To Improve Change Detection From Remote Sensing. *Pattern Recognition Letters*, 28(4), 405-413.
- Chen F., Luo L. ve Jin Y., 2004. Automatic Analysis of Change Detection of Multi-Temporal ERS-2 SAR Images by Using Two-Threshold EM and MRF Algorithms. *Progress in Natural Science*, 14(3): 269-275.
- Chen XW., 2002. Using Remote Sensing and GIS to Analysis Land Cover Change and its Impacts on Regional Sustainable Development. *International Journal Of Remote Sensing*, 23 (1): 107-124.
- Congalton R.G. ve Green K., 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*, Lewis Publishers CRC Press, 43-63.
- Coppin P., Jonckheere I., Nzckaerts K., Muys B. ve Lambin E., 2004. Review Article Digital Change Detection Methods In ecosystem Monitoring: A Review. *International Journal Of Remote Sensing*, 25 (9): 1565-1596.

- Crist E.P. ve Cicone R.C., 1984. A Physically Based Transformation of Thematic Mapper Data: The TM Tasseled Cap. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 22 (3): 256-263.
- Crist E.P. ve Kauth R.J., 1986. The tasseled cap de-mystified. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53 (1): 81-86.
- Crist E.P., Laurin R. ve Cicone R.C., 1986. Vegetation and soils information contained in transformed thematic mapper data. *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'86)*, Zurich, 8-11 September, 1465-1470.
- 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.
- Dai X. ve Khorram S., 1998. The Effects of Image Misregistration on the Accuracy of Remotely Sensed Change Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 36(5): 1566-1577.
- 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.
- Flores Sánchez E. ve Yool S.R., 2007. Sensitivity of Change Vector Analysis to Land Cover Change in an Arid Ecosystem. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5):1069-1088.
- 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.
- Guler M, Yomralioglu T. ve Reis S., 2007. Using Landsat Data to Determine Land Use/Land Cover Changes in Samsun, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 127(1-3): 155-167.

- Güneralp B., Gertner G., Mendoza G. ve Anderson A., 2003. Spatial Simulation and Fuzzy Threshold Analyses for Allocating Restoration Areas, *Transactions in GIS*, 7(3): 325 -343.
- Huang C., Wylie B., Yang L., Homer C. ve Zylstra G., 2002, Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, 23(8):1741-1748.
- Jensen J.R., 2004. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (3th ed.). Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 305 p.
- Jin S.M. ve Sader S.A., 2005. Comparison of Time Series Tasseled Cap Wetness and the Normalized Difference Moisture Index in Detecting Forest Disturbances. *Remote Sensing of Environment*, 94(3): 364-372.
- Kauth R.J. ve Thomas G.S., 1976. The Tasseled Cap, a Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by Landsat. *Proc. Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. West Lafayette, Purdue University, Indiana, 41-51.
- Kiage L.M., Liu K.-B., Walker N.D., Lam N. ve Huh O.K., 2007. Recent Land-Cover/Use Change Associated with Land Degradation in the Lake Baringo Catchment. Kenya, East Africa: Evidence from Landsat TM and ETM+. *International Journal of Remote Sensing*, 28(19): 4285 – 4309.
- Kohonen T., 2001. *Self-Organization and Maps (Third ed.)*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 500p.
- Lambin E.F. ve Ehrlich D., 1996. The surface temperature-vegetation index space for land cover and land cover change analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 17(3):463–487.
- Lasaponara R., 2005. On the use of principal component analysis (PCA) for evaluating interannual vegetation anomalies from SPOT/VEGETATION NDVI temporal series. *Ecological Modelling*, 194(4): 429-434.

- Lea R., Blodgett C., Diamond D. ve Schanta M., (2004). *Using The Tasseled Cap Transformation To Identify Change In The Missouri Ozark Forests*. Retrieved October 26, 2007, from http://137.227.231.90/morap/projects/forest_change/change_det.pdf
- Lillesand T. M. ve Kiefer R. W., 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation (4th ed)*. New York: Wiley, 578-583.
- 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.
- Lu D., Mausel P., Batistella M. ve Moran E., 2005. Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1): 101-114.
- Malila W.A., 1980. Change vector analysis: An approach for detecting forest changes with Landsat. *Proceedings, Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, (Ann Arbor, ERIM), 326-335.
- Mas J.-F., 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal Of Remote Sensing*, 20 (1): 139-152
- Melgani F., Moser G. ve Serpico S.B., 2002. Unsupervised change detection methods for remote sensing images. *Optical Engineering*, 41(12): 3288-3297.
- Metternict 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.

- Manjon-Herrera J.V., (2006). EM Image Segmentation, Retrieved January 5, 2007, from <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=10956&objectType=file>
- Miura T., Yoshiok H., Fujiwara K. ve Yamamoto H., 2008. Inter-Comparison of ASTER and MODIS Surface Reflectance and Vegetation Index Products for Synergistic Applications to Natural Resource Monitoring. *Sensors*, 8(4): 2480-2499.
- Nackaerts K., Vaesen K., Muys B. ve Coppin P., 2005. Comparative performance of a modified change vector analysis in forest change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 26(5):839-852
- Niemeyer I., Canty M. ve Klaus D., 1998. Possibilities and limits of remote sensing for the verification of international agreements: algorithms to detect changes at nuclear plants. *IEE Xplore*, 2: 819 – 821
- Nordberg M.L. ve Evertson J., 2005. Vegetation index differencing and linear regression for change detection in a Swedish mountain range using landsat TM (R) and ETM+((R)) imagery. *Land Degradation & Development*, 16 (2): 139-149.
- 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.
- Ordonez C. ve Omiecinski E., 2002. FREM: Fast and Robust EM Clustering for Large Data Sets. *Conference on Information and Knowledge Management, USA*, 590-599.
- Özdemir M., Yıldırım H ve Özel M.E., 2007. Uzaktan Algılama Uydu Verileri İle Farklı Tarihli Bayramiç Görüntülerinden Bitki Örtüsünün Zamansal Değişiminin İncelenmesi. *Bayramiç sempozyumu*, Bayramiç, 3-5 Ağustos, 165-170.

- Palmer A.R. ve Van Rooyen A.F., 1998. Detecting Vegetation Change in the Southern Kalahari Using Landsat TM data. *Journal. of Arid Environments*, 39 (2):143-153.
- Piwowar J.M. ve Millward A.A., 2002. Multitemporal Change Analysis of Multispectral Imagery Using Principal Components Analysis. *IEE Xplore*, 3: 1851-1853.
- Price K.P., Guo X. ve Stiles J.M., 2002. Optimal Landsat TM band combinations and vegetation indices for discrimination of six grassland types in eastern Kansas. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23): 5031-5042.
- 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.
- Redner A.P. ve Walker H.F., 1984. Mixture densities, maximum likelihood and the EM algorithm, *SIAM Review*, 26(2): 195–239.
- Rees W.G., 2001. *Physical Principles of Remote Sensing (2nd edition)*, Cambridge University Press, 293-294.
- Richards J.A. ve Jia X., 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis (4th Edition)*, Springer, Heidelberg, New York. 439 p.
- Ridd M.K. ve Liu J., 1998. A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. *Remote Sensing of Environment*, 63(2): 95-100.
- Rosin P.L., 2002. Thresholding for Change Detection. *Computer Vision Image Understanding*, 86(2):79–95.
- Rosin P.L. ve Ioannidis E., 2003. Evaluation of global image thresholding for change detection. *Pattern Recognition Letters*, 24(14): 23445-2356
- Sabins F.F., 1987. *Remote sensing; principles and interpretation (2th ed.)*, W.H. Freeman, New York: 449 p.

- Singh A., 1986. Change Detection in the Tropical Forest Environment of Northeastern India Using Landsat. In: Eden MJ, Parry TJ (eds). *Remote Sensing and Tropical Land Management*, Wiley, New York, 237-254.
- Singh A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 989–1003.
- Sjöström M., 2004. Investigating Vegetation Changes in The African Sahel 1982-2002: A Comparative Analysis Using Landsat, MODIS And AVHRR Remote Sensing Data. Lund University, (Degree-Thesis), Lunds University, Sweden.
- 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.
- Sunar F., 1998. An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (2): 225-235.
- Thome K., Markham B., Barker J., Slater P. ve Biggar S., 1997. Radiometric calibration of Landsat. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63: 835–858.
- Tugend K.I., Allen M.S. ve Binford M.W., 2004. Potential use of remote sensing to assess effects of wave action on plant re-establishment. *Journal Of Aquatic Plant Management*, 42: 54-60.
- Warner T., 2005. Hyperspherical Direction Cosine Change Vector Analysis. *International Journal Of Remote Sensing*, 26(6): 1201-1215.
- Wiemker R., Speck A., Kulbach D., Spitzer H. ve Bienlein, J., 1997. Unsupervised Robust Change Detection on Multispectral Imagery using spectral andspatial features. *Third International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, Copenhagen. 640-647.

- Yarbrough L.D., Easson G. ve Kuzmaul J.S., 2005. Using At-Sensor Radiance and Reflectance Tasseled Cap Transforms Applied to Change Detection for the ASTER Sensor. *IEEE Third International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images*, 16-18 Mayıs, 141- 145.
- Yazıcı F., 2005. EM Algoritması ve Uzantıları (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Türkiye.
- Yıldırım H., Alparslan E. ve Özel M.E., 1995. Temporal change detection by principal component transformation on satellite imagery. *IEE Xplore*, 2: 1227-1229.
- Yong P., Sun G., Zengyuan L., Xuejian C., Yanfang D. ve Zhang Z., 2003. Land Cover Change Monitoring After Forest Fire in Northeast China. *IEE Xplore*, 5: 3383 – 3385.
- Yoon G.W., Yun Y.B. ve Park J.H., 2003. Change Vector Analysis Detecting of Areas Associated with Flood Using Landsat TM. *IEE Xplore*, 5: 3386-3388.
- Yu Z. ve Wong H., 2006. FEMA: A Fast Expectation Maximization Algorithm based on Grid and PCA. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, Temmuz, 1913 – 1916.
- Yuan F., Sawaya K.E. Loeffelholz B.C. ve Bauer M.E., 2005. Land Cover Classification and Change Analysis of The Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat. *Remote Sensing Remote Sensing of Environment*, 98(2-3): 317-328.

EK-1 (A)

EM Algoritması için Kullanılan *Matlab* Program Kodları (Manjon-Herrera , 2006)

```
function [mask,mu,v,p]=EMSeg(ima,k)  
% Expectation Maximization image segmentation  
% Input:  
%   ima: grey color image  
%   k: Number of classes  
% Output:  
%   mask: clasification image mask  
%   mu: vector of class means  
%   v: vector of class variances  
%   p: vector of class proportions  
% Example: [mask,mu,v,p]=EMSeg(image,3);  
% Author: Prof. Jose Vicente Manjon Herrera  
% Email: jmanjon@fis.upv.es  
% Date: 02-05-2006  
  
% check image  
ima=double(ima);  
copy=ima;      % make a copy  
ima=ima(:);    % vectorize ima  
mi=min(ima);   % deal with negative  
ima=ima-mi+1;  % and zero values  
m=max(ima);  
s=length(ima);  
% create image histogram  
h=histogram(ima);  
x=find(h);  
h=h(x);  
x=x(:);h=h(:);
```

```

% initiate parameters
mu=(1:k)*m/(k+1);
v=ones(1,k)*m;
p=ones(1,k)*1/k;
% start process
sml = mean(diff(x))/1000;
while(1)
    % Expectation
    prb = distribution(mu,v,p,x);
    scal = sum(prb,2)+eps;
    loglik=sum(h.*log(scal));
    % Maximization
    for j=1:k
        pp=h.*prb(:,j)./scal;
        p(j) = sum(pp);
        mu(j) = sum(x.*pp)/p(j);
        vr = (x-mu(j));
        v(j)=sum(vr.*vr.*pp)/p(j)+sml;
    end
    p = p + 1e-3;
    p = p/sum(p);
    % Exit condition
    prb = distribution(mu,v,p,x);
    scal = sum(prb,2)+eps;
    nloglik=sum(h.*log(scal));
    if((nloglik-loglik)<0.0001) break; end;
    clf
    plot(x,h);
    hold on
    plot(x,prb,'g--')
    plot(x,sum(prb,2),'r')
    drawnow

```



```

end
% calculate mask
mu=mu+mi-1; % recover real range
s=size(copy);
mask=zeros(s);
for i=1:s(1),
for j=1:s(2),
    for n=1:k
        c(n)=distribution(mu(n),v(n),p(n),copy(i,j));
    end
    a=find(c==max(c));
    mask(i,j)=a(1);
end
end
function y=distribution(m,v,g,x)
x=x(:);
m=m(:);
v=v(:);
g=g(:);
for i=1:size(m,1)
    d = x-m(i);
    amp = g(i)/sqrt(2*pi*v(i));
    y(:,i) = amp*exp(-0.5 * (d.*d)/v(i));
end
function[h]=histogram(datos)
datos=datos(:);
ind=find(isnan(datos)=1);
datos(ind)=0;
ind=find(isinf(datos)=1);
datos(ind)=0;
tam=length(datos);
m=ceil(max(datos))+1;

```

```

h=zeros(1,m);
for i=1:tam,
    f=floor(datos(i));
    if(f>0 & f<(m-1))
        a2=datos(i)-f;
        a1=1-a2;
        h(f) =h(f) + a1;
        h(f+1)=h(f+1)+ a2;
    end;
end;
h=conv(h,[1,2,3,2,1]);
h=h(3:(length(h)-2));
h=h/sum(h);

```

EK-1 (B)

**Eşik değerlerinin sayısal olarak tam değerlerini bulup ekrana yazdıran kodlar
(Tez çalışmasında programlanmıştır.)**

```

for j=1:k-1
    a=v(j)*mu(j+1)-v(j+1)*mu(j);
    b=v(j)*v(j+1)*(mu(j)^2+mu(j+1)^2-2*mu(j+1)*mu(j));
    c=2*log(p(j)*(pi*v(j+1))^(1/2)/p(j+1)/(pi*v(j))^(1/2))*(v(j)*v(j+1)^2-v(j)^2*v(j+1));
    d=-v(j+1)+v(j);
    esik_deg1(j)=(a-sqrt(c+b))/d;
    esik_deg2(j)=(a+sqrt(c+b))/d;
    plot(esik_deg1(j),sum(prb,2),'r')
    plot(esik_deg2(j),sum(prb,2),'b')
end
grid on

```

TABLULAR

Tablo 1. BE Algoritmasının parametreleri (Yu ve Wong, 2006).....	17
Tablo 2. Landsat TM verisi için PYN dönüşüm katsayıları (Crist ve Cicone, 1984)	27
Tablo 3. Landsat-7 ETM+ verisi için uydu algılayıcısının yansıtmasına göre elde edilmiş PYN dönüşüm katsayıları (Huang ve diğ., 2002)	28
Tablo 4. Aster uydu görüntüsüne ait algılayıcı yansıtmasına göre elde edilmiş PYN dönüşüm katsayılarından Aster 1, 2 ve 3N bandlarına ait katsayılar (Yarbrough ve diğ., 2005)	28
Tablo 5. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.....	38
Tablo 6. NFBİ fark görüntülerinden tematik değişim haritası elde edebilmek için kullanılan eşitsizlikler. Burada NFG, bitki indisleri fark görüntüsü, ED'ler ise eşik değerleridir	45
Tablo 7. Değişim sınıfları ile ilgili yön sınıflarını belirlemede kullanılan eşitsizlikler. Burada <i>DVB</i> , değişim vektör büyüklüğü, <i>ED</i> eşik değeri, <i>P</i> ve <i>Y</i> 'ler ise farklı zamanlarda (t_1 ve t_2) elde edilen görüntülerin parlaklık ve yeşillik bileşenleridir ...	52
Tablo 8. 1987 ve 2000 yılları LANDSAT görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına uygulanan TBA sonucu ortaya çıkan temel bileşenlerine ait kovaryans matrisin öz vektörleri	55
Tablo 9. GFA metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi	62
Tablo 10. DVA/ PYN metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi	63
Tablo 11. TBA metodu için doğruluk analizi sonuçları ve hata matrisi	64

Tablo 12. Çalışmada kullanılan değişim analiz metotları ve onlara ait doğruluklar .	65
Tablo 13. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.....	69
Tablo 14. Değişim sınıfları ile ilgili yön sınıflarını belirlemede kullanılan eşitsizlikler. Burada <i>DVB</i> , değişim vektör büyüklüğü, <i>E</i> , eşik değeri, <i>P</i> ve <i>Y</i> 'ler ise farklı zamanlarda (t_1 ve t_2) elde edilen görüntülerin parlaklık ve yeşillik bileşenlerine ait piksel değerleridir	71
Tablo 15. DVA'da muhtemel değişim yön sınıfları ve onların kısa tanımları.....	72
Tablo 16. Ele alınan 5 değişim periyodu için çalışma alanında meydana gelen değişimlerin yüzdeleri (%) ve alansal boyutlar (hektar)	75

ŞEKİLLER

Şekil 1. Değişimin varlığı belirlenirken eşik değerinin yanlış seçildiği durumda ortaya çıkan muhtemel hataların betimlemesi. Burada E_+ , E_- seçilmesi gereken alt ve üst eşik değerleridir. 14

Şekil 2. BE Algoritmasına başlangıç parametreleri elde etmek için, fark görüntüsüne ait histograma eşik değerleri uygulamanın şematik gösterimi. Burada $E_n = M_D (1-\alpha)$, $E_c = M_D (1+\alpha)$ ve M_D ise fark görüntüsüne ait histogramın orta değeridir. (Örneğin, $M_D = [\max\{X_D\} - \min\{X_D\}] / 2$). $\alpha \in (0,1)$ ise M_D etrafında ayarlama yapan başlangıç parametresidir (Bruzzone ve Prieto, 2000). 21

Şekil 3. Farklı tarihli görüntülere GFA metodunun uygulanması ile ilgili şematik gösterim. Burada F_{ij}^k farklı zamanlarda alınan ve aynı mekana ait görüntülerin k 'ncü bandlarına ait i, j koordinatlarındaki piksellerin parlaklık farkı, $G_{ij}^k(t)$, (t) zamanında alınan görüntünün k bandına ait (i, j) koordinatlarındaki piksel değerleridir. 23

Şekil 4. Farklı tarihli görüntülere GFA metodu uygulanması sonucu Şekil-3'te ortaya çıkan (a) örnek fark görüntüsü ve (b) ona ait parlaklık fark histogramı. 24

Şekil 5. Farklı tarihli görüntülerin karşılıklı bandlarının farkına ait histogramdan değişimlerin varlığını belirlemek için seçilen eşik değerleri (Mas, 1999). 24

Şekil 6. Fark görüntülerine ait histogramdan, değişimlerin varlığını belirlerken eşik değerlerinin yanlış seçilmesi durumunda meydana gelen olası hatalar (Metternict, 1999 ; Jin ve Sader, 2005). 25

Şekil 7. (a) DVA'ya ait yön ve büyüklük bileşenlerinin tek bir düzlemde gösterimi (Warner, 2005; Nackaerts ve diğ., 2005; Malila W.A., 1980). Burada DVB , değişim vektörünün büyüklüğü, ise θ değişim açısıdır. (b) DVA için farklı tarihli görüntülere ait 3 band kullanıldığı durumda (örn. parlaklık, yeşillik ve nemlilik

bileşenleri) elde edilen değişim vektörlerinin geometrik gösterimidir. Burada; θ , ρ ve φ 'ler; x, y, z düzlemi içindeki vektör konumlarını gösteren açılarıdır (Flores ve Yool, 2007).	30
Şekil 8. DVA metodu uygulanması sonucu ortaya çıkan fark görüntülerine ait örnek bir histogram. Burada 'E', değişimin varlığını belirlemek için seçilmiş eşik değeridir (Bruzzone, 2002; Malila, 1980).	31
Şekil 9. (a) DVA için farklı tarihli görüntülere ait 2 band kullanıldığı durumda muhtemel değişim bölge kodları (Nackaerts ve diğ., 2005; Yoon ve diğ., 2003) (b) 3 band kullanıldığı durumda bir piksel için hesaplanan muhtemel değişim bölge kodları (Yoon ve diğ., 2003; Jensen, 2004; Olson, 2004).	31
Şekil 10. TBA'ya ait grafiksel gösterim. Burada P_I ve P_{II} , yeni koordinat sistemindeki piksel değerleri, P_A ve P_B eski koordinat sistemindeki piksel değerleridir. x_A, x_B orijinal sistemdeki piksel koordinatları, y_I, y_{II} ise yeni sistemdeki piksel koordinatlarıdır (Sabins, 1987; Lillesand ve Kiefer, 2000; Niemeyer ve diğ., 1998).	33
Şekil 11. T_1 ve T_2 zamanlı görüntülere ait bandlara TBA metodu uygulandığında oluşan 1. ve 2. temel bileşenlere ait grafiksel gösterimdir (Richards ve Jia, 2006; Wiemker ve diğ., 1997).	34
Şekil 12. Zamansal değişimleri belirlemek için farklı tarihli uydu görüntülerinin seçilen bandlarına TBA metodu uygulanması ile ilgili şematik gösterim.	35
Şekil 13. Farklı tarihli uydu görüntülerinin birinci temel bileşenlerine görüntü farkı alma metodu uygulanarak zamansal değişimlerin belirlenmesi ile ilgili şematik gösterim.	36
Şekil 14. (a-d) Değişim analizlerinde kullanılan uydu görüntüleri ve (e) araştırma alanı (GTP).	39

Şekil 15. Çalışmada uygulanan GFA yönteminin özetlendiği akış diyagramı.	40
Şekil 16. Deniz maskesi uygulanmış bitki indis görüntüleri. Burada; (a) 21 Temmuz 1987 tarihli Landsat TM uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü ve (b) 25 Temmuz 2000 Landsat TM uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü.....	42
Şekil 17. Deniz maskesi uygulanmış NFBİ görüntüleri. Burada; (a) 13 Ağustos 2001 Aster uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsü ve (b) 21 Ağustos 2007 Aster uydu görüntüsüne ait bitki indis görüntüsüdür.....	43
Şekil 18. (a) 1987 ve 2000 tarihli Landsat TM/ETM görüntülerinden elde edilen NFBİ'lerin fark görüntüsü. (b) 2001 ve 2007 tarihli Aster uydu görüntülerinden elde edilen NFBİ'lerin fark görüntüsü.....	44
Şekil 19. 21 Temmuz 1987 ve 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM/ETM görüntülerine ait NFBİ'lerinin fark görüntüsündeki değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri (ED1=92,10 ve ED2=157,01).....	45
Şekil 20. 21 Temmuz 1987 ve 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin NFBİ'lerinin fark görüntülerinden elde edilen tematik değişim haritası.	46
Şekil 21. 13 Ağustos 2001 ve 21 Ağustos 2007 tarihli Aster uydu görüntülerinin NFBİ'lerinin fark görüntülerinden elde edilen tematik değişim haritası.	46
Şekil 22. 2001 ve 2007 Aster görüntülerinin, P (Parlaklık), Y (Yeşillik) ve N (Nemlilik) bileşenlerinin elde edilmesini gösteren akış diyagramı.....	47
Şekil 23. DVA/ PYN metodunun uygulaması sonucunda yapılan doğruluk analizlerini gösteren akış diyagramı.....	48

Şekil 24. 1987 tarihli Landsat uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri (denize ait pikseller maskelenerek analizlerde hesaba katılmamıştır).	48
Şekil 25. 2000 tarihli Landsat uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.	49
Şekil 26. 2001 tarihli Aster uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.	49
Şekil 27. 2007 tarihli Aster uydu görüntüsünden elde edilen (a) parlaklık ve (b) yeşillik bileşenleri.	50
Şekil 28. (a) Landsat ve (b) Aster görüntülerine ait parlaklık ve yeşillik bileşenlerinin her bir piksel konumunda vektör büyüklükleri (DVB) ile elde edilen fark görüntüleri.	51
Şekil 29. Şekil 28-a ve b’de verilen görüntüler için değişim vektörü büyüklüğüne ait değerlerin değişim grafiği ve belirlenen eşik değerlerinin konumu. Burada (a) Şekil 28-a için BE Algoritması kullanılarak elde edilen eşik değeri ($ED=41,73$), (b) Şekil 28-b için elde edilen eşik değeridir ($ED=18,56$).	51
Şekil 30. 1987 ve 2000 tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen değişim haritası. Burada (P-) parlaklıkta azalmayı, (P+) parlaklıkta artmayı, (Y-) yeşillikte azalmayı, (Y+) yeşillikte artmayı göstermektedir.	53
Şekil 31. 2001 ve 2007 Aster uydu görüntüleri kullanılarak edilen değişim haritası. Burada (P-) parlaklıkta azalmayı, (P+) parlaklıkta artmayı, (Y-) yeşillikte azalmayı, (Y+) yeşillikte artmayı göstermektedir.	53
Şekil 32. TBA yöntemi ile değişimlerin araştırılması ve uygulama sonucu yapılan doğruluk analizlerinin özetlendiği akış diyagramı.	54

Şekil 33. 1987 ve 2000 yılları LANDSAT görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına uygulanan TBA sonucu temel bileşenlere ait yükleme faktörleri.....	55
Şekil 34. 1987 ve 2000 tarihli Landsat Görüntülerinin 3. ve 4. bandlarına ait temel bileşen görüntüleri.....	56
Şekil 35. 2001 ve 2007 LANDSAT uydu görüntülerine ait 4. temel bileşendeki değişim sınıflarını birbirinden ayıran en uygun eşik değerleri.	57
Şekil 36. 2001 ve 2007 LANDSAT uydu görüntüleri kullanılarak TBA metodu ile elde edilen değişim haritası.....	58
Şekil 37. 2001 ve 2007 ASTER uydu görüntülerinin 2 ve 3. bandlarına temel bileşenler analizi uygulanarak elde edilen değişim haritası.....	58
Şekil 38. (a) 13 Ağustos 2001 Aster ve (c) 21 Ağustos 2007 Aster uydu görüntülerinde (b ve d) doğruluk analizi yapılacak bölge.	59
Şekil 39. Doğruluk analizi için kullanılan 2001 yılı hava fotoğrafı.....	60
Şekil 40. Doğruluk analizi için kullanılan 2007 yılı yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.....	61
Şekil 41. Uygulanan GFA metodu için doğruluk analizi yapılan alanda 2001-2007 yılları arası değişimler.....	62
Şekil 42. DVA/ PYN metodu için doğruluk analizi yapılan sahada 2001-2007 yılları arası değişimler.	63
Şekil 43. TBA yöntemi ile doğruluk analizi yapılan sahada 2001-2007 yılları arası değişimler.....	64

- Şekil 44. Kullanılan değişim analiz yöntemlerinden, GTP sınırları içerisinde kalan sahada, 1987 ile 2007 yılları arasında kalıcı ve köklü değişim gösteren bölge, pembe çerçevede gösterilmektedir..... 66
- Şekil 45. (a-d) Değişim analizlerinde kullanılan uydu görüntüleri ve (e) araştırma sahası (GTP), (GTP sınırları içerisinde kalan sahada 1987 ile 2007 yılları arasında tespit edilen ve en çok değişim gösteren bölge ‘Havuzlar bölgesi’ görüntülerde GTP’nin Güneydoğusu’nda mavi kare içinde gösterilmiştir). 67
- Şekil 46. (a) Çalışma alanı (Havuzlar bölgesi), 1982 görüntüsünde GTP’nin güneydoğusu’nda kırmızı kare içinde gösterilmiştir. (b-g) 1987- 2000 yılları arasında aynı alana ait bitki örtüsündeki gelişimi gösteren uydu görüntüleridir. 69
- Şekil 47. Tablo 13’deki 1 ve 2 görüntülerine ait parlaklık ve yeşillik bileşenlerinin her bir piksel konumunda değişim vektörü büyüklüğü (DVB) ile elde edilen görüntü. Sağ alttaki gri ölçek, vektör büyüklüğünün kademeli değişimini göstermektedir. Analizlerimizde Marmara Denizi’ne ait bölge yer almamaktadır. 70
- Şekil 48. Değişim vektör büyüklüğüne ait değerlerin değişim grafiği ve belirlenen eşik değerinin konumu. Şekil 47 için BE Algoritması kullanılarak elde edilen eşik değeri $E=52$ ’dir). 71
- Şekil 49. 1982 ve 1987 yılları arasında, GTP havuzlar bölgesinde meydana gelen yeşillik ve parlaklıktaki değişimler. Analizlerde Marmara Denizi içinde kalan bölge dahil edilmemiştir..... 73
- Şekil 50. ÇOBM kayıtlarına göre 1986 yılında GTP Havuzlar Bölgesi’ndeki yangın alanını tasvir eden resmi harita. Yangın alanları paralel çizgilerle belirtilmiştir. 74
- Şekil 51. Yukarıda belirtilen 5 değişim periyodu için GTP Havuzlar Bölgesi’nde meydana gelen parlaklık (P) ve yeşillikteki (Y) değişimler: (a) 1982–1987, (b) 1987-1992, (c) 1992–1998, (d) 1999-2001 ve (e) 2001-2007..... 74

Şekil 52. 1982 ve 2007 yılları arasında çeşitli değişim vektör değerleri için zaman serisi. Kırmızı (orman yangını, ormansızlaştırma vb.) ve yeşil (ağaçlandırma) paralel çizgiler birbirini oldukça yakından takip etmektedirler. 75

Şekil 53. Tartışılan 2 sınıfı birbirinden ayırt etmek için Landsat görüntülerinden seçilen test alanları; (a) 1986 orman yangınından oldukça sonra bir ağaçlandırma-hazırlığı bölgesi, (b) 9 Temmuz 1999 da çıkan bir orman yangın alanı, (c) aynı görüntüde solda (1), 1986 yangını için bir başka ağaçlandırma-hazırlığı bölgesi ; sağda (2), 13 Temmuz 2000’de yeni bir orman yangını alanı. 77

Şekil 54. (a) Landsat TM badlarına göre, yanan alanlar ve ağaçlandırma-hazırlığı alanlarının spektral yansıma değerleri. (b) Şekil 54-a için lejant..... 78

Şekil 55. NDTI değerlendirmeleri için kullanılan 25 Temmuz 2000 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü için piksel parlaklıklarına ait histogram. 79

YAŐAM ÖYKÜŐÜ

1976 yılında Sivrihisar/ Eskiőehir’de doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Elazığ’da tamamladı. 1997 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 1999 yılında Tekirdağ Merkez TREDASĐ (Tekirdağ Elektrik Dağıtım Anonin Őirketi)’da Elektrik Mühendisi olarak çalıştı. 2001 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. Ocak 1999 yılından itibaren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Bölümü’nde göreve başladı. Yabancı dili İngilizce olan Muzaffer ÖZDEMİR halen aynı kurumda çalışmaktadır.