ÇUKUROVA ÜVİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anıl AKIN

ÇUKUROVA DELTASI KIYI ALANINDA ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİNDE FARKLI UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇUKUROVA DELTASI KIYI ALANINDA ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİNDE FARKLI UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Anıl AKIN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman: Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2007 Sayfa: 103
Jüri: Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU
Prof. Dr. Vedat PEŞTAMALCİ
Doç.Dr. Hakan ALPHAN

Bu çalışma Türkiye güney kıyı bölgesinde bulunan Çukurova deltasında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla faklı yöntemlerin karşılaştırılması ile arazi örtüsü değişimleri değerlendirilmiştir. Görüntü çıkarma, görüntü oranlama, görüntü regresyonu, vektör değişim analizi olarak 4 farklı algoritma kullanılmıştır. 7 Temmuz 1985, Temmuz 1993 ve 21 Temmuz 2005 yıllarına ait yakın tarihli Landsat TM verileri kullanılarak değişim analizlerinde mevsimsel kaynaklı hatalar en az seviyeye indirilmiştir.

Öncelikle görüntülerin UTM projeksiyonuna kayıtları yapılmıştır. Sonra görüntülere atmosferik düzeltme ve radyometrik normalisazyon işlemleri uygulanmıştır. Doğruluk analizinde, teknikler arasında bir kıyaslama yapmak üzere obje tabanlı sınıflanan görüntülere çapraz sınıflama yapılmış, değişimin "nerden-nereye" olduğu tespit edilmiştir. Böylece alan için en uygun olan yöntem bulunmuştur. Kumul alanlardan tarım alanlarına olan dönüşüm ve kıyı erozyonu sonucu olan alan kayıpları dikkat çeken değişimler olarak görülmüştür.

Pratik olarak, doğru bir uygulama için farklı algoritmalar sürekli olarak karşılaştırılmakta ve değişim analiz sonuçları için en uygun olanı seçmeye çalışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: görüntü çıkarma, görüntü oranlama, görüntü regresyonu, vektör değişim analizi.

ABSTRACT
Msc THESIS

ASSESSING DIFFEREND REMOTE SENSING TECHNIQUES TO DETECT LAND USE/COVER CHANGES in COASTAL ZONE of CUKUROVA DELTAS

Anıl AKIN

DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCES UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
Year: 2007 Page: 103
Jury: Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
Prof. Dr. Vedat PEŞTAMALCİ
Assoc.Prof. Hakan ALPHAN

This study assessed different land cover change detection algorithms in Cukurova Deltas, south Mediterranean coastal zone of Turkey using remotely sensed data and Geographic Information Systems (GIS). Four algorithms were used including: image differencing, image rationing, image regression and change vector analysis. Change detection error introduced by seasonal differences was minimized using close dates of Landsat TM data recorded in 7 July 1985, July 1993 and 21 July 2005.

Initially, images were geometricaly corrected to the utm projection system, then, atmosferic correction and radyometric normalization was applied to the images. Following to this pre-processing applications, change detection techniques were applied. Object based maximum likelihood classification was used with cross-classification technique to determine 'from-to' change which made a comparasion among different techniques using accuracy assessment . This results indicated a decision about most suitable technique for the study area. Sand dunes conversion to agricultural land and coastal erosion were most significant changes in the study area.

In practice, different algorithms are often assessed to find suitable change detection approach for a specific application.

Key Words: image differencing, image rationing, image regression, change vector analysis.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşmasında, araştırma konusunun belirlenmesinden son aşamasına kadar değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen ve çalışmanın her aşamasında manevi desteğini aldığım sayın hocam Doç.Dr. Süha Berberoğolu'na teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma kapsamında yapılan çalışmaların tamamında da yardımlarını aldığım Prof. Peter Atkinson, Prof. Dr. Giles Foody, Prof. Dr. Ted Milton'a, çalışmalarım sırasında gerek duyduğum zamanlarda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım M.Akif Erdoğan, Ar.Gör. Onur Şatır ve Ar.Gör. Cenk Dönmez'e çok teşekkür ederim.

En başından beri maddi ve manavi desteklerini benden eksik etmeyen sevgili aileme ve beni her konuda destekleyen arkadaşlarım Gülçinay Başdoğan ve Bora Tanrıöver'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZ.....I
ABSTRACT.....II
TEŞEKKÜR.....III
İÇİNDEKİLER.....IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ..... VII
1. GİRİŞ.....1
1.1. Deşişim Analizi Çalışmalarında Başlıca Dikkat Edilmesi Gerekenler Noktalar.....3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....5
2.1. Cebir.....5
2.2. Dönüştürme.....7
2.3. Sınıflama.....9
2.4. İleri Modeller.....11
2.5. CBS.....12
2.6. Görsel Analizler.....13
2.7. Diğer Teknikler.....14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....16
3.1. Materyal.....16
3.1.1. Araştırma Alanı.....16
3.1.1.1. Jeoloji-Jeomorfoloji.....17
3.1.1.2. Toprak.....18
3.1.1.3. İklim.....19
3.1.1.4. Hidroloji.....20
3.1.1.5. Flora.....21
3.1.2. Alan Kullanımları.....22
3.1.2.1. Tarım.....22
3.1.2.2. Yerleşim.....23

3.1.2.3. Turizm.....23
3.2.1 Veri Seti.....23
3.2. Yöntem.....24
3.2.1. Geometrik Kayıt.....24
3.2.2. Atmosferik Düzeltme.....26
3.2.1.1. Radyans Kalibrasyonu.....27
3.2.1.2. Atmosferik Düzeltme Yöntemleri.....29
3.2.3. Radyometrik Normalizasyon.....34
3.2.3.1. Pratik Stratejiler.....36
3.2.3.2. Nitelik Kontrolü.....38
3.2.4. Görüntü Çıkarma.....39
3.2.5. Görüntü Oranlama.....42
3.2.5.1. Değişimin Ölçeği.....42
3.2.5.2. Topografik Etkilerin Azaltılması.....43
3.2.6 Görüntü Regresyonu.....44
3.2.7. Değişim Vektörü Analizi.....48
3.2.7.1. CVA'nın Fonksiyonel Tanımı.....48
3.2.7. Çapraz Sınıflama.....53
3.2.8.1. Kappa İndeksi.....54
4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....57
4.1. Ön Hazırlık.....57
4.1.1. Geometrik Düzeltme 57
4.1.2. Atmosferik Düzeltme.....58
4.1.3. Radyometrik Normalizasyon.....59
4.2. Değişim Analizleri.....60
4.2.1. Görüntü Çıkarma.....60
4.2.2. Görüntü Oranlama.....63
4.2.3. Görüntü Regresyonu.....69
4.2.4. Değişim Vektörü Analizi.....71
4.3. Doğruluk Analizleri.....76
5. SONUÇLAR.....85

KAYNAKLAR.....90
ÖZGEÇMİŞ.....103

AÖAK	Alan Kullanımı-Arazi Örtüsü
ANN	Artificial Neuron Network
AVHHR	Advanced Very High Resolution Radiometer
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CVA	Change Vector Analysis
DOS	Dark Object Subtraction
ETM+	Enhanced Temeatic Mapper
GPS	Global Positioning System
GS	Gramm-Scmidt
HRV	High Resolution Visible
KT	Tasselled Cap
LSMA	Linear Spectral Mixture Analysis
LULC	Land Use Land Cover
MERİS	Medium Resolution Imagining Spectrometer
MSAVI	Modified Soil Adjusted Vejetation Index
MSS	Multispecktral Scanner
NDMI	Normalized Difference Moisture Index
NDVI	Normalized Difference Vejetation İndex
PCA	Temel Bileşenler Analizi
RGB	Red-Green-Blue
RMSE	Root Mean Square Error
RTC	Radiative Trasnsfer Codes
SAVI	Soil Adjusted Vejetatiın Index
TM	Tematic Mapper

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA NO**

Çizelge 4.1. 1993–1985 Yılları Görüntü Çıkarma Değişim Matrisi.....65
Çizelge 4.2. 2005–1993 Yılları Görüntü Çıkarma Değişim Matrisi.....65
Çizelge 4.3. 1993–1985 Yılları Görüntü Oranlama Değişim Matrisi.....68
Çizelge 4.4. 2005–1993 Yılları Görüntü Oranlama Değişim Matrisi.....68
Çizelge 4.5. 1993–1985 Yılları Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi.....73
Çizelge 4.6. 2005–1993 Yılları Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi.....73
Çizelge 4.7. 2005–1993 Yılları Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi.....79
Çizelge 4.8. 2005–1993 Yılları Arası Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi.....79
Çizelge 5.1. Tekniklerin Karşılaştırmalı Özellikleri.....88

ŞEKİLLER DİZİNİ SAYFA NO

Şekil 3.1. Çalışma Alanı....16
Şekil 3.2. Çalışma Yönteminin Akış Şeması....25
Şekil 3.3. Radyometrik Normalisazyon Süreci....38
Şekil 3.4. Radyometrik Normalisazyon Akış Şeması....40
Şekil 3.5. Eşiklendirme Yönteminde Normal ve Normal Olmayan Değerler....41
Şekil 3.6. Regresyon Modeli Kazanım ve Kayıp Değerleri....46
Şekil 3.7. Radyometrik Uzayda Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi....51
Şekil.3.8. Radyometrik Değişim Uzayında Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi....52
Şekil 3.9. Çok yönlü değişim vektörlerinin (A, B, C) ve 4 Adet Değişim Sektör Kodlarının (a, b, c, d) 2 Radyometrik Değişim Bant Uzayı İçerisindeki Gösterimi....52
Şekil 3.10. Segmentasyon Ağı....54
Şekil 3.11. Kappa İndeksi....54
Şekil 4.1. Atmosferik Düzeltme Öncesi Bant 4 Değeri Histogramı (a), Atmosferik Düzeltme Sonrası Bant 4 Değeri Histogramı (b)....59
Şekil 4.2. Atmosferik Düzeltme Öncesi 1985-1993 Bant 4 Değerleri Doğrusal ilişki Grafiği (a), Atmosferik Düzeltme Sonrası 1985-1993 Bant 4 Değerleri Doğrusal ilişki Grafiği (b)....59
Şekil 4.3.–1985-1993 Görüntülerine PCA Eklenmeden Elde Edilen Doğrusal İlişki Grafiği (a), PCA Eklendikten Sonra Elde Edilen Doğrusal İlişki Grafiği (b), 1993–2005 Görüntülerine PCA Eklenmeden Elde Edilen Doğrusal İlişki Grafiği (c), PCA Eklendikten Sonra Elde Edilen Doğrusal İlişki Grafiği (d)....61
Şekil 4.4. 1985–1993Yılları Fark Görüntüsü Histogramı (a) 1993–2005Yılları Fark Görüntüsü Histogramı (b)....62
Şekil 4.5. 985–19931Yılları Görüntü Çıkarma Sonuç Görüntüsü (a), 1993–2005Yılları Görüntü Çıkarma Sonuç Görüntüsü (b)....62
Şekil 4.6. Eşik Değer Uygulaması....62

Şekil 4.7. 1985–1993Yılları Kodlanmış Fark Görüntüsü (a),
1993– 2005 Yılları Kodlanmış Fark Görüntüsü (b).....63
Şekil 4.8. 1985–1993Yılları Çapraz Sınıflama Fark Görüntüsü (a),
1993–2005Yılları Çapraz Sınıflama Fark Görüntüsü (b).....64
Şekil 4.9. 1985–1993 Yılları Oran Görüntüsü Histogramı (a),
1993–2005 Yılları Oran Görüntüsü Histogramı (b).....66
Şekil 4.10. 1993–1985 Yılları Logaritması Alınmış Oran
Görüntüsü Histogramı (a), 2005–1993 Yılları
Logaritması Alınmış Oran Görüntüsü Histogramı (b).....66
Şekil 4.11. 1985 –1993Yılları Görüntü Oranlama Sonuç Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Görüntü Oranlama Sonuç Görüntüsü (b).....66
Şekil 4.12. 1985–1993 Yılları Kodlanmış Oran Görüntüsü (a)
1993–2005Yılları Kodlanmış Oran Görüntüsü (b).....67
Şekil 4.13. 1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama Oran Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Çapraz Sınıflama Oran Görüntüsü (b).....67
Şekil 4.14. 1985 –1993 Yılları Regresyon Görüntüsü Histogramı (a),
1985 –1993 Yılları Logaritması Alınmış Regresyon
Görüntüsü Histogramı (b).....69
Şekil 4.15. 1993–2005Yılları Arası Regresyon Görüntüsü Histogramı..... 69
Şekil 4.16. 1985–1993Yılları Görüntü Regresyonu Sonuç Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Görüntü Regresyonu Sonuç Görüntüsü (b).....70
Şekil 4. 17. 1985–1993Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (b.....71
Şekil 4.18. 1985 –1993Yılları Çapraz Sınıflama Regresyon Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Çapraz Sınıflama Regresyon Görüntüsü (b).....72
Şekil 4.19. 1985–1993Yılları CVA Görüntüsü Histogramı
1993–2005 Yılları CVA Görüntü Histogramı (b).....74
Şekil 4.20. 1985–1993 Yılları Logaritması Alınmış CVA Görüntüsü Histogramı (a),
1993–2005Yılları Logaritması Alınmış CVA
Görüntüsü Histogramı (b).....74

Şekil 4.21. 1985–1993Yılları CVA Büyüklük Görüntüsü (a),
2005–1993 Yılları CVA Büyüklük Görüntüsü (b).....75
Şekil 4.22. 1985–1993 Yılları CVA Yön Görüntüsü (a), 1993–1985 Yılları CVA
Yön Görüntüsü (b).....76
Şekil 4.23. 1985–1993 Yılları CVA Değişim Büyüklük ve Yön Görüntüsü (a),
1993–2003 Yılları CVA Değişim Büyüklük ve Yön Görüntüsü (b).....77
Şekil 4.24. 1993–1985 Yılları Kodlanmış Vektör Görüntüsü (a),
1993–2005 Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (b).....77
Şekil 4.25.1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama CVA Görüntüsü (a), 2005–1993
Yılları Çapraz Sınıflama CVA Görüntüsü (b).....78
Şekil 4.26. 1985 Yılı Referans Verisi (a), 1993 Yılı Referans Verisi (b),
2005 Yılı Referans Verisi (c).....80
Şekil 4.27. Değişen Alanların Farklı Tekniklerle Gösterimi, (a) CVA, (b)
Çıkarma, (c) Oranlama, (d) Regresyon.....83
Şekil 5.1. Tekniklerin Doğruluk Yüzde Değerleri.....87

1. GİRİŞ

En doğru planlama kararlarını verebilmek için doğru zamanda ve doğru değişim analiz teknikleriyle, dünya yüzeyindeki değişimlerin izlenmesi, insan ve doğal unsurların ilişkilerinin ve etkileşimlerinin anlaşılabilmesi için çok önemli rol oynamaktadır. Son zamanlarda uzaktan algılama ile elde edilen veriler değişim analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok değişim analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar göstermiştir ki, görüntü çıkarma, temel bileşenler analizi, sınıflama sonrası karşılaştırma çalışmaları değişim analizi çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerdir. Son yıllarda da yersel karışım analizleri, yapay sinir ağları ve coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılanmış verilerin entegrasyonu değişim analizleri uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı değişim analizi yöntemlerinin kendilerine ait farklı değerlendirme yöntemleri vardır ve tek bir yaklaşımın tüm durumlarda uygulanması mümkün olmamaktadır. Pratik olarak, doğru bir uygulama için farklı algoritmalar sürekli olarak karşılaştırılmakta ve değişim analiz sonuçları için en uygun olanı seçmeye çalışılmaktadır. Değişim analizleri için yöntem belirleme çalışmaları hala önemini koruyan bir konudur ve gittikçe artan veri çeşitliliği ve değişimlerin hızlanarak artış gösteren doğası yeni yöntemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir (Lu ve ark., 2004).

Değişim analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Genel olarak değişim analizi farklı zamanlara ait olan veri setlerinde, meydana gelen değişimlerin nitel ve nicel olarak tespitini hedefleyen bir takım uygulamaları içerir. Tekrar edilmiş verilerin elde edilmesi ve bilgisayar uygulamalarını mümkün kılan dijital format sayesinde, Thematic Mapper (TM), Satellite Pour 1'Observation de la Tere (SPOT), Advanced very High Resolution Radiometer AVHRR verileri geçmiş yıllar boyunca değişim analizlerinde kullanılan başlıca uydu uzaktan algılama verileri olmuştur.

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, alan kullanımı ve arazi örtüsü değişim analizi uygulamalarının yaygın olarak yapıldığı alanlar şunlardır (Lu ve ark., 2004) :

- Orman vejetasyonu değişimi

- Orman kayıpları,
- Orman üretkenliği, yenilenebilme (rejenerasyon),
- Orman yangınları,
- Sulak alanların değişimi,
- Topografya alanlarındaki değişimler,
- Yerleşim alanlarındaki değişimler,
- Tarımsal ürün desenindeki değişimler.

Bu güne kadar çok çeşitli değişim analiz teknikleri geliştirilmiştir. Değişim analiz tekniklerinin geliştirilmesi hala aktif bir konudur ve yeni teknikler durmadan geliştirilmektedir. Örneğin yersel karışım analizleri, Li-Strahler Kanopi Modeli, Chi-square dönüşümleri, yapay sinir ağları (ANN) ve çok kaynaklı verilerin entegrasyonu değişim analizleri uygulamalarında kullanılmaktadır (Lu ve ark., 2004).

İyi bir değişim analizi araştırması şu bilgileri sağlamalıdır.

1. çok zamanlı veriler arasında kesin geometrik kayıt,
2. çok zamanlı veriler arasında kalibrasyon ve normalizasyon,
3. çalışma alanı peyzajının heteronijesi,
4. kullanılan değişim analizi metotları ve algoritmaları,
5. sınıflama ve değişim analizi planlaması,
6. doğruluk analizleri,
7. çalışma alanına ait önbilgi ve araştırma hedefleri,
8. zaman ve maliyet kısıtları.

Birçok karmaşık faktörün etkisinden araştırmalar hangi değişim analizi tekniğinin en uygun olduğu konusunda zaman zaman karşılaştırmalı tartışmalar yapmaktadır. Pratikte, bir değişim analizi uygulamasında en doğru algoritmanın seçilmesi çok kolay bir işlem değildir. Bu nedenle geçmiş yıllara ait değişim analizi tekniklerinin ve uygulamalarının yeniden gözden geçirilmesi özel bir problem karşısında hangi tekniği kullanmanın en iyi sonuç vereceği konusunda yararlı olmaktadır.

1.1. Deşişim Analizi Çalışmalarında Başlıca Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Macleod ve Colgalton (1998), doğal kaynakların izlenmesi için yapılan değişim analizi uygulamalarına 4 farklı bakış açısı getirmiştir. Bunlar; (i) bir değişim oluştuğunda tespiti, (ii) değişimin doğasının tanımlanması, (iii) değişimin alansal yayılışının ölçülmesi, (iv) değişimin yersel örneklerinin değerinin belirlenmesidir. Lambin ve Strahler (1994), arazi örtüsündeki değişimleri belirleyen beş kategoriyi şu şekilde tanımlamıştır: (1) iklim koşullarında uzun dönemde meydana gelen doğal değişimler, (2) erozyon gibi jeomorfolojik ve ekolojik süreçler, (3) ormansızlaşma ve degredasyon gibi vejetasyon örtüsünde ve peyzajda insan etkisi sonucu oluşan değişimler, (4) yıllık iklim farklılıkları ve (5) insan aktiviteleri sonucu oluşan sera etkisi.

Değişim analizi uygulamalarında kullanılan uzaktan algılama verileri çevresel özelliklerin belirlenmesi ve görüntü işlenme konularında önemli kolaylıklar sağlar. Uzaktan algılanmış verilerin yersel, radyometrik, zamansal ve yansıma çözünürlükleri uzaktan algılama ve değişim analizinin birlikte kullanıldığı başarılı projeler üzerinde, önemli etkiye sahiptir. Önemli çevresel faktörler ise atmosferik özellikler, toprak nem durumunu ve diğer olağan dış çevre koşullarını içermektedir (Jensen 1996, Weber 2001). Değişim analizinde ihtiyaç duyulan önemli uygulamalar kısaca; çok zamanlı görüntü kaydı, geometrik ve atmosferik düzeltmelerdir. Çok zamanlı yersel verinin doğru bir şekilde kayıt edilmesi çok önemlidir, aksi durumda güvenirliliği düşük sonuçlar ortaya çıkacaktır. (Townshend ve ark., 1992; Dai and Khorram, 1998; Stow 1999, Verbyla ve Boles, 2000; Carvalho ve ark., 2001, Stow ve Chen, 2002).

Piksel parlaklık değerinin (DN) yüzey yansıma değerlerine dönüştürülmesi çok zamanlı verilerin nitel analizleri için gereklidir. Göreceli radyometrik düzeltme, koyu obje çıkarımı, ve görüntünün tekrar simülasyonu gibi çeşitli metodlar radyometrik ve atmosferik düzeltme yada kalibrasyon için geliştirilmiştir (Markham ve Barker, 1987; Gilabert ve ark., 1994; Chavez, 1996; Stefan ve Itten, 1997; Vermote ve ark., 1997; Tokola ve ark., 1999; Heo ve FitzHugh, 2000; Yang ve Lo, 2000; Song ve ark., 2001; Du ve ark., 2002; McGovern ve ark., 2002). Bir değişim

analizi uygulamasından önce şu koşullar mutlaka sağlanmalıdır: (1) çok zamanlı verilerin doğru bir şekilde kayıt edilmesi, (2) çok zamanlı görüntüler arasında doğru atmosferik ve radyometrik düzeltme ve ya normalizasyonun yapılması (3) çok zamanlı görüntüler arasındaki benzer durumlar (4) eğer mümkünse görüntülerin aynı yersel ve spektral çözünürlüğe getirilmesi.

Landsat Multi-Spectral Scanner (MSS), TM, SPOT, AVHRR, radar ve hava fotoğrafları en çok kullanılmakta olan veri kaynaklarıdır. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometre (MODIS), Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) gibi yeni veri kaynakları da giderek önem kazanmaktadır. Değişim analizi uygulaması için bir uzaktan algılama verisi seçilirken, güneşin açısı, mevsimsel ve durumsal farklılıklar gibi dış kaynaklı etkilerin ortadan kaldırılabilmesi için, yıl dönümlü verilerin ya da çok yakın tarihli verilerin elde edilmesi ile birlikte aynı algılayıcının, aynı radyometrik ve yersel çözünürlüğün kullanılması önemlidir (Lu ve ark., 2004).

Uygun bir değişim analizi tekniğinin seçilmesinde değişimin yönünün tanımlanması çok önemlidir. Sınıflama sonrası (Post-classification) gibi bazı teknikler değişimin yönüyle ilgili tam bir matris sağlarken görüntü çıkarma gibi bazı teknikler sadece değişimin olduğu ya da olmadığı öğeler hakkında bilgi verir. Uzaktan algılanmış veri ve çalışma alanı tanımlandığında uygun bir değişim analizi metodunun seçilmesi, yüksek nitelikte değişim analizi ürünü elde etmede dikkate değer bir önem taşımaktadır (Lu ve ark., 2004).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Değişim analizi, görüntüler arasındaki farklılıkların nedenlerinin kontrol edilmesi ile iki noktaya ait yersel verilerin karşılaştırılmasına dayanır. (Green ve ark., 1994). Değişim analizlerinde uzaktan algılanmış verilerin kullanılmasındaki temel nokta, atmosferik durumda meydana gelen değişimler, aydınlanma, güneş açısı ve toprak nemliliği gibi faktörlerin neden olduğu değişimlerden farklı olarak, yansıyan değerlerin ya da yerel tekstürlerdeki değişimlerle sonuçlanan ilgi alanında bulunan objelerdeki değişimlerdir (Deer, 1995). Dijital değişim analizi yersel, yansıma, radyometrik ve zamansal sınırlamalardan etkilendiği için, birçok değişim analizi yöntemi içerisinde amaca en uygun bir yaklaşımın seçilmesi önemli fakat oldukça zor bir işlemdir.

Uygunluk açısından değişim analizi metotları 7 kategoride toplanmıştır. (1) algebra, (2) dönüştürme, (3) sınıflama, (4) ileri modeller, (5) coğrafi bilgi sistemleri yaklaşımı, (6) görsel analizler, (7) diğer yaklaşımlar. Yedinci kategorideki teknikler diğer altı kategori içerisinde gruplanmaya uygun olmayan ve pratikte çok fazla kullanılmayan değişim analizi teknikleridir. Bu yüzden bu kategori detaylı bir şekilde açıklanmamıştır. Değişim analizi için kullanılan bu teknikler orta düzeyde yersel çözünürlüğe sahip Landsat MSS, SPOT, TM ya da radar verileriyle birlikte kullanılmaktadır (Lu ve ark., 2004).

2.1. Cebir (Algebra)

Cebir kategorisi görüntü çıkarma, görüntü oranlaması, görüntü regresyonu, vejetasyon indeks çıkarma, değişim vektörü analizleri (Change Vector Analysis (CVA)) ve geri zemin çıkarımı tekniklerini içermektedir. Bu algoritmalar değişim alanlarını tespit etmek için eşik değerlerinin seçilmesi gibi ortak özellikle sahiptir. Bu metotlar (CVA dışında) basittir, uygulaması ve yorumlaması kolaydır fakat değişim bilgileri için tam bir matris sağlamazlar. CVA yaklaşımı ise tanımlanmış eşik değerlerinden çok daha fazla kapsamlı değişimleri tanımlayabilir ve değişimle ilgili oldukça detaylı bilgi sağlar. Cebir kategorisinin bir dezavantajı değişim

alanlarını tanımlayabilmek için uygun eşik değerinin seçilmesidir. Bu kategoride iki bakış açısı değişim analizi sonuçları için önem taşımaktadır: (1) uygun görüntü bantlarının seçilmesi ya da (2) değişim alanlarının tanımlanması için, değişim indislerinin ve uygun eşik değerlerinin tespitidir (Lu ve ark., 2004).

Angelici ve ark (1977), bant oranlarına ait verilerinin farkını kullanmıştır ve değişim alanların tespiti için bir eşik değeri tanımlamıştır. Alphan (2004), arazi örtüsü/alan kullanımı değişimini tespit etmek için sınıflama sonrası karşılaştırma ve görüntü çıkarma yönteminin iyi sonuç ürettiğini tespit etmiştir. Jensen ve Tall (1982), vejetasyon ve şehir alanlarındaki değişim analizi çalışmalarında görülebilir kırmızı bandın kullanımını gereksiz bulmuşlardır. Chavez ve Mackinnon (1994), görüntü çıkarmada kırmızı bandın, Amerika'nın güney batısındaki kurak ve yarı kurak alanlardaki değişimin tespitinde Normalized Difference Vejetation Index (NDVI) yönteminden çok daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Pilon ve ark (1988), sub-Shelian Afrika'daki Nijerya'nın kuzey batısında bulunan yarı kurak bölgedeki çalışma alanları için görünür kırmızı bandın spektral değişimin tanımlanmasında en doğru bilgileri verdiği sonucuna varmışlardır. Ridd ve Liu (1998), Landsat TM görüntüsü kullanarak görüntü farklılaşması, regresyon modeli, Kauth-Thomas dönüşümü ya da Tasselled Cap dönüşümü (KT), ve Chi-square dönüşümünü Salt Lake Valley' kentsel alan kullanımındaki değişim analizi çalışması için test etmişlerdir. TM 3 bant çıkarmanın ve onun regresyonunun en iyi yöntem olduğuna karar vermişler bununla birlikte algoritmalardan hiç birinin ya da hiçbir bant seçiminin diğerlerine bir üstünlüğünün olmadığını göstermiştir.

Stow ve ark (1990), alan kullanımı değişim analizinde çok algılayıcı ve çok zamanlı uydu görüntüsü verisinin oranlamasının temel bileşenler analizinden (PCA) daha doğru sonuç verdiğini ve alan kullanımı değişim değerlendirmesi yöntemi kadar faydalı olduğunu göstermişlerdir. Landsat MSS-SPOT yüksek çözünürlüklü (HRV) (XS) çok zamanlı görüntülere ait kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantların oranlanması ile Landsat MS-Landsat TM çok zamanlı görüntülere ait aynı bantlara oranla %10 daha doğru değişim analizi sonuçları elde edilmiştir. Prakash ve Gupta (1998), Hindistan'da mercan çıkarma bölgesinde alan kullanımındaki değişimlerin tespiti için görüntü çıkarma, görüntü oranlama ve NDVI çıkarma yöntemlerini kullanmış ve

alan kullanımındaki değişiklikleri saptamada bu yöntemler arasında hiçbir belirgin farkın görülmediğini ve her bir metodun kendine özgü bir değerinin olduğunu saptamıştır. Lyon ve ark (1998), arazi örtüsündeki değişimleri saptayabilmek için üç farklı tarihe ait MSS verisinden yedi vejetasyon indisinin karşılaştırmasını yapmış ve NDVI tekniğinin vejetasyon değişimini gösteren en iyi yöntem olduğunu kanıtlamış. Sohl (1999), beş tane metodu yeniden gözden geçirmiş ve değerlendirmesini yapmıştır: tek değerli görüntü çıkarma, sınıflama sonrası karşılaştırma, vejetasyon indeks çıkarma, geliştirilmiş görüntü çıkarma ve değişim vektörü analizi (CVA), doğadaki değişiklikleri belirlemede zengin nitelikli bilgiler veren üstün bir yöntem olduğunu göstermiştir. Hayes ve Sader (2001), tropik orman kayıplarını ortaya çıkarmak için yaptığı analizlerde NDVI, Temel Bileşenler Analizi'ni (PCA), kırmızı yeşil ve mavi bantların kompozisyonunu (RGB), NDVI ile kıyaslamış ve (RGB)-NDVI yönteminin %85 daha doğru sonuç ürettiğini bildirmiştir. Alphan (2006), sulak alanlar ve kumullarda meydana gelen peyzaj değişimlerinin belirlenmesinde NDVI, PCA , fark ve oran görüntülerine ikili değişim tespiti prosedürünü uygulamış, PCA, fark vr majorite görüntüleri en yüksek doğruluğu vermiştir.

Cebir kategorisinde, görüntü çıkarma, değişim tespiti için pratikte en sık kullanılan yöntemdir. Görünür kırmızı bant çıkarma kurak ve yarı kurak alanlarda değişimi belirleyen en iyi yöntem olarak belirlenmiş fakat nemli tropik bölgeler için bunun doğruluğu gösterilememiş. Farklı yazarlar görüntü oranlaması, vejetasyon indeksi, görüntü regresyonu ve CVA arasında hangi yöntemin en uygun yöntem olduğu hakkında farklı sonuçlara ulaşmışlardır fakat sonuç çalışma alanının özelliklerine ve kullanılan görüntü verisine göre değişmektedir. Geri zemin çıkarımı zayıf değişim analizi kapasitesinden dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır.

2.2. Dönüştürme

Dönüştürme kategorisi PCA, KT, Gramm-Scmidt (GS) ve Chi-square dönüşümlerini içermektedir. Bu yöntemlerin avantajı bantlar arasından gerekenden fazla bilgi üretilebilmesi ve bileşenlerden çıkarılan bilgilerin farklı bir şekilde vurgulanabilmesidir. Fakat bunlar detaylı bir değişim matrisi vermezler ve çalışma

alanının tanımlanması için bir eşik değerinin seçilmesine gerek duyarlar. Bir dezavantajda yorumlamanın ve dönüştürülmüş görüntü üzerinde sınıflama yapmanın zor olmasıdır (Lu ve ark., 2004).

Fung ve LeDrew (1987), çok zamanlı MSS ve TM görüntülerinden arazi örtüsü değişimini tespit etmek için PCA ve KT dönüşüm görüntüsü içerisindeki farklılıkları kullanmışlardır ve MSS ve TM verilerindeki KT dönüşümlerinden yeşillilik ve parlaklık farkı değerlerini içeren görüntülerin arazi örtüsü değişimini tespit etmede en uygun yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Fung (1990), arazi örtüsü değişimi analizlerinde görüntü çıkarma, KT dönüşümü ve PCA'ı tanımlamış ve yakın kızıl ötesi yansımalarındaki değişimlerle birleştirilmiş görüntüler ya da yeşillilik (greenness), ürün tipi değişimi ve vejetatif ve vejetatif olamayan öğeler arasındaki değişimin tespitinde kullanılabileceğini tespit etmiştir. Guirguis ve ark (1996), standardize edilmiş ve standardize edilmemiş PCA, görüntü çıkarma ve oranlamasını karşılaştırmıştır ve standardize edilmiş PCA'ın değişimin tespitinde daha kullanışlı olduğunu belirlemiştir. Yapılan diğer çalışmalarda standardize edilmiş PCA'ın standardize edilmemiş PCA'ya göre daha güvenilir değişim tespiti yaptığı vurgulanmıştır (Singh ve Harrison, 1995; Fung ve LeDrew, 1987; Eklundh ve Singh, 1993).

Sunar (1998), arazi örtüsü değişim tespiti için Türkiye İstanbul'da İkitelli bölgesinde, görüntü çakıştırma (image overlay), görüntü çıkarma, PCA ve sınıflama sonrası karşılaştırma yöntemlerini karşılaştırarak PCA ve sınıflama sonrası karşılaştırma yöntemlerinin değişime ait farklılıkları vurguladığını tespit etmiş, her bir yöntemin içeriğine ve yorumuna bağlı olarak farklı özellikleri olduğunu gözlemlemiştir. Collins ve Woodcock (1994), Landsat TM yardımı ile orman kayıplarını haritalamak için doğrusal değişim analizini kullanmış ve çok zamanlı KT dönüşümü ve PCA tekniğinin GS orthogonalization işleminden daha iyi olduğunu ve orman değişimi için KT ıslaklık (wetness) değerinin en geçerli indikatör olduğunu tespit etmiştir. Rogan ve Yool (2001), vejetasyon indislerini (NDVI, Soil Adjusted Vejetation Index (SAVI), Modified Soil Adjusted Vejetation Index (MSAVI) ve bant oranlama TM(7/4), PCA ve KT bileşenlerinin bir kıyaslamasını yapmış ve KT bileşenlerinin Arizona'daki Paloncillo Mountains alanında orman yangınlarının

azalttığı vejetasyon tahribatını tespit etmede 0.66 kappa değeri ile en iyi sonuçları verdiğini göstermiştir.

Dönüştürme kategorisinde PCA ve KT değişen ve değişmeyen alanların tespitinde en sık kullanılan teknikler olmuşlardır. KT dönüşümünün PCA'ya kıyasla bir üstün özelliği de KT dönüşümünün katsayı değerlerinin görüntüden bağımsız olmasıdır. GS ve Chi-square yöntemleri PCA ve KT ile kıyaslandığında daha karmaşık oldukları için pratikte pek yaygın olarak kullanılmazlar. Aynı zamanda GS ve Chi-square uzaktan algılama görüntü işleme programlarında bulunmamaktadır (Lu et al.2004).

2.3. Sınıflama

Sınıflama kategorisi; sınıflama sonrası karşılaştırmaları, yansıma-zamansal bileşim analizleri, maksimum olabilirlik algoritması, EM değişim analizi, eğitimsiz sınıflama değişim analizi, hibrit değişim analizi ve Yapay Sinir Ağları (ANN) yöntemlerini içermektedir. Bu yöntemler sınıflanmış olan görüntüyü temel alırlar, eğitimli sınıflanmış örneklerden oluşan verilerin nitelik ve miktarı iyi bir sınıflama sonucu elde etmek için büyük önem taşımaktadır. Bu yöntemlerin başlıca avantajı değişim bilgileri hakkında bir matris sağlarlar ve çok zamanlı görüntüler arasında atmosferden ve farklı çevresel faktörlerden kaynaklanan etkileri azaltırlar. Fakat görüntüyü sınıflarken yüksek nitelikte ve verimlilikte eğitimli örnek setleri seçmek özellikle geçmişe ait verileri sınıflamada oldukça zordur. Bu yöntemler özellikle yüksek nitelikteki eğitim veri setleri mevcut değilse çoğunlukla tatmin etmeyen değişim analizi sonuçlarının elde edilmesiyle sonuçlanabilmektedir.

Li ve Yeh (1998), maksimum olabilirlik eğitimli sınıflama ile entegre edilmiş PCA yönteminin kentsel alan kullanım değişimini tespit etmede iyi bir yol olduğunu gözlemlemiştir. Silapaswan ve ark (2001), CVA, eğitimsiz sınıflama ve hava fotoğraflarından görsel yorumlama yöntemlerini arazi örtüsü değişimini tespit etmek için test etmişler ve CVA ve eğitimsiz sınıflama sonuçlarının değişimi en iyi şekilde vurguladığı sonucuna varmışlardır. Petit ve Lambin (2001), Zambia'da arazi örtüsü değişiminde değişimin 'nereden-nereye' olduğu konusunda bir çalışma yapmış ve

görüntü çıkarma ile sınıflama sonrası değişim analizi yöntemlerini birleştirerek kullanmışlar, hibrit değişim analizinin sınıflama sonrası karşılaştırma yöntemlerinden daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır. Foody (2001), tahmin edilen arazi örtüsü değişimi için sınıflama sonrası karşılaştırma metodunu kullanmış ve yöntem değişimin büyüklüğünü tespit etmiştir. Wilson ve Sader (2002), orman ürün tipi tespiti için çok zamanlı TM verisine ait NDVI ve Normalized Difference Moisture Index (NDMI) yöntemlerini kullanmış ve RGB-NDMI yönteminin RGB-NDVI yöntemine kıyasla daha doğru sonuçlar ürettiği sonucuna varmıştır. Son zamanlarda yapay sinir ağları (ANN), arazi örtüsü değişimi (Abuelgasim ve ark., 1999, Dai ve Khorram 1999), orman kayıplarının tespiti (Gopal ve Woodcock 1996, Gopal ve Woodcock 1999), orman değişimi (Woodcock ve ark., 2001) ve kentsel alan değişimi (Liu ve Lathrop, 2002) tespiti çalışmalarında kullanılmaktadır. Örneğin Liu and Lathrop (2002), çok zamanlı TM verisini kullanarak kentsel değişim tespiti için ANN yöntemini kullanmış ve bu yöntemin sınıflama sonrası karşılaştırmalara kıyasla %20–30 daha fazla doğrulukta sonuç ürettiğini belirtmiştir.

Bu sınıflama yöntemleri genellikle eğitimli ve eğitimsiz sınıflamada veriden oldukça fazla örnek alanlar alınmasına gerek duyar. Görüntü dönüştürme, vejetasyon indisleri, ileri sınıflama metotları, modelleme ve farklı veri kaynaklarının entegre edilmesi, çoğunlukla sınıflama sonucunun kalitesini artırmak için kullanılır. Pratikte sınıflama sonrası karşılaştırılmalar değişim analizi için sık kullanılan bir yöntemdir. Fakat eski tarihli verileri sınıflamada karşılaşılan güçlük, genellikle değişim analizi sonuçlarını etkilemektedir. Hibrit değişim analizi yöntemi, eşik değer ve sınıflama yöntemlerinin avantajlarını birleştirmektedir. Eşik değer yöntemleri (örneğin görüntü çıkarma) değişim alanlarını tespit etmek için kullanılırken, eşik değer kullanarak üretilen görüntülerin sınıflaması kategori bazlı değişim bilgisinin üretilmesi söz konusu olabilir. Entegre edilmiş yansıma-zamansal değişim analizi yöntemleri ve eğitimsiz değişim analizi yöntemleri değişimin yörüngesinin tanımlanması ve nitelendirilmesi sırasındaki zorluklar yüzünden pratikte pek kullanılmamaktadır. EM yöntemi, öncelikli sınıf olasılıklarının tahmininde yaşanan zorluklar nedeniyle kullanılmamaktadır. Arazi örtüsü sınıfları normal dağılım göstermediği durumlarda

ise ANN yöntemi muhtemel en iyi sonuçları vermektedir. Son yıllarda ANN yöntemi oldukça ilgi çeken bir yöntem olmaya başlamıştır (Abuelgasim ve ark., 1999; Dai ve Khorram 1999; Gopal ve Woodcock, 1999; Woodcock ve ark., 2001; Liu ve Lathrop, 2002).

2.4. İleri Modeller

İleri modeller, Li-Strahler yansıma modeli, yansıma karışım modeli, biyofiziksel parametreler tahmin metotlarını kapsamaktadır. Bu modellerde görüntü yansıma değerleri doğrusal ve doğrusal olmayan modeller arasından fiziksel parametrelere bağlı değerlere ya da kesirlere çevrilmektedir. Dönüştürülmüş parametreler yorumlama ile daha iyi anlaşılabilir ve yansıma işaretlere kıyasla vejetasyonla ilgili bilgileri çıkarmak daha kolaydır. Bu metotların dezavantajı çok zaman almaları ve görüntü yansıma değerlerini biyofiziksel parametrelere dönüştürmek için uygun modelleri geliştirmenin zor olmasıdır.

Bu kategoride doğrusal yansıma karışım modeli (Linear Spectral Mixture Analysis, LSMA) arazi örtüsü değişimi tespiti (Adams ve ark., 1995; Roberts ve ark., 1998), vejetasyon değişimi (Ustin ve ark., 1998; Rogan ve ark., 2002), yaprak kayıpları (Radeloff ve ark., 1999), yangın ve çayırlık modelleri (Wessman ve ark., 1997), kentsel alan değişimi (Kressler ve Steinnocher, 1996), çevre değişimi (Piwowar ve ark., 1998), (Adams ve ark., 1995) ve (Roberts ve ark., 1998), Brezilya Amazonlarında arazi örtüsü değişimini tespit etmek için yeşil vejetasyon, foto-sentetik olmayan vejetasyon, toprak ve gölge öğelerinden oluşan dört faktörle entegre edilmiş LSMA yöntemini kullanmışlar ve bu yöntemin geleneksel sınıflama ve değişim analizi tekniklerinden daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varmışlardır. Rogan et al., (2002), TM verilerini kullanarak Kaliforniya'nın güneyinde vejetasyondaki değişimlerini tespit etmek için çok zamanlı KT ve LSMA yöntemlerini karşılaştırmış ve LSMA yönteminin KT ye kıyasla %5 daha doğru sonuçlar ürettiğini göstermişlerdir. LSMA yönteminde kritik adım, uygun olan öğeleri (endmembers) tanımlamaktadır.

Lu (2001), Amazonia'nın doğusunda yaptıkları çalışmada, toplam yerüstü biyomasının üç biyomasa oranının (RTB), vejetasyon alan ölçüm envanter çalışması da dikkate alınarak mevsimsel orman aşamalarını ayırt etmek için iyi bir biyofiziksel parametre olduğunu gözlemlemiştir. Böylece Lu (2001)' e göre RTB yaklaşımı vejetasyon sınıflarını tanımlamada bir yaklaşım olabilir. Aynı zamanda çok zamanlı RTB görüntülerinin bir avantajı da, çok zamanlı uydu görüntüleri arasında çevresel faktörlerin neden olduğu yansıma farklılıkları kalibre edildikten sonra vejetasyon değişimi de tespit edebilmesidir.

Verimli alan vejetasyon ölçüm değerlerini içeren yeterli yer verisinin olması durumunda mevcut olduğunda Li-Strahler kanopi modeli ve biyofiziksel parametreler tahmin modeli vejetasyon değişiminin nicel tespiti için oldukça uygun araçlardır. Fakat her iki model de zaman alan, kompleks modellerdir. Bununla birlikte sadece vejetasyondaki değişimi tespit etmede başarılıdır. LSMA arazi örtüsü değişimi tespitinde iyi bir yöntem olarak görülmektedir. Bu yaklaşımın en büyük avantajı, sabit, güvenilir ve arazi örtüsü değişimini doğru bir şekilde tespit etmeyi sağlayan nicel sub-piksel değerinin tekrarlanabilir şekilde çıkarabilmesidir.

2.5. CBS

CBS'ye bağlı değişim analizi kategorisinde, CBS ve uzaktan algılama metodu ve CBS'nin entegrasyonu yer almaktadır. CBS'yi kullanmanın avantajı, farklı kaynak verilerini değişim analizi uygulamalarında birleştirebilme özelliğinin olmasıdır. Bununla birlikte farklı kaynaklarla birleştirilen bu veriler değişim sonuçlarını çoğunlukla etkilemektedir.

Lo ve Shipman (1990), CBS yaklaşımı alan kullanımına ait çok zamanlı hava fotoğrafları verisini kullanarak Hong Kong'ta yeni bir kasaba gelişiminin etkilerini araştırmışlar ve görüntü çakıştırma ve ikili maske tekniklerinin her bir alan kullanım kategorisindeki değişim dinamiğinin ortaya çıkarılmasında yararlı olduğunu görmüşlerdir. Son zamanlarda çok kaynaklı verilerin birleştirilmesi (hava fotoğrafları, TM, SPOT ve geçmişe ait tematik haritalar) alan kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) değişim tespiti çalışmalarında özellikle aralarında uzun zaman

periyotları olan birleştirilmiş farklı kaynak, format ve çok ölçekli arazi örtüsü değişimi analizi çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır (Mouat ve Lancaster, 1996; Salami, 1999; Salami ve ark., 1996; Reid ve ark., 2000; Petit ve Lambin, 2001; Chen, 2002; Weng, 2002). Weng 2002, Çin'de Zhujiang Delta'sında alan kullanımı değişimini tespit etmek için uzaktan algılama, CBS ve stokastik modelin entegrasyonunu kullanmış ve böyle bir birleşimin yönü, oranı ve alan kullanım değişiminin yersel örneğini analiz etmede çok verimli bir yöntem olduğunu tespit etmiştir. Yang ve Lo (2002), eğitimsiz sınıflama yaklaşımını, CBS temelli görüntü sınıflaması ve sınıflama sonrası karşılaştırmalarını Georgia, Atlanta'daki kentsel alan kullanımı arazi örtüsü değişimindeki yersel dinamiği haritalamak için CBS ortamında çakıştırmıştır. CBS yaklaşımı çok verili kaynak analizinde birçok geleneksel değişim analizi tekniklerine kıyasla çok daha avantajlı bir yaklaşımdır.

CBS yaklaşımına ait geçmişte yapılan birçok çalışma genellikle kentsel alanlarda yoğunlaşmaktaydı. Bunun sebebi muhtemelen geleneksel değişim analizi tekniklerinin karmaşık bir peyzaja sahip olan kentsel alanlarda zayıf sonuçlar üretmesidir. Böylece güçlü CBS yaklaşımı çok kaynaklı veri işlemede ve çok kaynaklı veri kullanımında değişim analizi teknikleri uygulamalarında yararlı bir araç olmaktadır.

2.6. Görsel Analizler

Görsel analizler kategorisi çok zamanlı görüntü bileşenlerinin görsel yorumlanması ve değişim alanlarının görüntü üzerinde sayısallaştırma işlemlerini içermektedir. Görsel analizler arasından arazi örtüsü-alan kullanımı (AÖAK) değişiminin tanımlanmasında görüntünün yapı, büyüklük ve şekil yapısı anahtar faktörleri oluşturmaktadır. Bu özellikler dijital değişim tespiti analizlerinde büyük çoğunlukla kullanılmazlar çünkü özelliklerin otomatik yöntemlerle belirlenmesi zordur. Görsel yorumlamada bu özellikler başarılı bir şekilde analiz edilerek birleştirilmesi AÖAK değişimi ile ilgili bir sonuca varmada yardımcı olmaktadır. Bu metodun dezavantajı büyük alanları içeren değişim analizi çalışmalarında çok fazla zamana gereksinim duyulması ve değişim analizi sonuçlarının güncellenmesinin zor

olmasıdır. Aynı zamanda değişimin yönü ile ilgili detaylı bilgi sağlamak güçtür (Lu ve ark., 2004).

1970'lerden önce dijital uydu verileri mevcut olmadığı için orman tespit çalışmalarından görsel yorumlama geniş ölçüde kullanılıyordu. Aynı zamanda bilgisayar teknolojisinde ve görüntü işlemede yaşanan yetersizliklerden dolayı birçok veri zayıf kalmaktaydı. Bilgisayar teknolojisinde ve uzaktan algılama tekniklerinde yaşanan büyük ilerlemeler sayesinde dijital bilgisayar uygulamaları görsel yorumlamaların yerini almıştır. Bununla birlikte otomatik görüntü işleme her durumda kullanılabilir olamamaktadır. Örneğin orman gençleştirme ve bozulan alanları tespit çalışmalarını bilgisayar uygulamalarını kullanarak yürütmek oldukça güçtür fakat analiz eden kişinin yeteneğine bağlı olarak görsel yorumlamalar böylesi durumlarda oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Stone ve Lefebvre (1998), Brezilya Para'daki orman gençleştirme çalışmasında kütüklerin yerini ve boyutunu tespit etmede bilgisayar işlemlerinde yaşanan zorluklardan dolayı görsel yorumlamayı tercih etmişlerdir. Loveland (2002), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki arazi örtüsü değişimi ve değişim oranını tespit etmek için çözünürlüğü iyi olan veriler yardımı ile (MSS, TM, ETM+) örneklenmiş proje ile görsel analizi entegre etmiştir. Ayrıca çok zamanlı verilerin renklendirilmiş kompozisyonları arazi örtüsü değişimini niteliksel olarak değerlendirebilmek için iyi bir araçtır (Lu ve ark., 2004).

2.7. Diğer Teknikler

Yukarıda bahsedilen altı adet kategoriye ait değişim analizi tekniklerine ilave olarak bu kategorilere ilave edilemeyen bir takım değişim analizi teknikleri de mevcuttur ve bunlar pratikte çok fazla kullanılmamaktadır. Örneğin Henebry (1993), çayırlık bir alanda oluşan değişimi tespit için TM verisiyle yersel bağımlılığı ölçmüştür. Wang (1993), kentsel alan sınırlarındaki değişimi tespit etmek için bilgi temelli görsel sistemi kullanmıştır. Lambin ve Strahler (1994b), AVHHR verisi kullanarak Batı Afrika'da arazi örtüsü değişimini tespit etmek için vejetasyon indisleri, arazi yüzey sıcaklığı ve yersel yapı olarak 3 indis kullanmıştır. Lawrence ve Ripple (1999), değişim eğrilerini kullanmış ve Hussin ve ark (1994), orman tipi

değişimini tespit etmek için alandan üretilen bir model (area production model) kullanmıştır. Morisette ve ark (1999), arazi örtüsü değişimi tespit için genelleştirilmiş doğrusal model kullanmışlardır. Yellow River Delta'sında değişim analizi çalışması için Curve-theorem yaklaşımı kullanılmıştır (Yue ve ark., 2002).

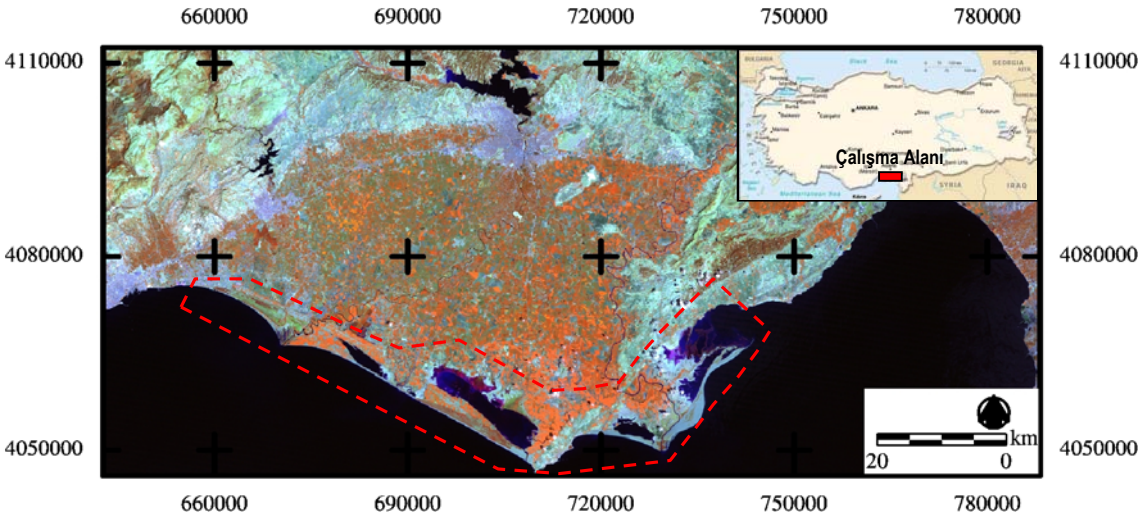
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Çukurova Deltası, Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyısında yer almaktadır. Alan içerisinde Akdeniz'e dökülen üç büyük nehir olan Seyhan, Ceyhan ve Berdan'ın taşıdıkları alüvyonlar sonucunda oluşan Çukurova Deltası Berdan nehrinin denize döküldüğü yerden başlayıp, Yumurtalık lagünün batısındaki Davudi dağlarının oluşturduğu eşik alan sınırına kadar uzanan yaklaşık 120 km uzunlukta bir kıyı şeridine sahiptir (Şekil 3.1).

Alan, yoğun tarımsal kullanımlarının yanısıra, şehirleşme çalışmalarının ve turizm aktivitelerinin etkisi altındadır. Jeoloji, toprak, iklim, hidroloji ve vejetasyon gibi çeşitli çevresel faktörler bu yoğun alan kullanım aktiviteleriyle sürekli iç içedir. Bu ilişki Akdeniz kıyı bölgesinin bu bölgesi için tipik olan özellikleri şekillendirmektedir (Berberoğlu, 1999).



Şekil 3.1. Çalışma Alanı

3.1.1.1. Jeoloji-Jeomorfoloji

Doğu-Bati yönünde yaklaşık 100 km. uzunluğunda ve Kuzey-Güney yönünde 70 km'ye varan genişlikte olan Çukurova Deltası, günümüzdeki görünümünü son Flandriyen transgresyonu ile atmaya başlamış, özellikle Seyhan ve Ceyhan'ın taşıdığı alüvyonların birikmesi ile Çukurova oluşmuştur. Bu nehirlerden Ceyhan 19,5 milyon ton, Seyhan 7,8 milyon ton civarında süspanse malzeme yığmaktadır (Atalay, 1982).

Önceleri Delta alanı Akyatan dolaylarına doğru gelişmiştir. Nitekim Seyhan ve Ceyhan birlikte ayni alana yönelmiştir, fakat Seyhan'ın batıya, Ceyhan'ın ise Bebeli eşiğini aşarak doğuya doğru kayması sonucu her iki nehir aynı alanlara alüvyon yığmaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak deltanın bir noktada gelişme şansı azalmıştır. Öte yandan, Bebeli eşiğinden doğuya doğru kayan Ceyhan'ın, Seyhan'dan daha fazla malzeme taşıması, deltanın gelişmesini doğuya doğru kaydırmıştır (Uzun ve Ark.1995).

Bölgede kumulların bulundukları alanların yüzey şekillerinden, baskın rüzgârların yönlerinden, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak birbirinden belirgin olarak ayrılabilen üç tip kumul oluşumu saptanmıştır;

1. Düz ve alçak kıyı parçalarının denize uzandığı "alçak kıyı" kumul oluşumlar;
2. Akarsuların getirdiği materyallerin dalgaların etkisi ile akarsu ağzını kapatması ve akarsuların kıyıya paralel olarak yatak değiştirdikleri "akarsu ağzı kumulları",
3. Tipik lagün oluşumu sonunda ortaya çıkan 'lagün kordonlar'.

Araştırma alanındaki topoğrafik yapı kumulların yapısına bağlı olarak zaman içinde değişim göstermektedir. Kum tepelerinin yüksekliği 8–10 m. arasında değişmektedir. Fakat yer yer 15 m 'ye kadar çıkabilmektedir (Uzun ve Ark. 1995).

3.1.1.2. Toprak

Çukurova Deltası'ndaki toprakların oluşumunda Seyhan ve Ceyhan nehirleri önemli rol oynamaktadır. Her toprak kuşağında yer alan aluviyal ve koluviyal topraklar Çukurova Bölgesi'nde geniş yer tutar. Bu toprakların çoğu genç olup, genellikle A-C horizonludur ve ender olarak cambic B katmanlarına sahiptir. Bölgedeki hidromorfik topraklar koyu renkli A1 horizonu ve gley katlarıyla su ile doygun ortam koşullarını yansıtırlar (Uzun ve Ark. 1995).

Topraksu Genel Müdürlüğü (1973,1974a ve 1974b)'nün Seyhan ve Ceyhan havzaları toprakları ile ilgili yaptığı çalışmalarda 12 büyük toprak grubu saptanmıştır.

Bu tez çalışmasının yapıldığı Çukurova Deltası'nda ise söz konusu toprak gruplarından 4 tanesi yer almaktadır.

3.1.1.2.(1). Kahverengi Orman Toprakları

Bölgede değişik yaşlı kireçli materyaller üzerinde koyu organik maddece zengin A horizonlu ve cambic B horizonu bulunan yerine alışmış topraklardır.

Çukurova Deltasında bu toprak grubu Karataş-Bahçeköy arasındaki yüksek kesimler ile Yumurtalık'ın kuzeybatı bölümünde denize paralel uzanan yüksek kesimlerde yaygındır.

3.1.1.2.(2). Aluvial Topraklar

Akarsular tarafından taşınan genç toprakları oluşturan aluviyal topraklar, materyal üzerinde renk farklılaşması ile A1 katını oluştururlar.

Çukurova Deltası'ndaki toprakların büyük bir kısmı aluvial topraklardan oluşur. Aluvial topraklar Yumurtalık Dalyanı çevresi, Adalı çevresi, Karataş-Akyatan-Yemişli arasındaki Çakıören, Gölkaya yerleşimlerini

içerisine alan geniş bir alan ile Tuzla ve çevresindeki Tuzkuyusu-Karagöçer'i de içine alan geniş alanlara yayılmıştır.

3.1.1.2.(3). Hidromorfolojik Topraklar

Çukur ve denize yakın alçak kısımlarda ıslak koşullarda, kalın, koyu, A1 oluşumu gösteren topraklardır. Islak koşullarda gelişen sık çayır, sazlar ve diğer bitkiler toprağı organik maddece zenginleştirir. Fakat tuzluluk bu toprak tipinde ağır tekstürden dolayı bir problemdir ve denizden dolayı tuzluluk miktarı artmaktadır.

3.1.1.2.(4). Koluviyal Topraklar

Yerçekimi ve yüzey akışına geçen sularla yüksek yerlerden eteklere taşınmış, zerre büyüklüğüne göre yatay dizilim göstermeyen topraklardır. Çukurova Deltası'nda sadece Ceyhan havzasında yumurtalık ilçesinin kuzeyinde Kalemli'ye kadar uzanan alanda rastlanır.

3.1.1.3. İklim

Çalışma alanında kışları ılık ve yağışlı yazları sıcak ve kurak karakteristik gösteren Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Çukurova Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biridir. Ortalama yıllık sıcaklık 18,7 ºC'dir. Yaz dönemi için ortalama sıcaklık ise 26,9 ºC fakat Ağustos ayında bu değer 28 ºC ye ulaşmaktadır. En soğuk aylardaki sıcaklık ortalaması ise 10,2 ºC'dir. Kayıt edilen en düşük değer –8,1 ºC, -3 ºC dereceye ise yılda 1,5 kere düşülmektedir (DMGM, 1993).

Çukurova'daki yıllık ortalama yağış miktarı (647 mm) genellikle Batı Akdeniz'den daha düşük bir değerdedir. Akdeniz bölgesinin temel karakteristiği sıcak ve kurak yaz ayları boyunca çok az miktarda yağıştır ve yağışın büyük bir kısmı aralık ayında düşmektedir. Kurak dönem boyunca ortalama yağış miktarı sadece 12,51 mm'dir. Bu kuraklık, yarı doğal vejetasyonun ve tarım ürünlerinin

sekilenmesinde önemli bir faktördür. Bunun nedeni, birbirini takip eden uzun kurak dönem sonucunda toprağa sağanakların meydana gelmesi ve çok az miktarda bir suyun toprak tarafından emilebilmesi ve vejetasyon tarafından kullanılabilmesidir. (Berberoğlu, 1999).

Gün içerisindeki bol yağış ve yaz dönemindeki sürekli kuraklığa rağmen kısmi nem yıl boyunca %60–62 oranında sabit kalmaktadır 1.500 m yüksekliğe kadar olan rüzgar hareketleri genellikle yüzey şekilleri tarafından yönlendirilir, örneğin deniz ve karadaki ısı değişiklikleri gibi. Bu etkiler Çukurova' da deniz ve kara rüzgârlarının çok belirgin gün içerisindeki değişimine neden olmaktadır. Düzenli deniz rüzgârlarının mevsimi (güneyden güneybatıya) Nisan'dan Ekim'e kadardır. Kara rüzgârları ise Kasım'dan Mart'a kadar yaygın olmaktadır (Berberoğlu, 1999).

3.1.1.4. Hidroloji

Çukurova Deltası'nın hidrolojik yapısını, denize halen bağlantısı olan eski nehir yatakları, sığ lagünler, tarım arazileri arasında seyrek olarak bulunan göletler, drenaj kanalları ile alanın tüm ekolojik yapısını etkileyen Berdan, Seyhan, Ceyhan nehirleri ve Akyatan, Tuz Gölü gibi irili ufaklı çok sayıda göller oluşturmaktadır (Berberoğlu, 1999).

Lagünlerde su seviyesi ve tuzluluk yaz ayları boyunca artmaktadır. Göllerin ve lagünlerin kapasitesi mevsimlerle belirgin bir şekilde değişime uğramaktadır. Seyhan gölünün ortalama akışı 167 m^3sec^{-1} 'dir. En yüksek ve en düşük akış 2218 m^3sec^{-1} ve 49.5 m^3sec^{-1} dir. Ceyhan Nehri için ortalama akış miktarı 301 m^3sec^{-1}, en yüksek ve en düşük akış miktarları ise sırasıyla 1960 m^3sec^{-1} ve 56 m^3sec^{-1} dir. En yüksek akışa karların erimesinden dolayı Mart ve Nisan aylarında ulaşırlar (D.S.I., 1992).

Kumul alanlar üzerinde sürekli su yüzeyleri bulunmamaktadır. Fakat kumul alanlarında 'ambar' olarak tanımlanan bazı boşluklarda taban suyu yakındır ve kış ayı boyunca su ile dolmaktadırlar. Yüksek taban suları kumul alanlar üzerinde ciddi drenaj problemlerine neden olurlar. (Berberoğlu, 1999).

3.1.1.4. Flora

Deniz ve dağ arasında kalan bölgede karasal, limnic ve marin ekosistemler farklı peyzaj tipleri oluşturmaktadır. Dağlık bölgelerin, nehirlerin, kıyı düzlüklerinin alanda var olması, orman zonundaki çayırlıklar, herdem yeşil iğne yapraklı ormanlar, lagünler, sulak alan vejetasyonu, kumul alanlar, çalılıklar, tuzlu düzlükler gibi farklı biyotopların oluşmasına neden olmaktadır (Berberoğlu, 1999).

3.1.1.5.(1). Kumul Alan Vejetasyonu

Çukurova kıyı bölgesi Türkiye'nin en büyük kumul alanlarına sahiptir. Çukurova'daki kıyı kumulları batıda Berdan Nehri ve doğuda Yumurtalık arasında kalan 9.591 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Kahverengi orman toprakları Karataş yakınındaki kıyı bölgesine yakın bir yerdegörülmektedir. Bu oluşumdan ayrı olarak tüm kıyı alanı (100 km) kumullarla kaplıdır. Kumulların floristik kompozisyonları lokal olarak değişmektedir. Ö-kumul zonu (fore-dune) geniş bir kumul düzlüğünden oluşmaktadır ve *Cakile maritima, Salsola kali, Euphorbia paralias, Eryngium maritimum, Pancratium maritimum, Elymus farktus ve Ipomea stolonifera* baskın türleri oluşturmaktadır. Ambar (dune slack) zonu çok yüksek tabansuyu seviyesine sahiptir. Karakteristik türler *Trachomitum venetum, Imperata cylindrica, Phragmites australis, Juncus maritima,* ve *Inula viscosa'*dır (Berberoğlu, 1994).

3.1.1.5.(2). Halofitler ve Tuzlu Bataklıklar

Tuzlu halofik vejetasyon özellikle Çukurova'nın doğu kıyısında lagün etrafında geniş bir alan kaplar. Bu sınıfı temsil eden vejetasyon tipleri *Arthrocnemum fruticosum*, *Halimione portulacoides, Salicornia europea ve Sueda prostrata*'dır (Berberoğlu, 1994).

3.1.1.5.(3). Tatlı Su Vejetasyonu

Nehir yatakları, sulama ve drenaj kanalları çevresi ve bu sistemlerin taşkın alanlarında yer almaktadır. Buna ek olarak mevsimlik akışa sahip olan küçük dere yataklarında su içinde yüzücü nitelikteki bitkilere rastlanmaktadır. Bu sınıfa ait olan türler; *Thypa latifolia, Phragmites australis, Schoenoplectus lacustris, Polypogon monspeliensis* ve *Iris pseudocorus*'dur (Berberoğlu, 1994).

3.1.2. Alan Kullanımları

3.1.2.1. Tarım

Üç ana nehir olan Ceyhan, Seyhan ve Berdan Toros Dağlarından doğarak Akdeniz'e dökülmektedir. Kış aylarında genellikle ılık ve yağışlı geçen iklim ve alüvyal topraklar alanı tarım için oldukça uygun bir hale getirmektedir ve yılda 3 ürüne kadar tarımsal üretim yapılabilmektedir. Pamuk, buğday ve turunçgiller en önemli ürünlerdir. Tarım ve endüstri birbirleriyle yakın bir ilişki içerisindedir ve bu ova Türkiye'deki en önemli tarım ve endüstri bölgesidir. Çukurova yaklaşık olarak 3,9 milyon hektarlık bir alan kaplamakta ve bu alanın %34,5'i sürülüp ekilebilmekte ve toplamda Türkiye'nin ekilebilen alanlarının %4,8'lik kısmını oluşturmaktadır. Alandan ürün alabilme miktarı Türkiye ortalamasından yüksektir ve günümüzde Türkiye üretiminin yaklaşık olarak %10'luk bir bölümünü kapsamaktadır. Özelikle, alandan elde edilen turunçgiller ve pamuk Türkiye'nin bu alanlardaki toplam üretiminin %69,1 ve % 29,7 sini oluşturmaktadır (Çevik, 1987). Buna ek olarak mısır, soya fasulyesi, karpuz, yerfıstığı ve çeşitli sebzeler de yetiştirilmektedir.

1937 yılında başlatılan baraj çalışmaları temel sulama ağlarını oluşturmaktadır. Sulama, uzun süren kuraklık döneminden dolayı alanda tarım çalışmaları için çok önemlidir.

3.1.2.2. Yerleşim

Adana kenti 1,5 milyon nüfusu ile Türkiye'nin 4.büyük vilayetidir ve Çukurova'daki temel yerleşim alanıdır. Nüfusun büyük bir bölümünün Adana'da ikamet etmektedir. Çukurova'da dağılmış bulunan tarım alanlarıyla kaplı köy yerleşimlerinde ise nüfüsün geri kalan küçük kısmı yaşamlarını sürdürmektedir. Şehirdeki bina yükseklikleri değişken bir aralıkta olup renkleri iklimsel nedenlerden dolayı pastel renkli ya da beyazdır (Berberoğlu, 1999).

3.1.2.3. Turizm

Bitki örtüsü ile kaplı doğal ve kültürel alanlar, kumul alanlar, sulak alanlar gibi farklı ekosistemleri içermesi nedeniyle Çukurova'nın kıyı bölgesi birçok turist için oldukça çekici bir alandır. Alandaki turistik bölgede ağırlıkla kişilerin özel mülkiyetinde bulunan ikinci konutlar yer almaktadır. Bu binalar ekolojik olarak hassas olan kumul alanlar etrafında dağılım göstermektedir. Bu yazlık konutlar son yıllarda Çukurova'nın başlıca kıyı kasabaları olan Karataş ve Yumurtalık tarafında dikkate değer bir şekilde artış göstermiştir. Bu gelişmelere rağmen kıyı bölgesinin büyük bir bölümünde koruma önlemleri özellikle de sulak alanlar civarında oldukça yetersiz kalmaktadır (Berberoğlu, 1999).

3.1.3. Veri Seti

Araştırmanın ana materyalini 21 Temmuz 2005, Temmuz 1993 ve 7 Temmuz 1985 yılları arasındaki Landsat TM uydu görüntüleri oluşturmaktadır. Söz konusu uydu verileri, 30 m yer çözünürlüğüne sahip olup; görünür, yakın ve orta kızıl ötesi dalga boylarında 6 bant içermektir. Araştırma kapsamında uygulanacak teknikler için, bu bantlardan kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantlar tercih edilmiştir.

Bu görüntüler dışında 1/25 000 ölçekli standart topografik haritalar, çalışma alanına ait hava fotoğrafları ve arazi çalışmalarında yersel veri sağlamak ve

doğruluk analizlerinde kullanmak amacıyla GPS (Global Positioning Systems) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

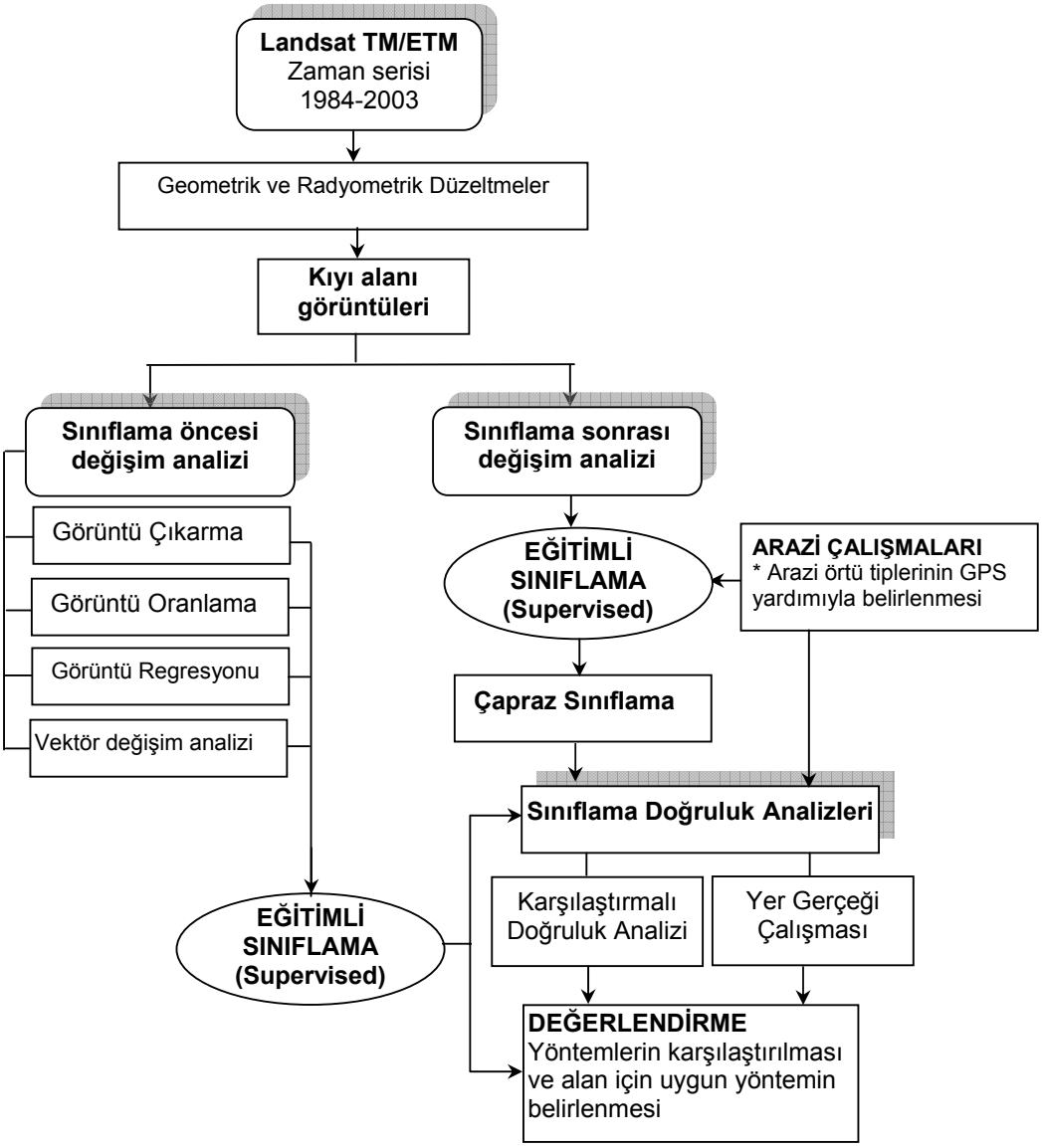
Değişim analizi çalışmalarında en kritik noktalardan biri çalışmanın amacına uygun olarak en uygun değişim analizi tekniğinin seçilmesidir. Farklı değişim analizi yöntemlerinin kendilerine ait farklı değerlendirme yöntemleri olduğundan tek bir yaklaşımın tüm durumlarda uygulanması mümkün olmamaktadır. Pratik olarak, doğru bir uygulama için farklı algoritmalar sürekli olarak karşılaştırılmakta ve değişim analizi sonuçları için en uygunu seçilmeye çalışılmaktadır. Değişim analizleri için yöntem belirleme çalışmaları hala önemini koruyan bir konudur ve gittikçe artan çeşitlilik için yeni yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç vardır.

Araştırmada sınıflama öncesi değişim analizi tekniklerinden görüntü çıkarma (image differencing), görüntü oranlama (image rationing), görüntü regresyonu (image regression) değişim vektörü analizi (Change Vektor Analysis CVA), uydu veri setlerine uygulanmıştır. Teknikler uydu verilerine uygulanmadan önce, uydu görüntüleri, geometrik kayıt (rektifikasyon), atmosferik düzeltme ve radyometrik normalizasyon gibi bir takım ön işlemlerden geçmiştir. Araştırmanın genel akış şeması Şekil 3.2' de verilmiştir.

3.2.1. Geometrik Kayıt

Dijital bir görüntü, temel olarak radyometrik özelliklerin ve konumsal bilgilerin her ikisine birden sahip olan, iki boyutlu piksel dizilerinden oluşur (Fogel, 1997). Rektifikasyon, görüntülerin doğal olarak sahip oldukları bozulmaların giderilmesiyle, hatasız (en az hatalı) hallerinin elde edilmesi işlemidir.

Dijital görüntülerin rektifikasyonunda polinomal rektifikasyon, projektif rektifikasyon ve diferansiyel rektifikasyon olmak üzere üç ana yöntem kullanılır.



Şekil 3.2. Çalışma Yönteminin Akış Şeması

Geometrik görüntü dönüşümünün ilk adımı piksel koordinat dönüşümüdür. Piksel koordinat dönüşümünde amaç, giriş görüntüsündeki piksellerin, sonuç görüntüsündeki koordinatlarını hesaplamaktır. Burada büyük çoğunlukla görüntü evrensel enlem/boylam ya da UTM (Universal Transverse Mercator) gibi bir koordinat sistemine oturtulur. İkincisi ise sonuç görüntüdeki piksellerin parlaklığını

hesaplamakta kullanılan gri düzey enterpolasyonu yani yeniden örneklemedir (Temiz ve Doğan, 2005).

Veriye koordinat girişi yapılırken ya görüntüde konumu belirgin (ör. yol kesişmeleri, keskin görünen detaylar gibi) yer kontrol noktalarından (GCP.ler) Global Positioning System (GPS) yardımı ile ile bu toplanan X ve Y koorninat noktaları düzeltilmek istenen görüntüye girilir ya da sayısallaştırılmış haritalar ile uydu görüntüsü ilişkilendirilerek rektifikasyon işlemi yapılır. Daha sonra dönüştürülen görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğunu test etmek için aynı noktanın konumları arasındaki uzaklık hesaplanır [Erdas Field Guide,1991]. Bu uzaklık Karesel Ortalama Hata (root mean square error, RMSE) olarak adlandırılır. Özellikle değişim analizlerinde hata bu hata payının 1 pikselden az olması oldukça önemlidir. Çünkü yapılan analizi sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

3.2.2. Atmosferik Düzeltme

Çok zamanlı uzaktan algılanmış verilerin en büyük avantajlarından biride zaman aşımı oluşan değişimin tespit edilmesinde sağladığı kolaylıktır (Robinove ve ark., 1981; Jensen ve Toll, 1982; Fung, 1990; Chavez ve MacKinnon, 1994). Bununla birlikte bu verilerdeki faydasız etkileri uzaklaştırmak için kullanımı kolay, maliyet açısından uygun, doğru bir radyometrik kalibrasyon ve düzeltme gerekmektedir. Atmosferik etkiler dalga boyuna bağlıdır ve uyduya gelen radyans değerlerini dağıtma, emme ve ışığı kırma yönünde etkilerler (Curcio, 1961; Turner ve ark., 1971; Sabins, 1978; Slater ve ark., 1983). Bu etkileri düzeltmek için algılayıcının kazanım (*gain*) ve kayıp (*offset*) değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanında, solar enerji, solar zenit açısı (solar zenith angle) değerleri de uydu tarafından kayıt edilmiş dijital değerleri yeryüzü yansıma değerlerine çevirmek için atmosferik düzeltmede mutlaka bilinmesi gereken değerlerdir. Doğru atmosferik düzeltme sonuçlarını elde etmek için atmosferik ölçümleri ve dağılım transfer kotlarını kullanan (radiative trasnsfer codes, RTC) bir modele ihtiyaç vardır. Böyle bir teknik kullanılarak yapılan düzeltme çalışmalarının başlıca

dezavantajı, her bir uydunun gözlemi sırasında alan ölçüm değerlerine gereksinim duyulmasıdır. Bu birçok durumda elde edilmesi güç bir veridir (Chavez, 1996).

En uygun atmosferik düzeltme prosedürü tamamen dijital görüntüye bağlı olan ve uydu gözlemi sırasında herhangi bir alan gözlem değerine gereksinim duymayan bir modeldir. Koyu obje çıkarma (Dark Object Subtraction, DOS) görüntü temelli bir yöntem olmakla birlikte birçok uygulamada doğruluğu kabul edilemeyen bir yaklaşımdır çünkü sadece dağılma etkisini düzeltmektedir (Chavez, 1996).

İki yöntem bu sorunların giderilmesinde oldukça başarılıdır. Cos(t) modeli ya da Cos(TZ) atmosferik geçişin tahmin edilmesinde etkili bir yöntem olan solar zirve açısını kullanarak düzeltme yapmaktadır. TAUs metodu ise farklı uyduların gözlemi sırasında gözlemlenen alanların atmosferik ölçüm değerlerini kullanarak geçiş değerlerinin ortalamasını hesaplamaktadır (Chavez, 1996).

3.2.2.1. Radyans Kalibrasyonu

Bir uydu görüntüsündeki piksel değerleri, algılayıcıya ulaşan yansıma değerlerini basitçe dijital rakamlar (Dijital Numbers, DN) olarak isimlendirilen kalibre edilmemiş değerler halinde ifade eder. Bazen bu DN'ler parlaklık değeri olarak da ifade edilirler. Uzaktan algılamadaki birçok uygulamada (örneğin tek bir görüntünün eğitimli olarak sınıflanması) bu değerlerin çevrilmesi gerekmez. Fakat farklı algılayıcılardan alınmış (örneğin, Landsat 2-Landsat 5) bazı görüntülerde karşılaştırmalı analizler için DN değerlerinin kesin yansıma değerlerine dönüştürülmesi mutlaka yapılması gereken bir işlemdir. Her bir algılayıcının DN değerlerini kaydetmek için kendine özel kalibrasyon parametreleri olduğu için, iki farklı algılayıcı tarafından kaydedilmiş olan iki görüntüdeki aynı DN değerleri farklı yansıma değerlerini ifade edecektir (Eastman ve ark., 2005).

Genellikle tarayıcılar kalibre edilmiş olduğundan, DN değerleri ve yansıma değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu doğrusal fonksiyon tipik olarak görüntüdeki DN değerlerinin dağılımı ve tarayıcılar tarafından ölçülen yansıma bandı genişliğindeki en düşük (Lmin) ve en yüksek (Lmax) yansıma

değerleri şeklinde ifade edilmektedir. Büyük çoğunlukla veriler 8 bitlik veriler şeklinde yani 256 adet DN verisine karşılık gelecek şekilde dağılırlar. Lmax yansıma değeri en yüksek DN' e karşılık gelir (çoğu zaman bu 255 olmaktadır). Sadece her bir algılayıcı değil aynı zamanda her bir algılayıcıdaki her bir bant kendine özel Lmax ve Lmin değerlerine sahiptir. Uzaktan algılanmış veride DN değerlerinin yansıma değerleriyle ilişkisi şu Eşitlik 3.1 ile ifade edilmektedir (Eastman at. al., 2005):

$$L = Lmax \left\{ \frac{- Lmin}{255} \right\} DN + Lmin \qquad (3.1)$$

Burada L, $Wm^{-2}\ sr^{-1}$ olarak ifade edilen yansıma değeridir.

Alternatif olarak algılayıcı kalibrasyonu kayıp ve kazanım değerleri temel alınarak da yapılabilmektedir. Bu durumda yansıma değeri şu şekilde hesaplanır: (Eastman ve ark., 2005).

L = kayıp + (kazanım*DN)

Aynı zamanda kayıp/kazanım ve Lmax/Lmin arasında su dönüşümde yapılabilmektedir:

Kayıp = Lmin and

Kazanım = $\frac{Lmax - Lmin}{255}$ ya da;

Lmin = Kayıp

Lmax = (Kazanım*255) + Lmin

Bir sonraki aşamada uydu radyans değerleri atmosferik ve solar etkilerde düzeltilerek yeryüzü yansıma değerlerine çevrilmelidir. Bu işlemi yapan genel bir eşitlik aşağıdaki gibidir (Moren ve ark., 1992).

$$REF = \frac{(PI * (Lsat - Lhaze)}{(TAUv * (Eo * Cos(TZ) * TAUz + Edown)} \quad (3.2)$$

Burada;

REF = Yeryüzü yansıma değeri

Lhaze = Radyans yönünde yüksekte dağılan atmosferik yansıma ve algılayıcı girişi ve algılayıcının bakış açısı (Wm^{-2} sr^{-1} μm^{-1}) örneğin geçiş yolu radyansı (path radiance).

TAUv = Yeryüzünden algılayıcıya kadar olan atmosferik geçiş.

Eo = Atmosfer dışındaki güneş ışınlarına dik olan yeryüzündeki solar yansıma enerjisi (Wm^{-2} μm^{-1}) Eo değeri güneş ile dünya arasındaki mesafeyi de içermektedir ve astronomik birimler içerisinde bulunmaktadır (Aus yılın bir zamanın fonksiyonudur).

TZ = Direk solar akışının Dünya yüzeyindeki açısı

TAUz = Güneşten dünya yüzeyine doğru olan yol boyuncaki atmosferik geçiş

Edown= Atmosferdeki solar akış yüzünden yeryüzünde alçaktaki yansıma enerjisi (Wm^{-2} μm^{-1}).

Bütün radyometrik düzeltme yöntemleri bu genel denklem ile başlar fakat bazı parametreleri bir takım varsayımlar doğrultusunda elimine ederek uygulamada bir takım farklılıklar gösterirler. Veri hakkındaki mevcut bilgiler ve atmosferik koşullar hangi varsayımların yapılacağı konusunu belirler.

3.2.2.2. Atmosferik Düzeltme Yöntemleri

Genel olarak atmosferik düzeltme uydunun algılama sırasında oluşturduğu dijital rakamları yeryüzü yansıma değerlerine çeviren bir uygulama olarak tanımlanır (örneğin kesin yüzey yansıma değerleri). İlk olarak modele bağımlı kalmaksızın, dijital rakamları, kazanım ve kayıp değerlerini görüntüden uzaklaştırarak uydu radyans değerlerine çevirmek gerekir. Eğer çizgi (striping, gürültü (noise) etkisi istatistiksel yöntemlerle görüntüden uzaklaştırılmış ise bu

kazanım ve kayıp değerleri de düzeltme sürecinde mutlaka bulunmalıdır (Du et al., 2002).

3.2.2.1.(1). Belirgin Yansıma Modeli

Bu model uydu radyans değerlerini yansıma değerlerine çeviren oldukça basit bir yöntemdir. Görüntüdeki düzeltmeyi yaparken spektral bant solar enerji ve solar zirve açısını kullanır fakat atmosferik dağılma ve emilmeyi düzeltmez. Bu modelin başlıca avantajı çok basit bir yöntem olmasıdır. Aynı zamanda herhangi bir alan ölçüm değerine, atmosferik optik derinliğine ya da atmosferik parametlere ihtiyaç duymaz. Özellikle Landsat 1 ve 4 için pek doğru sonuçlar vermemesi bir dez avantajdır (Moren ve ark., 1992). Düzeltmeler değişen algılayıcı karakteristikleri yüzünden kesin olmayan kazanım ve kayıp değerlerine bağımlıdır. Eşitlik 3.2'de genel olarak verilen radyans-yansıma çevirme denklemi için aşağıdaki modeli kullanılır: (Chavez,1996).

TAUz = 1,0 (atmosferik geçişi ihmal etmektedir),

TAUv = 1,0 (atmosferik geçişi ihmal etmektedir),

Edown = 0,0 (düşüş (downwelling) değerini ihmal etmektedir),

Lhaze = 0,0 (geçiş yolu radyansından dolayı oluşan dağılmayı ihmal etmektedir).

3.2.2.1.(2). Koyu Obje Çıkarma (Dark Object Subtraction, DOS)

İdeal bir durumda, radyometrik olarak 'koyu' olan bütün nesneler bütün dalga boylarında sıfır yansıma değerindedir. Koyu obje çıkarma yönteminde, algılayıcı sisteme gelen herhangi bir koyu obje değerinin atmosferik geçiş yolu radyansından olduğu varsayılmaktadır (Chavez, 1996). Böylece koyu objeler için görüntüde en düşük DN'i veren değer seçilir ve dağılma etkilerini azaltmak için bu değer görüntüdeki diğer bütün DN değerlerinden çıkarılır. Geliştirilmiş koyu obje çıkarımında önemli olan nokta topografik ve gölge etkilerinin minimum olduğu

zaman pus (haze) değerinin seçiminde problemlere sebep olabilecek her bir spektral bandın histogram değerlerini ayrı ayrı kullanmak yerine birbiriyle ilişkili olan yansıma bant pus değerlerinin seçilmesidir. Koyu objeleri görüntüden çok dikkatli seçmek gerekir. Çoğunlukla seçilen objeler su kaynakları ve gölgede kalmış koyu vejetasyondur (Chavez, 1996; Song ve ark., 2001). DOS basit bir yöntemdir ve birçok uygulamada çoğunlukla kullanılmaktadır fakat DOS yönteminin doğruluğu, atmosferik dağılma etkilerini azaltmasına rağmen diferansiyel atmosferik geçiş etkisini düzeltemediği için bazı uygulamalarda kabul görmeyebilir (Chavez, 1996). Bazı genişletilmiş DOS yöntemleri solar zenit açısının kosinüs değerini veya atmosferik aerosol etkilerini, diferansiyel atmosferik geçiş etkisinin doğruluğunu artırmak için birleştirebilmektedir (Song et al., 2001).

Belirgin yansıma modelindeki aynı parametleri düzeltmesinin yanında DOS yöntemi geçiş yolu radyansı dolayısıyla oluşan atmosferik dağılmayı da düzeltmektedir.

Eşitlik 3.2'de genel olarak verilen radyans-yansıma çevirme denklemi için DOS aşağıdaki modeli kullanır: (Chavez, 1996)

TAUz = 1,0 (atmosferik geçişi ihmal etmektedir),

TAUv = 1,0 (atmosferik geçişi ihmal etmektedir),

Edown = 0,0 (düşüş değerini ihmal etmektedir),

Lhaze = koyu obje çıkarımının kriterleri kullanılarak dijital görüntüden çıkarılan değer.

3.2.2.1.(3). Morans ve Arkadaşlarının Modeli

Morens ve ark (1992)'e göre Eşitlik 1 için gereken parametlerin çıkarılmasında bir takım farklı modeller vardır (HBV ve 6S). Bu parametler alan ölçüm değerlerinin ya da atmosferik bilgilerin kullanılması ile elde edilen RTC

değerlerinin kullanılmasını içermektedir. Eşitlikte genel olarak verilen radyans-yansıma çevirme modeli için aşağıdaki kriter kullanılır (Chavez,1996):

$$TAUz = EXP (- del * sec(TZ)) \quad (3.3)$$

$$TAUz = EXP (-del * sec(TV)) \quad (3.4)$$

Burada "EXP" üstel değer, "sec" saniye, del verilen bir dalga boyu için alan gözlemi sırasında ölçülen optik kalınlık değeri, "TZ" ve "TV" bakış açısıdır. Edown alan ölçüm gözlemleri sırasında yapılan atmosferik değerler ya da benzer atmosferlerden hesaplanan değerleri ve Lhaze ise DOS Lhaze prosedürü kullanılarak ya da arazi gözlemleri veya benzer atmosferlerden hesaplanan değeri temsil etmektedir. Bu yöntem ile yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmektedir. Fakat atmosferik ve alan ölçüm değerlerine gerek duyulduğu ve bu tür verileri elde etmek oldukça güç olduğu için kullanılması pratik bir yöntem değildir (Chavez, 1996).

3.2.2.1.(4). Geliştirilmiş Görüntü Temelli Yöntem

Geçiş etkisini alan ölçüm ve atmosferik değerlere bağımlı kalmadan düzelten iki metot bulunmaktadır. İlk yöntem TAU değerlerini tespit edebilmek için alan ölçümlerine bağlı kalmadan doğrudan hesaplama yapmaktadır.

Yansıma optik derinlik ve solar zenit açısı değerlerini kullanarak TAUz değerleri hesaplanmaktadır. Solar zirve açısının kosinüs değerini almak TAUz değeri tahmini için iyi bir yöntemdir. Bazen TM bantlarından 1 ve 2 için bazen de 3 ve 4 için diğer bantlara kıyasla iyi bir tahmin yapılabilmektedir. Eşitlik 3' tende görüleceği üzere geçiş, doruk zirve açısının (TZ) ve optik derinliğin (del) bir fonksiyonudur. Birçok kabul gören görüntüde TZ 30 ile 55 derece arasında, del ise 0.08 ile 0.30 derece arasında yer almaktadır. Böylece EXP (-del * sec(TZ)) fonksiyonu içerisinde sec(TZ) deki değişim del deki değişimden 2,7 kat daha büyüktür bu da TZ değerinin daha baskın bir değişken olduğunun bir göstergesidir. Bu nedenle üstel fonksiyonu tahmin etmek için TZ ye sıkı bir şekilde bağımlı

olunması kabul edilebilir. Bu deneysel olarak gözlemlenen ilişki ilk yöntem olarak TAUz değerlerinin tespit edilmesinde kullanılmıştır. Solar zirve açısının kosinüs değerleri TZ ve EXP(-del*sec(TZ)) arasındaki deneysel olarak gözlemlenen ilişkiyi güçlendirmek için bu iki serinin güçlendirilmiş ve genişletilmiş fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu güçlendirilmiş serinin ilk dört terimi Eşitlik 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.

$$Cos(TZ) = 1 - TZ^2/2! + TZ^4/4! - TZ^6/6! \quad (3.5)$$

$$EXP\ (\ -del*sec(TZ)) = 1 - del*sec(TZ + (del^2)*(sec(TZ)^2/2! - (del^3)*(sec(TZ)^3/3! \quad (3.6)$$

Solar zirve açısı TZ radyans cinsindendir ve! faktörel değerini ifade etmektedir (Chavez.,1996).

TAUz değeri için solar zirve açısının kosinüsünün alınması DOS yönteminin sonuçlarını oldukça güçlendirmektedir. Aslında sonuçlar HBC ya da 6S yöntemlerindeki kadar doğru olmaktadır (Chavez,1996).

Basit, uygulaması pratik ve tamamen görüntü temelli olan başka bir yöntemde, görüntü için bir takım bilgiler elde edilemiyor ise Cos(t) model yerine kullanılabilir. Bu yöntemde daha önceden belirlenmiş TAUz değerlerini kullanmaktadır. Bu model içinde Eşitlik 3.2' de gösterilen genel radyans-yansıma eşitliğinde şu kriterler uygulanmaktadır.

TAUz = Cos(thetaz) for the cost model

TAUv = Cos(thetav) = 1,0 çünkü aşağı nokta bakış açısına göre thetav 0 dereceye eşittir.

Edown = 0,0 (Düşüşü ihmal ediyor) ve

Lhaze = Koyu obje çıkarımı kriterlerini kullanarak dijital görüntüden elde edilen değerdir (Chavez, 1996).

Çalışma kapsamında yukarıda bahsedilen çeşitli atmosferik düzeltme yöntemlerinden Chavez (1996) tarafından geliştirilen Cos(t) modeli kullanılmıştır.

3.2.3. Radyometrik Normalisazyon

Çevresel izleme için dünyanın uydular ile gözlenmesi oldukça önem taşımaktadır. Geniş alanlara ait yersel senkronizasyon ve zamansal gözlem tekrarları günümüzde de önemi hızlı bir şekilde artan, çevresel izleme için kullanılan verinin nicelik ve nitelik olarak kalitesini oldukça artırmaktadır. Dünyanın kavisli yüzeyinden uzaktan algılanmış veriler iki boyutlu düzlemde geometrik bozulmalarla ifade edilir. Farklı atmosferik koşullar, güneş aydınlatma açısından kaynaklanan farklılıklar ve algılayıcı kalibrasyonundan kaynaklanan girdilerden dolayı iki farklı görüntü arasında radyometrik kararlılığı yakalayabilmek oldukça zorlaşmaktadır. Bundan dolayı arazi örtüsü değişim tespiti çalışmalarında çeşitli görüntü ön hazırlık yöntemleri arasında geometrik kayıt ve radyometrik kalibrasyon oldukça önem kazanmaktadır: (Coppin and Bauer, 1996).

Hedef seçilen bir nesnede, algılayıcıların zaman içerisinde farklı tepkiler vermesinin bir takım sebepleri vardır:

1. uydu algılayıcı kalibrasyonunda zaman içerisinde meydana gelen değişimler
2. aydınlatma ve gözlem açısında meydana gelen farklılıklar,
3. atmosferik koşullarda meydana gelen değişimler,
4. hedef seçilen objede zaman içerisinde meydana gelen değişimler.

Radyometrik normalizasyonun amacı, yüzey yansımalarını elde etmek için güncel değişimler dışında hedef olarak seçilen objelerde yukarıda sayılan nedenlerle oluşan etkileri ortadan kaldırmak ya da telafi etmek (kesin radyometrik düzeltme) ya da farklı koşullar altında elde edilen dijital sayıları ortak bir ölçeğe getirmek olarak ifade edilir (göreceli radyometrik düzeltme) (Du ve ark., 2002).

Arazi örtüsü değişim tespiti çalışmalarında çok zamanlı uydu verilerinin radyometrik normalizasyonu çalışmalarında yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu

yöntemde, birçok görüntü içerindeki hedef olarak seçilen yalancı değişmeyen objelerin (Pseudo Invariant Objects, PIFs) yansımalarının kullanılması esastır. Böylece görüntülerin sanki aynı algılayıcı tarafından, aynı ideal atmosferik koşullarda ve kalibrasyonda olduğu varsayılmaktadır ve yüzey yansımalarının kesin yansıma değerlerine gerek duyulmamaktadır. Normalde zaman içinde sonucunda yansıma değerleri değişmeyen objelerin bulunması güçtür ve bu objeler yeryüzünde hiç olmayadabilir. Bu yüzden PIFs varsayımlarının içeriği yansıma değerlerinin değişmediği yaklaşımıyla birlikte kabul edilmiştir. PIFs ler temel bileşenler analizi (PCA) ve nitelik kontrolü (quality control) ile seçilmektedir. PCA, çok sayıda bant içinde yer alan değişkenliğin az sayıda bant içinde ifade edilmesini sağlamaktadır. PCA'da yatay ve düşey bileşenler döndürülerek piksellerin spektral uzaydaki koordinatları ve veri dosyasındaki değerleri değiştirilmektedir. PCA'ın önemli bir özelliği de tüm bir görüntü serisinin bir bütün olarak analiz edilebilmesi ve sonrasında da değişimlerin 'en fazla' dan 'en az' çarpıcı olana göre sıralanabilmesidir (Alphan, 2004). Aynı bölgeye ait çok zamanlı uydu görüntüleri referans olan bir radyometrik seviye ile PIFs ler kullanılarak ortak bir radyometrik ölçeğe getirilmektedir. Burada süreç objektiftir ve düzeltilen görüntüler herhangi bir radyometrik çözünürlük kaybına uğramazlar. Radyometrik normalizasyon işleminin doğruluğu temel bileşenler analizi yöntemi ile test edilmektedir (Du ve ark., 2002).

Bu yeni metotta kabul edilen PIFs varsayımları şunlardır (Du ve ark., 2002):

1. Düzeltme işlemi için seçilen PIFs objelerine ait piksel değerlerinin yansıma özellikleri arazi örtüsü gözlemleri boyunca değişmeden kalmıştır.
2. Bu süre içerisindeki görüntüye ait dijital değerler normalizasyon işlemi için seçilen bütün PIFs' ler için doğrusaldır ve yersel olarak homojendir.
3. PIFs için görüntüdeki dijital değerlerdeki değişimi oluşturan etkiler birbirinden bağımsızdır ve toplam etkiler bireysel etkilerin bir lineer toplamıdır.
5. Sürekli olarak meydana gelen değişimler seçilen alanlarda yer almaz.

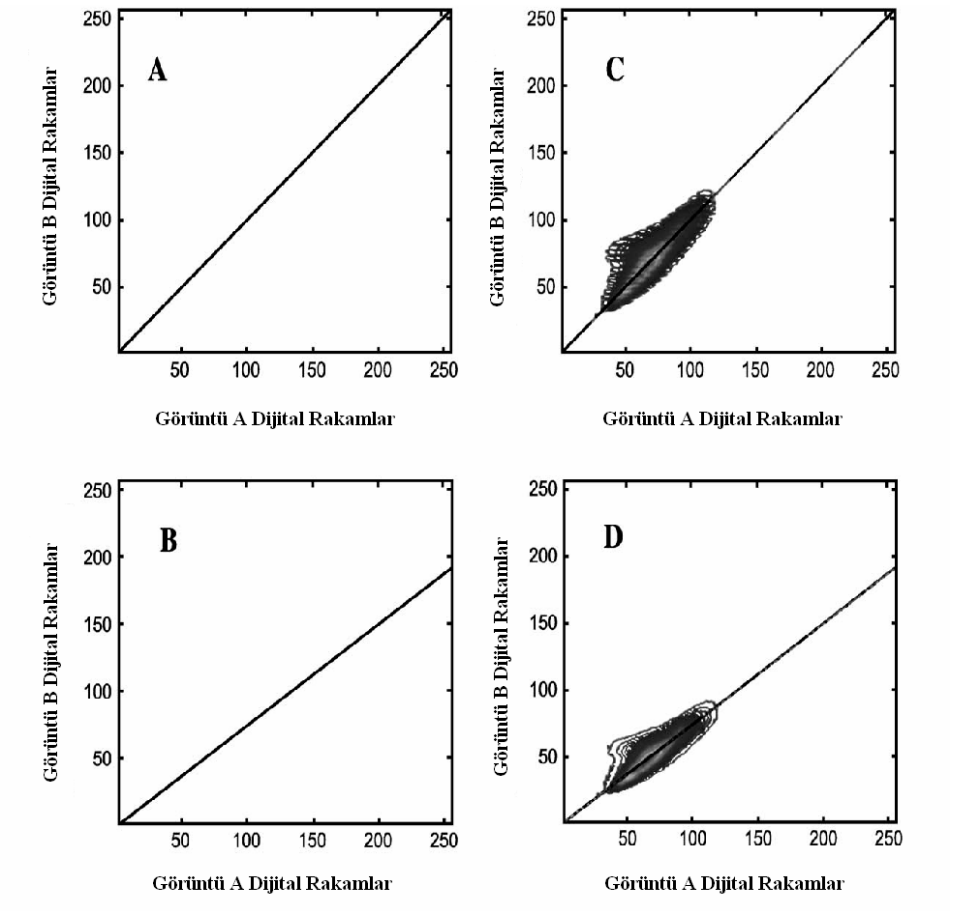
3.2.3.1. Pratik Stratejiler

PİFs varsayımları PİFs seçimindeki prensipleri sağlar. Eğer bütün seçilen yalancı öğeler PİFs varsayımlarını tatmin ediyorsa radyometrik normalizasyon doğru sonuçlar üretir. Pratikte bu yalancı değişmeyen öğelerin seçilmesi oldukça zordur çünkü yeryüzünde yansıma değerleri zaman aşımı sonucu değişmeyen objelerin bulunması çok nadirdir. Bu nedenle PİFs leri bulmak için pratik bir yola gereksinim duyulmaktadır. Hall ve ark (1991), bu öğeleri siyah ve parlaklık olarak iki veri seti kullanarak seçmişlerdir. İki sette farklı görüntülerden görsel kontrolle seçilmiştir. Hall ve arkadaşları iyi bir sonuç üretmelerine karşılık bir takım problemler çözümsüz kalmıştır. Bunlardan ilki analizcinin seçimine bağlı olan görsel kontroldür. İkincisi ise normalisazyona ait kazanım değerlerinin bazıları bütünden (unity) daha düşük değerler olabilir ya da kayıp değerleri sıfırdan küçük olabilir. Buda ileriki uygulamalarda radyometrik çözünürlük kaybına neden olabilmektedir. Çünkü dijital görüntü verileri genellikle tamsayı formatında depolanmaktadır. Bu değerler bütünden küçük olan kazanım değeri ile çarpıldıklarında dijital değerlerin aralığı düşmektedir ve böylece bir takım veri kayıpları söz konusu olmaktadır. Son problem ise nicelik kontrolünün eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Pratikte hava fotoğrafları ve yer kontrol verileri her zaman mümkün olmamaktadır (Du ve ark., 2002).

Bütün bu sorunları ortadan kaldırmak için yeni ve pratik bir yöntem olan PIFs yöntemi geliştirilmiştir. Öncelikle lineer etkilerin farklı görüntüler arasında PIFs'lerde değişim meydana getirdiği ve aynı lineer etkilerin seçilen bir görüntüdeki bütün PIFs'leri etkilediği varsayılır. Örneğin lineer etkiler bütün görüntü boyunca yersel olarak homojendir. Bir alana ait n tane görüntü normalize edildiğinde bütün görüntüler aynı coğrafik koordinat sistemine oturtulur ve ortak bir alan seçilir. PIFs varsayımları altında PCA ile oluşturulan temel eksenin eğiminin bütün (ünity) olması gerekir ve eğer iki görüntü herhangi bir arazi değişimi olmaksızın tam olarak aynı ise ve doğrusal etkiler yoksa herhangi bir görüntüye ait dağılım haritasının düz bir çizgi olması gerekir (Şekil 3.3-A). Eğer iki görüntü arasında arazi örtüsü değişimi yoksa doğrusal etkilerin temel eksen üzerindeki

eğimi unity den büyük ya da küçük olmaktadır (Şekil 3.3-B). Böylece doğrusal etkiler olmadan arazi örtüsü değişimi, genellikle iki görüntü arasındaki serbest dağılım haritasının eliptik bir şekilde olması ile sonuçlanmasına neden olur (Şekil 3.3-C). Eğer iki görüntü arasında hem arazi örtüsü değişimi hem de doğrusal etkiler gerçekleşmişse temel eksen üzerindeki eğim bütüne eşit olmaz ve dağılım haritası eliptik bir şekil alır (Şekil 3.3-D). Radyometrik normalizasyonun amacı görüntüyü şekil D den sekil C ye çevirmektir (Du ve ark., 2002).

PCA'dan sonra temel eksen boyunca piksel değerleri doğrusal etkilerden etkilenmiş PIFs ler olarak dikkate alınabilirler. Bu durumda sadece eğer temel eksen bulunursa doğru PIFs'ler kolayca seçilir. Pratikte temel eksenin hesaplanması



Şekil 3.3. Radyometrik Normalisazyon Süreci

PCA ya katılan piksel değerlerine bağlıdır. Bu nedenle temel eksenin tanımlanması iki aşamada yapılır. İlk olarak eğer görüntüde bulut varsa bu etki uzaklaştırılır (Guindon, 1997). İkinci olarak aynı bölgeye ait iki görüntü arasındaki dijital değerler arasındaki fark sınırlı olmalıdır. Eğer fark belli bir değerin ötesindeyse hedefler bir PIFs adayı olarak dikkate alınmaz. Geriye kalan bütün pikseller temel ekseni elde etmek için PCA da kullanılır.

3.2.3.2. Nitelik Kontrolü

İyi sonuçlar elde etmek için radyometrik normalizasyonda nitelik kontrolü oldukça önemlidir. Daha önceki çalışmalarda yer kontrol noktaları ve hava fotoğrafları uydu verilerinde doğruluk analizlerinde kullanılmıştır (Hall ve ark., 1991). Fakat bu tür verileri elde etmek birçok durumda mümkün olmayabilir.

İlk olarak +,-*l* aralığında bulunan birincil temel eksen değerleri bulunur, iki görüntüden de elde edilmiş PIFs ler için lineer korelasyon katsayısı (*r*), bulutlu pikselleri ve eğer istenirse sulak alanları uzaklaştırmak maksimum fark limiti ile eşik değer uygulandıktan sonra hesaplanır. Eğer doğrusal korelasyon sayısı 0.9 dan küçükse veri seti PIFs olarak seçilmemelidir çünkü PIFs varsayımları bu değerden büyüktür.

Böylece eşik değerleri fark limit değeri ve *l* daha iyi bir korelasyon katsayısı elde etmek için geliştirilmelidir. Doğrusal korelasyon katsayısının 0.9' dan büyük olduğu durumlarda ise eşik değeri, fark limit değeri ve *l* değeri tanımlanabilir çünkü bu iki görüntüye ait piksel değerleri arasında kuvvetli bir doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Genellikle değerler bütüne ne kadar yakınsa doğrusal korelasyon katsayısı seçilen PİFs'ler için o derecede yüksek doğruluktadır (Du ve ark., 2002).

İkinci olarak radyometrik normalizasyonun sonuç değerlendirmesinin yapılmasıdır. PİFs'lerin seçiminde PCA yöntemi kullanıldığı zaman temel eksenin eğimi doğruluğun iyi bir güvencesidir. (Du ve ark., 2002). Daha sonra bütün veriler birincil kazanım ve kayıp değerlerine göre işleme sokulurlar. Daha sonra PCA bu işleme sokulmuş görüntülere uygulanır.

Eğer temel eksenin eğimi bütüne yakınsa iki görüntü arasında radyometrik normalizasyon istatistiksel olarak iyi değerlendirilir. Aksi taktirde nitelik kontrol parametleri üzerinde (fark limiti, eşik değerleri ve *l* aralığı) bütüne yakın bir eğim değeri buluncaya kadar çalışılmalıdır (Du ve ark., 2002). Bu kapsamda çalışmada izlenen akış şeması Şekil 3.4' te verilmiştir.

3.2.4. Görüntü Çıkarma

İki görüntü arasındaki farkı basitçe ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle çıkış verisindeki her bir hücre, her iki tarihli görüntüde birbirine karşılık gelen aynı piksel değerlerinin birbirinden çıkarılması ile elde edilir.

Bu yaklaşım matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$DXk = Xk(t2) - Xk(t1) + C$$

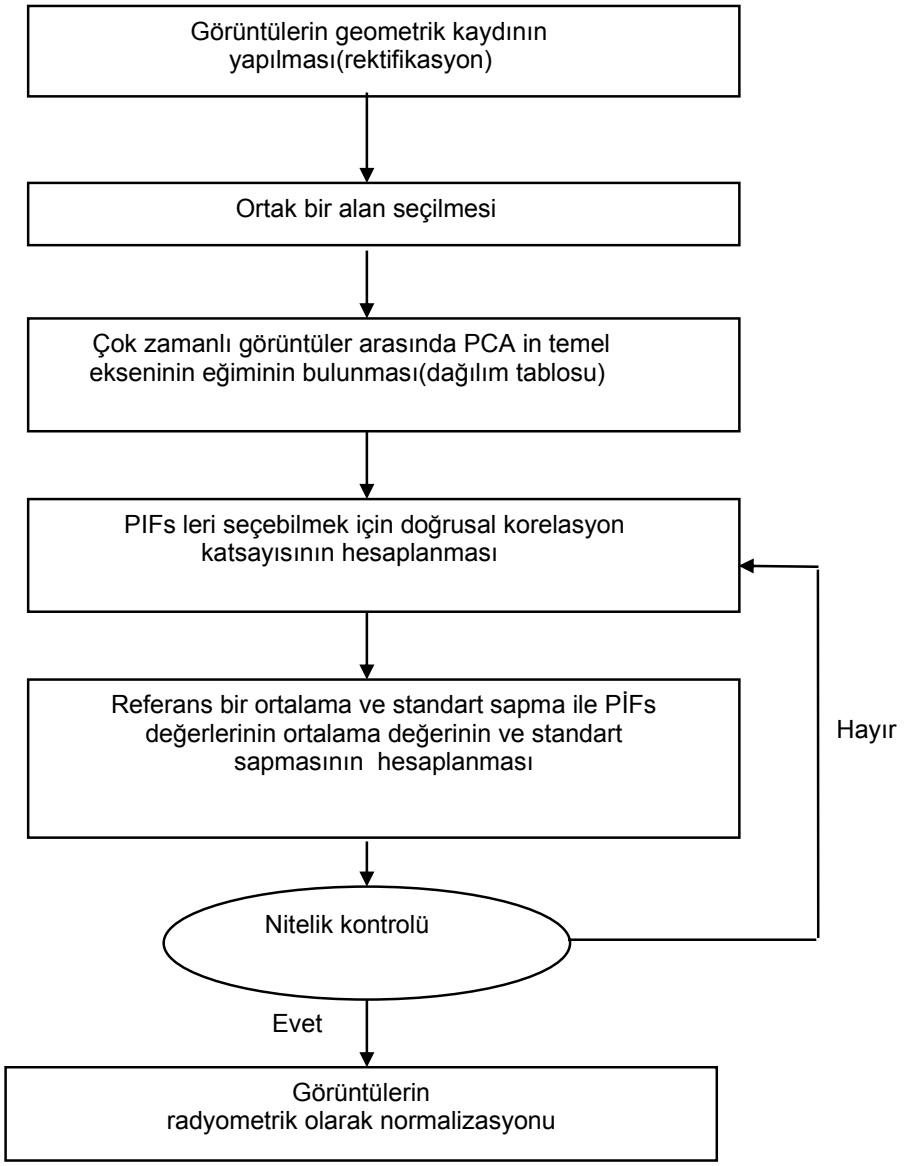
X : k bandı için piksel değeri

t1 : birinci tarih

t2 : ikinci tarih

C : pozitif DN'i oluşturan sabit

Görüntü çıkarma işlemlerinin sonucu, negatif ya da pozitif olabilen ve değişmeyen alanları temsilen sıfır "0" değerinin olduğu sürekli fark değerleri halindedir. Fakat bu değişimin ne kadarı gerçek değişimi temsil ettiğini tespit etmek için fark görüntüsü eşik değer uygulamasına tabi tutulmaktadır. Fark değerlerinin histogramı, değişimin eşik değerlerini belli etmek için belli kırılma noktalarının olmadığı oldukça simetrik bir dağılım üretmektedir (Eastman ve McKendry 1991). Eşik değer seçiminde ortalamadan çıkarılan standart sapmaların sayısı temel oluşturmaktadır. Eşik değerleri görüntüler ve histogramdan sübjektif olarak seçilen görsel incelemelere dayanan değerler arasında değişim göstermektedir.



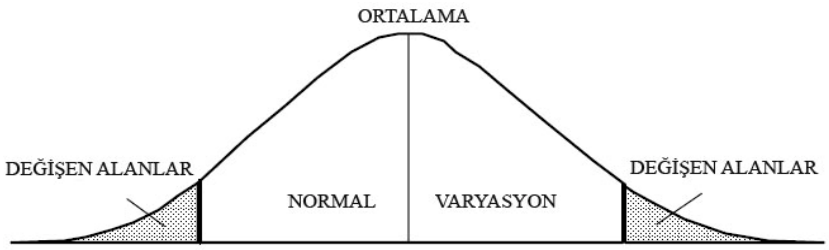
Şekil 3.4. Radyometrik Normalisazyon Akış Şeması

Bir veri setinden bahsedildiğinde bu veri setinin ortalaması "μ" ve standart sapması "σ" olarak ifade edilmektedir (Burt and Barber, 1996). Çıkarma işlemi ile elde edilen yeni verideki piksel değerlerinin normal dağılım ya da Gaussian tipinde olduğunu kabul ederek sınıflamada kullanılacak eşik değerleri belirlenebilir; buna göre piksel değerlerinin % 90'ı ortalamadan her iki yönde 1 standart sapma kadar olan alan içinde (μ+-σ), %95'i iki standart sapma (μ+-2σ) ve %99,5'i de 3 standart

sapma uzaklıkta (μ+-3σ) olacaktır (Eastman and Mc Kendry, 1991). Buna göre ortalamadan 3 standart sapma uzaklıktaki aralığa düşen tüm piksel değerleri (%99,5) normal değişkenlik içerisinde değerlendirilir, başka bir ifadeyle bu aralıktaki değerler görüntü içerisinde gerçekteki heterojeniteyi ifade etmektedir (Alphan 2004). (Şekil 2).

Sonuç olarak genel bir yaklaşım, verilerin normal dağılıma uyduğunun kabul edilmesidir böylece seçilen eşik değeri istatistik uygulamalarına izin verebilir. Buna göre ortalamadan belli bir standart sapma uzaklıktaki aralığa düşen tüm piksel değerleri normal değişkenlik içerisinde değerlendirilir. Bu değerlerin dışındaki alanlar ise gerçek değişimi temsil etmektedir (Şekil 3.5).

En doğru eşik değerinin nasıl seçileceği ile ilgili açık bir bilgi bulunmamaktadır. Fung ve LeDrew (1998), çeşitli eşik değerlerini değerlendirmede en iyi yaklaşımın yer gerçeği çalışmasıyla belli olabileceğini belirtmiştir.



Şekil 3.5. Eşiklendirme Yönteminde Normal Ve Normal Olmayan Değerler (Eastman and Mc Kendry, 1991).

Bilinen değişim alanlarını kullanarak çeşitli eşik değerlerinin değişimi ne kadar iyi derecede temsil edebileceği gözlemlenebilir. Daha sonra bu alanları en iyi temsil eden eşik değeri tüm bölgeye uygulanmaktadır (Eastman ve ark., 2005).

Çalışmalarında Funk ve LeDrew (1998), yer gerçeği çalışması ile üretilen verilerin girdi olarak kullanılmasıyla uygulanan Kappa İndeksi hesaplamasının fark eşik değerinin doğruluğunu en iyi şekilde test eden bir yaklaşım olduğunu görmüştür. Kappa, Rosenfield ve Fitzpatrick (1986)'a göre değişimin doğru olarak sınıflandığı test alanlarının basitçe oranlarını hesaplayan bir değişim sağlamasıdır. Bunu değerlendirebilmek için yer gerçeğine karşı değişen ve değişmeyen alanların

fark ve eşik değer sınıflamaları bir hata matrisinde çizelge tablosuna işlenir. Daha sonra en güvenilir doğruluk rakamlarını elde etmek için diyagonal arasındaki toplam rakamlar (yer gerçeğiyle uyum gösteren sınıflanmış değer kombinasyonları) yer gerçeği toplam rakamlarıyla karşılaştırılır.

3.2.5.Görüntü Oranlama

Görüntü oranlamada çıkış verisindeki her bir hücre, her iki tarihli görüntüde bir birine karşılık gelen aynı piksel değerlerinin birbirine bölünmesi ile elde edilir.

Görüntü oranlamada, her ikisi de özel bir amacı hedefleyen iki yöntem vardır. Birinci yöntem değişim analizindeki ölçek problemini çözmeye yöneliktir, İkinci metot ise iki farklı tarihe ait uydu görüntülerinin kıyaslanması sırasında topografik etkileri azaltmaya yöneliktir (Eastman ve ark., 2005).

3.2.5.1. Değişimin Ölçeği

Basit görüntü çıkarma yöntemi bir değişimin niceliği ile ilgili verilen bütün durumları eşit olarak değerlendirir. Bazı durumlarda değişimin göreceli olarak değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Örneğin, 5 ve 10 değerli piksel değerlerinin birbirinden çıkarılması ile elde edilen 5 değeri 95 ve 100 piksel değerlerinin birbirinden çıkarılması ile elde edilen 5 değerine eşit olmayabilir. Örneğin, değerler vejetasyon biyomas seviyesine ait ise ilk durum var olan biyomasın eş görüntüsü olmasına karsın ikinci durumda vejetasyon örtüsünün küçük bir parçasını değişim olarak gösterebilir. Görüntü oranlama ise iki farklı görüntünün birebir oranlanmasından oluşan ve sonrasında da görüntü çıkarma işlemindeki gibi eşik değerinin uygulandığı bir yöntem olarak ele alınabilir. Oranlama işleminde önem verilmesi gereken, fark değerlerine sıfıra en yakın değerleri vermektir. Bu tekniğin kullanılmasında dikkat edilecek bir takım noktalar vardır (Eastman ve ark., 2005).

1. Birinci dikkat edilmesi gereken şey ‘0’ değeridir. Tekniğin geçerli olabilmesi için 0 değeri gerçek 0 olmalıdır. Sıcaklık değerleri buna iyi bir örnek

teşkil edebilir. Ne Fahrenheight ne de Celcius gerçek sıfır değerini içermezler. Örneğin 10 dereceden 20 dereceye olan değişim her iki ölçekte de aynı değeri ifade etmez. Sadece Kelvin sıcaklık ölçeği gerçek sıfır değerine sahiptir. Eğer oran ölçeği kullanılacaksa 0 değeri anlamlı bir 0 değeri olmak zorundadır.

2. İkinci dikkat edilmesi gereken nokta 0 değerlerinin rakamsal olarak nasıl dikkate alınacağıdır. Normal olarak matematiksel bir ifadede bir sayının 0' a bölümü tanımsız olarak ifade edilmektedir. Görüntü oranlama da bu sorunu ortadan kaldırabilmek için her değere çok küçük rakamsal bir değerin eklenmesi "0" değerinin oluşmasını engellemektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta bu eklenen ufak değerlerin (0.01) oranlama sonuçlarını değiştireceğidir. Bu artışın etkilerini değerlendirmenin en iyi yolu, bu artışın beklenen en uç oran değerleri için olan etkisini test etmektir.

3. Oranlama işleminde üçüncü dikkat edilmesi gereken nokta simetrik ya da doğrusal olmayan değerlerle sonuçlanan sayısal ölçektir. Sonuç olarak eşik değeri uygulaması zorlaşabilir. İlki, ikinci zamandaki değeri, birinci zamandaki değerin yarısı olarak göstermesine karşın sonraki ikinci zamandaki değer birinci zamandakinin iki katı olarak ifade edebilir. Açık bir ifadeyle 1,0 değeri değişimin olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte 1 den 0,5 olan aralık değeri 1 den 2 ye kadar olan değerle aynı değildir. Bu sorunu çözebilmek için verilere logaritmik dönüşüm uygulanabilir. Oranlanmış verinin logaritmasını alarak ölçek simetrik ve lineer sonuçlara döndürülebilir. Bu örnekte 0,5 ile 1,0 ve 1,0 ile 2,0 doğal logaritmik dönüşüm değerleri -0.693 ve 0.693 tür. Buna ek olarak ölçek, (log(1/x) = -log(x) olduğu için gerçek anlamda doğrusaldır. Böylece normal dağılım kullanılarak logaritması alınmış oran görüntüsüne eşik değer uygulaması yapılabilir, yeniden sınıflanabilir ya da daha anlamlı bir şekilde sergilenmek üzere sündürme (streching) yapılabilir.

3.2.5.2. Topografik Etkilerin Azaltılması

Görüntü oranlama yönteminin kullanılmasının diğer bir nedeni de oranlama yönteminin, uydu görüntüsü kullanıldığı zamanlarda, görüntülerde topografik etkiler

sonucu oluşan etkilerin azaltmasıdır. Bu özellikle dağlık bölgelerde yaşanan bir sorundur. Eğer uydu görüntüleri farklı yıllarda ya da farklı günlerde elde edilmişse, bu iki görüntü arasındaki güneş açısı da farklı olacaktır ve buda alanlar üzerinde farklı aydınlanma ve gölge etkileriyle sonuçlanacaktır. Tek bantlı değişim analizi tekniklerini kullanmak güneş açısından kaynaklanan bu geçici değişimleri aslında bu alanlarda gerçek değişim olmadığı halde gerçek değişim alanları olarak tanımlayabilir (Eastman ve ark., 2005). Bu durumda, topografik etkileri azaltmak için her iki tarihe ait iki bant oranlanır, iki oranlama sonuç görüntüsü karşılaştırılır (örneğin birinci zamana ait yeşil ve kırmızı bantlar oranlanır ve daha sonra ikinci zamana ait yeşil ve kırmızı bantlar oranlanır ve bu iki görüntünün kıyaslaması yapılır). İkili karşılaştırma yöntemlerinden herhangi biride bu oranlama görüntülerine uygulanabilir. Hangi bantların oranlamada kullanılacağı ise seçilen arazi örtüsünün karakteristiğine ve hangi değişimin vurgulanmak istediğine bağlıdır (Lillesand ve Kiefer, 1987).

3.2.6. Görüntü Regresyonu

Basit çıkarma işleminde ve logaritması alınmış oran görüntüsünde "0" değerinin herhangi bir değişimi temsil etmediği varsayılır. Bu her zaman gerçekleşmeyebilir. Uzaktan algılanmış veride güneş açısındaki farklılıklara ek olarak, iki farklı tarih arasında atmosferik koşullardan kaynaklanan ve değişim analizi sonuçlarını etkileyebilecek değişimler de oluşmaktadır. Örneğin pus, yansıma bantları arasında yansıma değerlerini artırmaya yönelik bir etkide bulunmaktadır. Eğer iki görüntü, pus (haze) karakteristiklerindeki farklılıklarına göre karşılaştırılırsa, daha önce aynı olan veri değerleri artık aynı değerleri göstermeyecektir (Eastman ve ark., 2005).

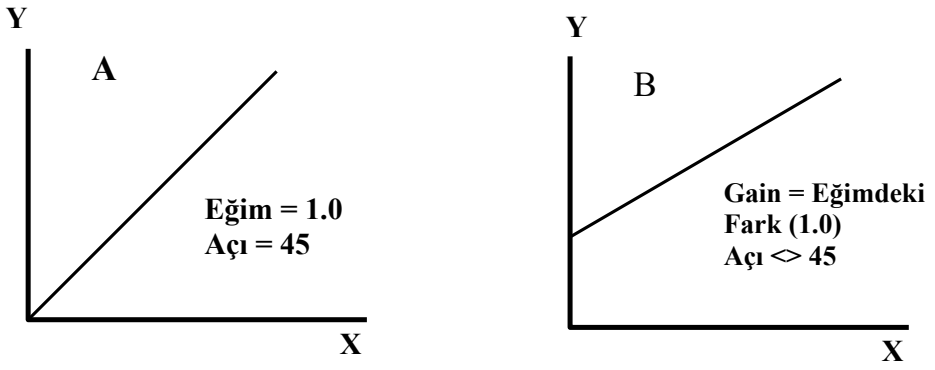
Veri toplama işleminin sonucu olarak iki görüntü arasında meydana gelen benzer değişimlere kayıp 'offset' denilmektedir. Genellikle kayıp etkileri önemli boyutta değildir. Analizler öncesi görüntüleri benzer hale getirebilmek için iki görüntünün ortalaması hesaplanır, daha sonra kayıp çıkarılarak basitçe düzeltilir. Fakat, atmosferik koşullar ya da değerlerin ölçülmesi esnasında kalibrasyondan

doğan farklılıklar, bazı problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin bir uzaktan algılama dedektörü kalibrasyon dışı olduğunda alınan bir görüntü için tanımlanmış veri aralığı sıkışmış olacaktır ve ölçülen değerler geçmiş veri setleriyle kıyaslanabilecek durumda olamayacaktır. Bu benzer olmayan değişim tipi kazanım 'gain' olarak ifade edilmektedir ve bir veriden diğerine söz konusu görüntünün veri değerlerinin varyanslarında meydana gelen değişim olarak gözlemlenebilir (Eastman et al., 2005).

Değişim analizi çalışmalarında görüntüden görüntüye olan kazanım değerindeki farklılıklar önemli sorunlara neden olabilir. Kazanım için söz konusu olan veri değerleri kazanım etkisi olmadan elde edilen değerlerle aynı ölçekte değerlendirilmez. Sonuç olarak görüntü çıkarma ya da görüntü oranlama gibi karşılaştırma teknikleri geçerli olmamakta, iki tarihe ait veri değerleri aynı şekilde değerlendirilmeye tabi tutulamamaktadır. İşte bu kazanım ve kayıp değerlerini düzeltmek için kullanılan teknik görüntü regresyonu olarak tanımlanır. Görüntü regresyonu, iki tarih arasındaki söz konusu alanlara ait piksel değerlerini ilişkilendirmek için standart doğrusal regresyon tekniğini kullanır. Aslında görüntü regresyonu tekniğinde ikinci zamanlı görüntü, birinci zamanlı görüntünün doğrusal bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Eğer kazanım ve kayıp değerleri olmasaydı kesişim sıfır olurdu ve eğim 1 e eşit olurdu (Şekil 3.6) (Eastman ve ark., 2005).

Regresyon modelinde görüntülerden biri bağımlı değişken olarak tanımlanırken diğer bağımsız değişken olarak tanımlanır. Regresyon eşitliği sonucunda elde edilen sonuç katsayısı ikinci zamanlı görüntü için tahmin görüntüsü oluşturmak için kullanılır. Daha sonra oluşturulan bu tahmin görüntüsü ve güncel görüntü değişimi tanımlayabilmek için birbirinden çıkarılabilir ya da oranlama yapılabilir. Sonra da gerçek değişimi yerel farklılıktan ayırt edebilmek için eşik değer uygulaması yapılır. Burada kullanılan mantık, iki görüntü arasındaki fark sadece kazanım ve kayıp değerlerinden kaynaklanıyor olsa idi birinci zamanlı görüntü nasıl bir değer alırdı sorusuna cevap bulmaktır. Bu nedenle ikinci zamanlı görüntü için üretilen tahmin görüntüsünün birinci zamanlı görüntü için bir ayar görüntüsü olduğunu düşünmek iyi bir yol olabilir (Eastman ve ark., 2005).

Görüntü regresyonu değişim analizi çalışmalarında özellikle ön hazırlık çalışmaları için kullanılan çok verimli bir yöntemdir.



Şekil 3.6. Regresyon Modeli Kazanım ve Kayıp Değerleri

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, iki farklı tarihe ait görüntünün gerçekte aynı ortalamaya ve varyansa sahip olabileceğini düşünmenin doğru bir yaklaşım olup olmadığıdır. Örneğin eğer büyük bir alan için farklı yıllara ait aynı mevsimli görüntülerin vejetasyon indeksi görüntüleri arasında bir karşılaştırma yapılmışsa görüntü regresyonu doğru bir kalibrasyon sağlar. Fakat aynı yıla ait farklı ayları içeren görüntülerin karşılaştırması yapılıyor ise görüntü regresyonu genellikle sağlıklı bir kalibrasyon sağlamaz. Görüntüler bütün vejetasyon katmanları için uygun bir şekilde değişimi deneyler ve vejetasyon indeks değerleri geçerli şekilde birbirinden farklılık gösterir. Bu sorunu çözebilmek için özellikle arzu edilen alanlar için, bir maske görüntüsünün oluşturulması ile regresyon fonksiyonu gerçekleştirilir. Bu sadece küçük doğal değişimler sonucu oluştuğu kabul edilebilen alanlar için regresyon modelinin yapılmasına olanak verir. Eğer bu alanlar geçerli kazanım ve kayıp değerlerini sergileyebiliyorsa, etkilerin atmosferik koşullardan ya da algılayıcı hatalarından kaynaklanan etkiler sonucu meydana geldiği varsayılır. Ve bu hatalar regresyon modeli ile çözümlenir (Eastman ve ark., 2005).

Yersel veri ile birlikte regresyon modelinin kullanılması aynı zamanda metedolojik hatalarla da ilişkili olabilir. Coğrafik veri yüksek oranda

otokorelasyon eğilimi gösterebilir (örneğin birbirine çok yakın olan veriler birbirine daha çok benzeme eğilimi gösterirler). Bu iki probleme neden olmaktadır. İlk olarak bağımsız ölçümleri temsil edebilecek örneklerin bulunması zorlaşır. İkinci olarak regresyonun kendisinden oluşan artık değerlerin otokorelasyon olması regresyon modeli varsayımlarının geçersiz olmasına neden olur. Değişimdeki sistematik bileşenlerin analizi için regresyon bileşeninin kullanılmasından doğan birinci türdeki problemlere yönelik çözümler aşağıdaki gibi olabilir (Eastman ve ark., 2005):

a) Olabilecek en temel çözünürlükte bağımsız değişkendeki yersel oto-korelasyonun yersel miktarını test etmek,

b) Kaba bir çözünürlükte veriyi örneklemek,

c) Kaba çözünürlükte a ve b yi tekrar etmek ve oto-korelasyon bileşenini (Y), örnek ölçeğine karşı grafiklemek,

d) Grafiğin tanımlanması ile bir örnekleme ölçeği seçilmesi, (böylece örnek hücrelerin birbirinden bağımsız olduğu görülebilir),

e) Regresyonu bu kaba ölçekte çalıştırmak ve serbestlik derecesinin tanımlanmış değerlerini kullanmak,

İkinci problemle ilişkili olarak, artık değerlerin oto-korelasyonu, eğer analiz edilecek alan çok küçükse regresyon katsayısının eğilim değeri için risk değerlendirmesi yapılabilir. Burada vurgulanan nokta regresyon değerlendirmesinden sonra elde edilen fark görüntüsü artık değerleri temsil etmektedir. Eğer artık değerlerin örnekleri oldukça çeşitli olursa bu katsayıların etkileneceği anlamına gelmez.

Yersel oto-korelasyonla ilgili bu iki durum göz önünde bulundurulur ise, sistematik doğrusal regresyonun kullanılması sırasında atmosferik etkilerin ve algılayıcılar gibi araçlardan kaynaklanan etkileri değerlendirmek ve ortadan kaldırabilmek için ayrıntılara girilmeden, genel değerlendirmeler yapılabilir. İlk olarak bu teknik muhtemelen sadece, oto-korelasyon sonucu oluşan hata yüzünden, katsayıdaki eğilim değerini azaltmak için genel coğrafik bölgelere uygulanmalıdır. İkinci olarak analizler için, çok az bir değişimin olduğu düşünülen alanlar içinde görüntüye ait küçük görüntü değerlerinin kullanılması akılcı olabilir

ya da örneklerin bağımsızlığından emin olmak için görüntüyü kaba bir çözünürlükte örnekleme yapılabilir (Eastman ve ark., 2005).

3.2.7. Değişim Vektörü Analizi

Değişim vektörü analizi (CVA), çok bantlı giriş verisi içerisindeki tüm değişimleri tespit edebilen radyometrik bir yaklaşımdır. Ayrıca farklı algılama sistemleri kullanıldığında da yeteri kadar verim alınabilecek bir yöntemdir ve kategorik bilgileri de birleştirebilme özelliği vardır. Birçok değişim analizi yöntemi içerisinde CVA, oldukça faydalı bir yöntem olarak belirlenmiştir. Özellikle CVA, oluşan bütün değişimleri toplama ve ayırmada ya da istenilen değişimin vurgulanmasında oldukça önemli bir araç olarak tespit edilmiştir. Diğer metotlara kıyasla CVA'nın bazı avantajları şunlardır:

1. Tüm multi-spektral giriş verisi katmanlarındaki ya da sadece seçilen bantlardaki değişimi aynı zamanda işlemden geçirme ve analizi,
2. Çok zamanlı veri sınıflamalarında çoğunlukla yersel-yansıma kaynaklı hataların (spatial-spectral errors) bileşiminin önlenmesi,
3. Hem arazi örtüsünde hem de koşullarda meydana gelen değişimin tespiti,
4. Çok boyutlu vektör değişim bileşenlerini hesaplanması ve ayırt edilebilmesi, değişim bileşenlerinin kompozisyonu, değişimin yorumlanması ve nitelendirilmesidir (Johnson ve Kasıschke, 1998).

3.2.7.1. CVA'nın Fonksiyonel Tanımı

3.2.7.1.(1) Veri Ön-İşleme

Diğer değişim analizi teknikleri gibi değişim vektörü analizinde de uygulamadan önce yapılması gereken bir takım ön hazırlık çalışmaları vardır. En kritik ön hazırlık çalışması giriş verisinin geometrik düzeltilmesi ve radyometrik normalizasyondur. Bilgi gereksinimleri, çalışma amaçları ve araştırma hipotezleri sırasında yersel-yansıma-zaman miktarının kullanılması gerekmektedir (temel

bilesenler analizi, taselled cap, yansıma indisleri ya da yansıma öğelerinin kullanılması gibi herhangi bir dönüştürme olabilir), giriş verisine uygun en mantıklı seçimin yapılması geometrik ve radyometrik ön hazırlık çalışmalarını kolaylaştırmaktadır (Johnson ve Kasıschke, 1998).

Değişim analizi uygulamalarında görüntüden görüntüye kayıt kritik bir uygulamadır. Kayıtlardaki yanlışlar değişim analizi işlemleri sırasında sonucun doğruluğunu olumsuz etkilemekte ve sonraki işlemlerde bu hataları düzeltmek çok zor hatta neredeyse imkânsız olmaktadır. Belirli bir rölyefi olan alanlarda yüksek çözünürlüklü verinin ortho-rektifikasyonu gerekmektedir. Bu gibi durumlarda ilerlemiş geometrik kayıt yöntemlerinin kullanılması (örneğin uydu platform modeli) tavsiye edilmektedir ve/veya yeterli miktarda yer kontrol verilerinin kullanılması gerekmektedir. Radyometrik doğruluğu maksimum derecede artıran örnekleme tekniğinin kullanılması, ön işlem stratejisinin önemli bir bölümüdür (Johnson ve Kasıschke, 1998).

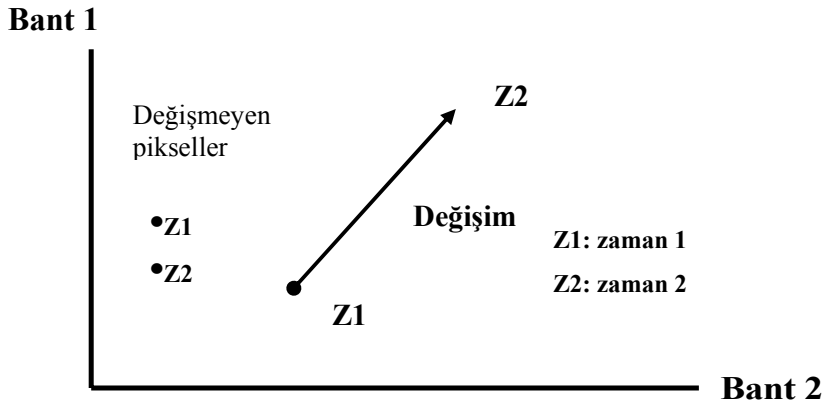
Giriş verisinin radyometrik normalizasyonu da, radyometrik değişim analizi tekniklerinden olan CVA için hem zayıf normalisazyon sonucu oluşan aldatıcı değişimi en aza indirmede hem de küçük boyuttaki değişimlerin tespit edilmesinde ve ölçülmesinde geometrik kayıtla aynı öneme sahip kritik bir adımdır. Değişim analizi çalışmalarında özellikle uzun dönemli çalışmalarda ilgi alanına girmeyen çeşitliliğin etkisini azaltmak için farklı yıllara ait aynı tarihli görüntülerin seçilmesi tavsiye edilmektedir. Normalisazyonun amacı, diferansiyel atmosferik koşullar, solar aydınlanma, algılayıcı kalibrasyonu, öğesel çeşitlilik sonucu oluşan ve de radyometrik 'değişimi' oluşturan, arazi örtüsünde ya da koşullarında temel değişimler sonucu olmayan etkileri düzeltmektir. Giriş verisinde bulunan en yüksek solar zenit açısı ya da en geniş dinamik alan diğer giriş verisinin normalizasyonunda, veri sıkıştırması sonucu olabilecek bilgi kayıplarını önlenmek için referans olarak kullanılmaktadır (Johnson ve Kasıschke, 1998).

3.2.7.1.(2). CVA'nın Tanımı

CVA yaklaşımında istenilen miktarda, her bir tarihe ait giriş bantları işlenebilir. Her bir tarihe ait giriş bantları geometrik olarak kayıt ve radyometrik olarak normalize edildiğinde CVA uygulanabilir. CVA algoritması çıkış verisine ait iki değişim bilgisi içerir: (1) vektör değişim yönü; (2) değişim büyüklüğü. Değişim alanları daha sonra coğrafi konum ve alan gibi yer verileri olarak bu iki terim altında tanımlanabilir. Buna ek olarak bir zemin görüntüsü üzerinde çıkış verisindeki sadece istenilen ya da bütün değişimlerin gösterilmesi yararlı bir uygulama olarak belirlenmiştir. Bunun içerisinde değişim bilgisi kompozisyonları verilebilir ve bu çeşitli yollardan yapılabilir (Johnson ve Kasıschke, 1998).

CVA, *n* tane bandı ya da her bir görüntü çiftindeki (birinci tarihli görüntü, ikinci tarihli görüntü) yansıma öğeleri, giriş verisi olarak işleyebilen bir yöntemdir. Her bir görüntü çiftinde bu bantlar bir *n* boyutlu uzayın akslarını oluşturur. Şekil 3.7'da görüldüğü gibi değişimin görüldüğü piksellerin iki farklı noktada bulunmasına karşın {($bant_1$, $bant_2$,...$bant_n$) $Zaman_1$, ($bant_1$, $bant_2$,...$bant_n$) $Zaman_2$} değişimin görülmediği pikseller her iki görüntüde de önceki yerlerini korumaktadır (Johnson ve Kasıschke, 1998).

Değişimin oluştuğu alanlarda iki nokta arasındaki ilişki yön ve değişim vektörleriyle karakterize edilmektedir. Daha basit bir ifadeyle, bir kartezyen koordinat sisteminde iki aks üzerinde bu uzayın ölçüsü tanımlanmaktadır. Giriş verisi radyometrik olarak normalize edildiğinden 'değişim uzayını' bu koordinat sisteminde orijine yakın bulunan değişmemiş piksellere karşı yeniden grafiklemek mümkündür ve böylece değişim vektörü Şekil 3.7'deki gibi karakterize edilebilir. Teorik olarak doğru bir şekilde normalize edilmiş veri değişimin büyüklüğünü ifadeden örnek değerler 0 olarak gösterilir (çalışma alanındaki çoğunlukta olan değişimin olmadığı alanları için). Pratikte ise değişmemiş pikseller gürültü etkisi ve doğru olmayan normalizasyon sonucu (Şekil 3.8' de gölgelendirilmiş alan) orijin bölgesinde dağılım göstermektedir.



Şekil 3.7. Radyometrik Uzayda Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi (Johnson ve Kasıschke, 1998).

3.2.7.1.(3). Vektör Bileşenlerinin Kullanılması ve Nitelendirilmesi

Vektör değişim doğrultusunun tanımlanmasında birçok yol olmasına rağmen değişim vektörünün nitelendirilmesinde daha basit ve anlaşılır uygulamaların seçilmesi tercih edilir. Bazı CVA uygulamalarında değişim yönünün genel olarak nitelendirilmesinde değişim uzayının 'sektör' kullanılması daha faydalıdır. Bu yaklaşımda uzay aksları sektör sınırları olarak görev yapar (Şekil 3.9). Genel değişim yönünü temsil eden herhangi bir 'sektör kodu', bu sektörleri ayırmak için kullanılabilir. Bu yaklaşım uygulandığında CVA birçok sektör kodu vasıtasıyla 2*n* değişim vektör doğrultusunu ayırt eder (Johnson ve Kasıschke, 1998). CVA içerisindeki çok boyutlu değişim büyüklüğünü ölçmek için kullanılan yöntemler arasında en doğrudan olan yöntem, değişim uzayında vektör başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafenin ölçüldüğü Öklid mesafesi'nin hesaplanmasıdır. Eğer ikiden fazla bant kullanılmak isteniyorsa bu eşitlik basit bir şekilde genişletilebilir. Öklid mesafesi şu formülle hesaplanmaktadır:

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

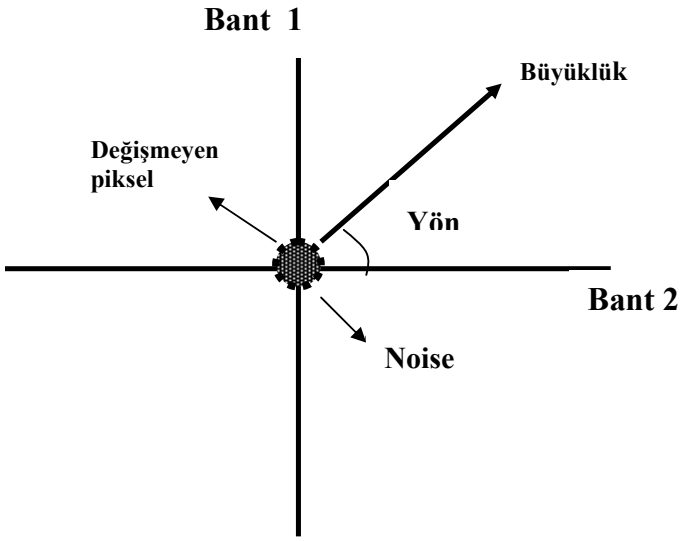
Burada;

X_2: ikinci zamanlı uydu görüntüsüne ait $bant_x$

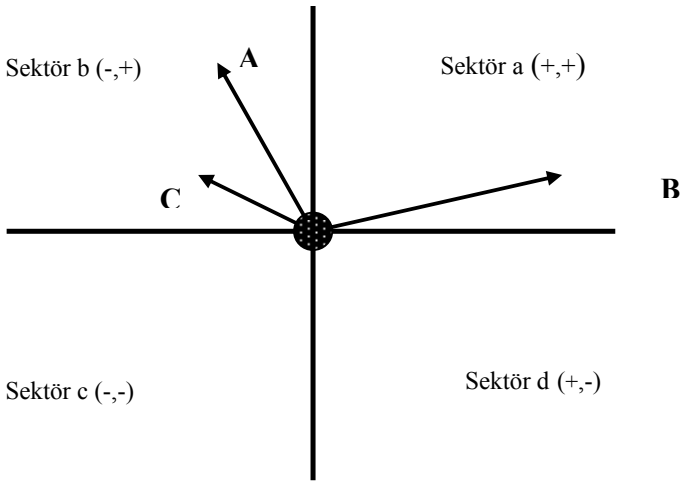
X_1: ilk zamanlı uydu görüntüsüne ait $bant_x$

Y_2: ikinci zamanlı uydu görüntüsüne ait $bant_y$

Y_1: ilk zamanlı uydu görüntüsüne ait $bant_y$.



Şekil 3.8. Radyometrik Değişim Uzayında Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi (Johnson ve Kasıschke, 1998).



Şekil 3.9. Çok Yönlü Değişim Vektörlerinin (A, B, C) Ve 4 Adet Değişim Sektör Kodlarının (a, b, c, d) 2 Radyometrik Değişim Bant Uzayı İçerisindeki Gösterimi (Johnson ve Kasıschke, 1998).

CVA ile ilgili yapılan araştırmalar göstermiştir ki; değişim vektör yönü, değişimi oluşturan farklı öğelerin ayırt edilmesine önemli bir katkıda bulunmaktadır ve değişimin büyüklüğü, değişim tipleri arasında göreceli karşılaştırmalar yapmaya yardımcı olmaktadır (Johnson ve Kasıschke, 1998).

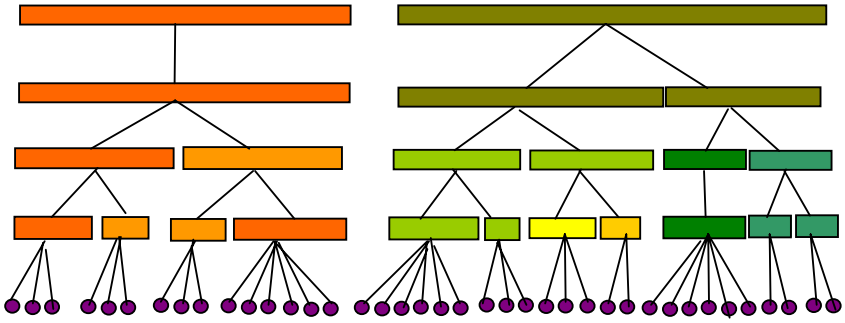
3.2.8. Sınıflama

Obje tabanlı yöntem, görüntüdeki formu, yansıma özelliklerini ve tekstürü dikkate alarak komşu pikselleri anlamlı bölgeler halinde gruplandırır. Segmentasyon işlemi olan bu uygulamada istenirse çalışma için uygun olan bantlar diğer bantlara göre ağırlıklandırılabilir. Segmentasyon işlemi obje tabanlı sınıflamanın ilk ve en önemli aşamasıdır (Şekil 3.10). Sınıflama aşamasında ise piksel tabanlı yöntemler gibi en yakın komşu yöntemi (nearest neighbour) ve diğer algoritmaları (öneğin, maksimum olabilirlik) kullanır. Sınıflama için örnek alanların oluşturulması obje bazındadır. Yöntem veriyi anlamlı poligonlar halinde gruplandırdığı için seçilen örnek alanlar daha homojen olmakta ve üretilen sınıflamanın doğruluğu da piksel tabanlı yönteme göre daha yüksek olmaktadır (Berberoğlu et al., 2000). Bununla birlikte sınıflama sonrası hataların pratik bir şekilde düzeltilmesi mümkündür. Böylece sınıflama hataları sistematik bir şekilde düzeltilir.

3.2.9. Çapraz Sınıflama

Niteliksel veriler için, iki görüntüyü karşılaştırmanın en geçerli yolu çapraz sınıflamadır. Çapraz sınıflama iki haritadaki bütün olası kombinasyonlar için mantıksal '**VE**' değerlerini hesaplar. İki haritanın iki tarih üzerinde aynı kategorik bilgiyi temsil ettiği durumlarda yöntem, alanların her iki tarihte aynı sınıfa mı düştüğünü, yoksa alanların yeni bir sınıfa mı değiştiği üzerine bilgi verir. Bu çapraz sınıflama matrisi ile ifade edilir. Bu matriste her iki tarih üzerinde her bir olası sınıfa düşen raster (hücre verisi) hücrelerinin sayısı görülür (Eastman ve ark., 2005). Çapraz sınıflama tablosu ya da diğer bir adıyla hata matrisi köşegende bulunan hücreleri köşegen dışına düşen hücrelerle kıyaslar. Burada köşegenlerde bulunan

hücreler değişim olmayan alanları, köşegen dışındaki hücreler ise değişim olan alanları temsil eder (Çizelge 3.1).



Şekil 3.10. Segmentasyon Ağı

Doğruluk analizlerinde çapraz sınıflama Kappa İndeksi ile birlikle sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Burada zaman 1 yerine veri için referans görüntüsü, zaman 2 yerine ise test edilmek istenen veri gelmektedir. Böylece değişen ve değişmeyen toplam hücre sayısına göre doğruluk yüzdeleri belirlenmektedir. Doğruluk değerlendirmesinde 3 çeşit doğruluk hesabı yapılmaktadır. Birincisi, matristeki yatay hücre sayısının yine yataydaki toplam hücre sayısına oranlanması ile elde edilen kullanıcı doğruluğu (user's accuracy), ikincisi matristeki dikey hücre sayısının, yine dikeydeki toplam hücre sayısına oranlanması ile elde edilen üretici doğruluğu (producer's accuracy) ve sonuncusu ise köşegenler boyunca yer alan tüm hücre değerlerinin tüm referans yer verisindeki hücre değerine oranlanması ile edilen toplam doğruluktur (Foody, 2002).

3.2.8.1. Kappa İndeksi

Kappa değerleri görüntüler arasındaki ilişkiye göre –1 ile +1 arasında değişim gösterir. Eğer iki görüntü arasındaki ilişki doğrusal ise yani değişim yoksa kappa '1' değerini, görüntülerden biri diğerine göre tamamen farlı ise kappa '-1'

değerini, görüntülerin yarısı birbirine göre değişmiş ise kappa '0' değerini alır. (Şekil 3.10).

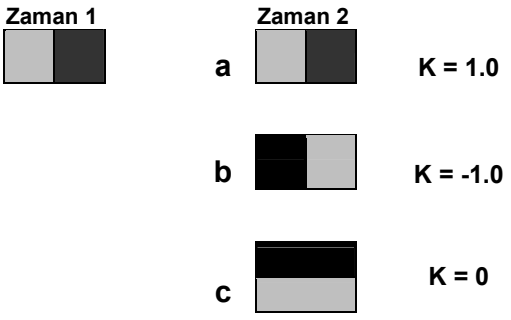
Çizelge 3.1. Çapraz Sınıflama Matrisi

		Zaman 1				
		A	**B**	**C**	**D**	**TOPLAM**
Zaman 2	**A**	n_{AA}	n_{AB}	n_{AC}	n_{AD}	n_{A+}
	B	n_{BA}	n_{BB}	n_{BC}	n_{BC}	n_{B+}
	C	n_{CB}	n_{CB}	n_{CC}	N_{CD}	n_{C+}
	D	n_{DA}	n_{DB}	n_{DC}	n_{DD}	n_{D+}
	TOPLAM	n_{+A}	n_{+B}	n_{+C}	n_{+D}	**n**

$$\text{Toplam doğruluk} = \frac{\sum_{k=1}^{q} n_{kk}}{n} \times 100$$

$$\text{Kullanıcı doğruluğu} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \qquad \text{Üretici Doğruluğu} = \frac{n_{ii}}{n_{+i}}$$

$$\text{Kappa Bileşeni} = \frac{\sum_{k=1}^{q} n_{kk} - \sum_{k=1}^{q} n_{k+} n_{+k}}{n^2 - \sum_{k=1}^{q} n_{k+} n_{+k}}$$



Şekil 3.11. Kappa İndeksi (Eastman ve ark., 2005)

Kappa özellikle görüntüler arasındaki ilişkiyi bütün olarak değerlendiren bir yaklaşım olsa da aynı zamanda kategorik olarak ta bir değerlendirme yapabilir. Bu durumda iki tarih için kategoriler arasındaki ilişkinin uyumunu gösterir ve Eşitlik 7 ile hesaplanır (Eastman ve ark., 2005):

$$K_i = \frac{P_{ii} - P_{i.}P_{.i}}{P_i - P_{i.}P_{.i}} \tag{3.7}$$

Burada,

P_i = Referans görüntüdeki sınıf i'nin tüm görüntüdeki oranı,

P_{ii} = Kategori i'nin her iki tarih için uyumunun tüm görüntüdeki oranı,

$P_{.i}$ = Referans olmayan görüntüdeki sınıf i'nin tüm görüntüdeki oranıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada Çukurova deltası kıyı bölgesinde arazi örtüsü değişimlerini tespit edebilmek için farklı değişim analizi teknikleri kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Değişim analizi, bir objeyi ya da olguyu farklı zamanlarda gözlemleyerek gösterdiği farklılıkların tespitini içeren bir uygulamadır. Uygun bir zamanda ve doğru olarak yeryüzündeki nesnelerin ve olayların incelenmesi, insan ve doğal öğeler arasındaki ilişkinin ve etkileşimin anlaşılmasında ve kaynakların daha doğru olarak yönetimi ve kullanılmasında izlenebilecek en iyi yoldur.

Araştırmada, arazi örtüsü değişimlerinin izlenmesinde 4 farklı değişim analizi tekniği irdelenmiş ve Çukurova deltası kıyı bölgesinde 20 yıllık değişim tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırmada değişim tespiti için 21 Temmuz 2005, Temmuz 1993 ve 7 Temmuz 1985 yılları arasındaki Landsat TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak bu dijital veri setleri içinden 3 ve 4.üncü bantlar değişim analizlerinde kullanılmıştır.

4.1. ÖN HAZIRLIK

4.1.1. Geometrik Düzeltme (Rektifikasyon)

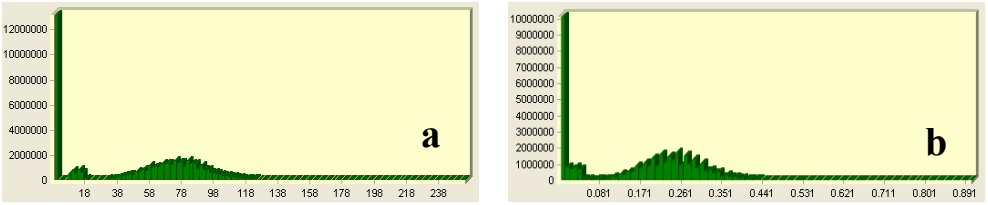
Ön hazırlık aşamasının ilk bölümünde eldeki ham uydu veri setinden alana ait çerçevenin (subset) alınmasından sonra görüntülerin geometrik düzeltilmesi yapılmıştır.

Çalışmada uydu verilerinin UTM projeksiyonuna kayıtları yapıldıktan sonra en yakın komşu (nearest neighbour) yöntemi kullanılarak görüntüden görüntüye geometrik düzeltilmesi yapılmıştır. Geometrik düzeltmede 2005 görüntüsü temel görüntü olarak seçilmiş, 1985 ve 2003 görüntüleri temel görüntüye göre rektifiye edilmiştir. Rektifikasyon işleminde 9’ ar adet kontrol noktası kullanılmıştır. Geometrik düzeltme sırasında elde edilen hata payı (RMSE) 1/5 piksel kadardır. Hata payının 1 pikselden az olması birçok çalışmada kabul edilebilir bir durumdur. Fakat değişim analizi çalışmalarında hata payının mümkün olduğunca az olması yapılan analizlerin doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır.

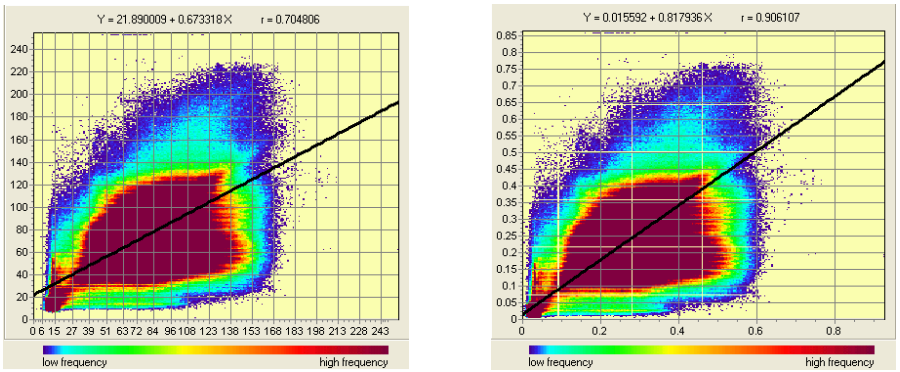
4.1.2. Atmosferik Düzeltme

Rektifikasyon işlemi tamamlandıktan sonra görüntülerin atmosferik düzeltilmesi yapılmıştır. Çalışmada atmosferik düzeltme için Chavez (1996) tarafından geliştirilen Cos(t) model kullanılmıştır. Cos(t) model tamamen görüntü temelli bir yöntemdir ve düzeltme sırasında herhangi bir atmosferik parametre değerine gerek duyulmaz. Cos(t) model, yine Chavez 1975 tarafından geliştirilen 1988 yılında yeniden gözden geçirilen, görüntüdeki pusu (haze) uzaklaştırmak için kullanılan koyu obje çıkarma (Dark Object Subtraction) yöntemi ile atmosferik gazların emiliminden ve Rayleigh dağılmasından doğan etkiyi tahmin etmek için solar zenit açısının kosinüs değerinin alınması prosedürünü birleştiren bir yöntemdir. Çalışmada dijital veri setinin orijinal halinde mevcut olan ve görüntüye ait kazanım, kayıp, solar açı, bantların dalga boyları ve görüntünün elde edildiği zaman birimi değerlerine ait bilgiler elde edilmiştir. Sonraki aşamada koyu obje çıkarma yöntemini de modele entegre etmek için her bir bant için verideki en koyu objeler tespit edilip modele eklenmiş ve bu değerler görüntülerden çıkarılmıştır. Atmosferik düzeltme sırasında kazanım ve kayıp değerlerinin $mWcm^{-2}$ sr^{-1} biriminde olmasına dikkat edilmelidir. Yani basit bir şekilde ifade etmek gerekirse, görünür bantlardan kırmızı ya da kızıl ötesine kadar herhangi bir bant seçip, kazanım değerini görüntüdeki en yüksek parlaklık değeri ile çarpıp (bu genellikle 8 bitlik görüntülerde 255 değeridir), sonuca kayıp değerinin eklenmesinden sonra elde edilen sonuç 10–30 arasında değişiyorsa sonuçlar $mWcm^{-2}$ sr^{-1} birimi içerisindedir. Eğer bu değeri aşıyorsa kazanım ve kayıp değerlerini basitçe 10'a bölmek değerleri istenilen ölçü birimine getirebilir. Şekil 4.1.(a)'da 1993 görüntüsüne ait 4.bant için atmosferik düzeltilmesi yapılmadan, Şekil 4.1.(b)'de de aynı banda atmosferik düzeltme uygulandıktan sonra verilerin sahip olduğu histogram değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere obje parlaklık değerleri (10, 30, 50...) yeryüzü yansıma değerlerine (0.081, 0.171, 0.261...) çevrilmiştir. Bununla ilişkili olarak Şekil 4.2.(a)'da 1985–1993 yıllarına ait atmosferik düzeltilmesi yapılmayan 4.bantlar için doğrusal ilişki grafiği, 4.2.(b)'de atmosferik olarak düzeltilen 4.bantlar için doğrusal ilişki grafiği görülmektedir. İlk durumda doğrusal korelasyon katsayısı (r) 0.704806 değerini alırken, ikinci durumda

r 0.906107 değerini almıştır. Böylece atmosferik etkilerden dolayı görüntü arası farklılıklar en az düzeye indirilmiştir. Yukarıda bahsedilen tamamen görüntüye bağlı olan değerlerle atmosferik düzeltme yapıldıktan sonra, değişim analizi çalışmalarında ve özelliklede vektör değişim analizinde çok önemli bir basamak olan radyometrik düzeltme aşamasına geçilmiştir.



Şekil 4.1. Atmosferik Düzeltme Öncesi Bant 4 Değeri Histogramı (a), Atmosferik Düzeltme Sonrası Bant 4 Değeri Histogramı (b)



Şekil 4.2. Atmosferik Düzeltme Öncesi 1985-1993 Bant 4 Değerleri Doğrusal ilişki Grafiği (a), Atmosferik Düzeltme Sonrası 1985-1993 Bant 4 Değerleri Doğrusal ilişki Grafiği (b)

4.1.3. Radyometrik Normalizasyon

Çalışmada radyometrik düzeltme sürecinde ilk olarak yalancı değişmeyen öğeler (PIFs) görüntü üzerinde bulunmuştur. Normalde yeryüzünde zaman sürecinde değişmeyen öğelerin bulunması oldukça zordur. PIFs'leri doğru bir şekilde seçebilmek için vejetasyon gibi mevsimsel değişimler sonucu sürekli değişen objelerden ziyade zaman içinde değişmesi güç olan objeler görüntüde bulunmaya

çalışılmıştır. Bunun için su yüzeyleri, kayalık alanlar, yerleşim alanlarında görüntülerde ortak olan eski büyük yapılar, köprüler, yollar, gibi objeler seçilmiştir. Bir sonraki aşamada farklı yıllara ait uydu görüntülerinin her birine temel bileşenler analizi (Principal Component Analysis, PCA) uygulanmıştır. Seçilen objelerin normalizasyon sürecinde kullanılmasının uygunluğu temel bileşenler analizi ile test edilmiştir. PCA sürecinde bütün bantlar kullanılmıştır. Elde edilen sonuca göre seçilen PIFs'lerle PCA arasındaki doğrusal korelasyon katsayısı 1985–1993 görüntüleri arasında 0,964091, 1993–2005 görüntüleri arasında da 0.963424 olarak bulunmuş ve veri seti PIFs olarak kullanılmaya uygun görülmüştür. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.3'de verilmiştir. Şekil 4.3.(a)'da 1985 ve 1993 PCA uygulanmış görüntülere PIFs'ler dahil edilmeden iki görüntü arasındaki doğrusal ilişki, Şekil 4.3.(b)'de ise yine PCA uygulanmış görüntüye bu defa PIFs'lerinde katılmasıyla elde edilen doğrusal ilişki görülmektedir. 2005–1993 görüntüsü de aynı işlemlerden geçmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.3.(c) ve (d)'de verilmiştir.

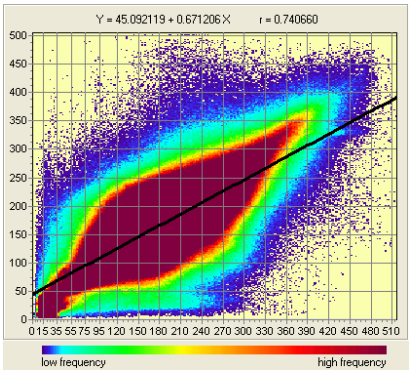
Seçilen PIFs'lerin uygunluğu PCA ile test edilip kullanılmasına karar verildikten sonra 1993 ve 2005 tarihli görüntülerin 3'üncü ve 4'üncü bantları için PIFs'ler kullanılarak görüntüler arasındaki doğrusal ilişki grafiği gözlemlenmiş ve doğrusal regresyon fonksiyonu bu bantlara uygulanarak görüntülerin radyometrik normalizasyonları yapılmıştır.

Ön hazırlık aşaması tamamlandıktan sonra değişim analizi çalışmalarına geçilmiştir. Görüntü çıkarma, görüntü oranlama, görüntü regresyonu ve vektör değişim analizi sırasıyla uygulanmış ve elde edilen sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır.

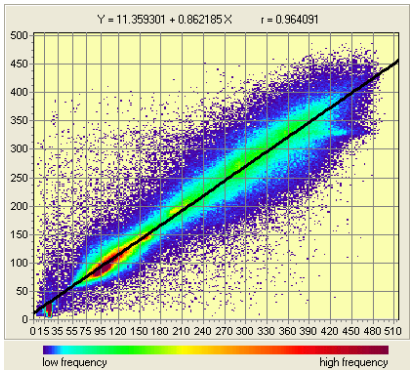
4.2. Değişim Analizleri

4.2.1 Görüntü Çıkarma

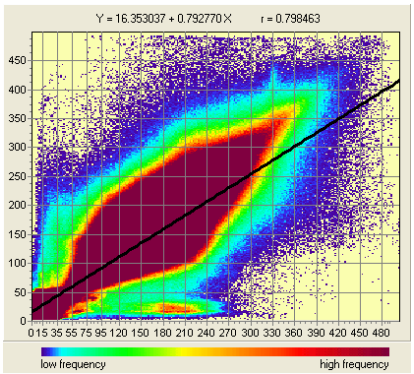
Görüntü çıkarma basit olarak iki görüntünün piksel piksel birbirinden çıkarılması işlemidir. Çalışmada atmosferik düzeltilmesi yapılan görüntülerin NDVI'ları alındıktan sonra çıkarma işlemi uygulanmıştır.



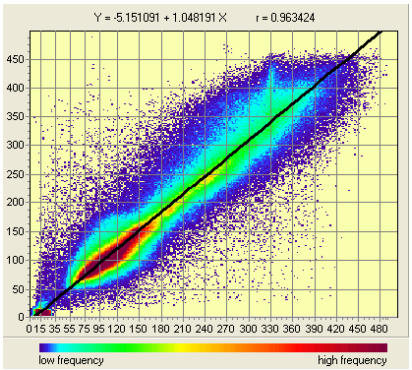
1993–1985 (a)



1993–1985 (b)



2005–1993 (c)

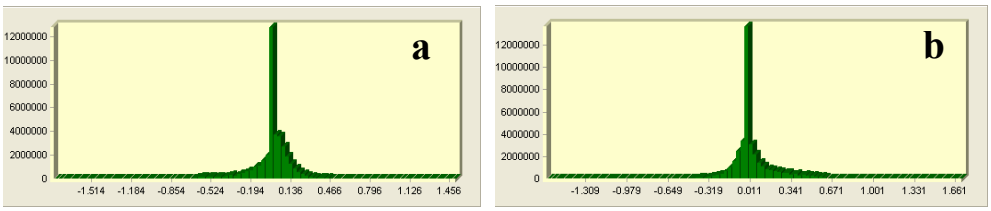


2005–1993 (d)

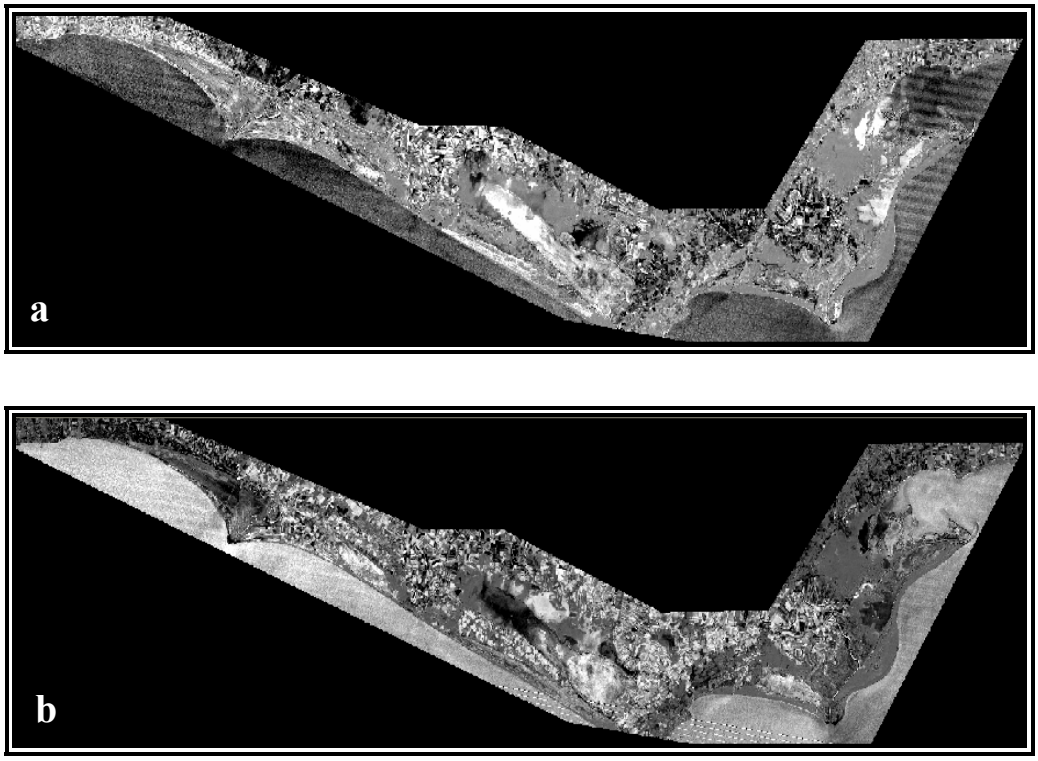
Şekil 4.3.1993–1985 görüntülerine PCA eklenmeden elde edilen doğrusal ilişki grafiği (a), PCA eklendikten sonra elde edilen doğrusal ilişki grafiği (b), 1993–2005görüntülerine PCA eklenmeden elde edilen doğrusal ilişki grafiği (c), PCA eklendikten sonra elde edilen doğrusal ilişki grafiği (d)

Çıkarma işlemi uygulandıktan sonra bu fark görüntüsüne eşik değer uygulaması yapılmıştır. En uygun eşik değerini tespit edebilmek farklı eşik değerleri görüntü üzerinde test edilmiş, 3σ, 2.5σ, 2σ, 1.8σ ve 1.6σ, 1.5σ, 1.4σ değerleri arasından 1.6 standart sapma kullanılarak tespit edilen değişimin, alan için daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Çıkarma işlemi sonucunda görüntülerin normal dağılıma uyduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.4). Normal dağılıma uyan fark değişim görüntülerine (Şekil 4.5) 1,6σ eşik değeri uygulanarak gerçek değişim diğer değişimlerden ayırt edilmiştir. Görüntünün standart sapması tespit edilen eşik değer ile çarpıldıktan sonra ortalamadan çıkarılıp ortalamaya eklenerek değişimin sınırları

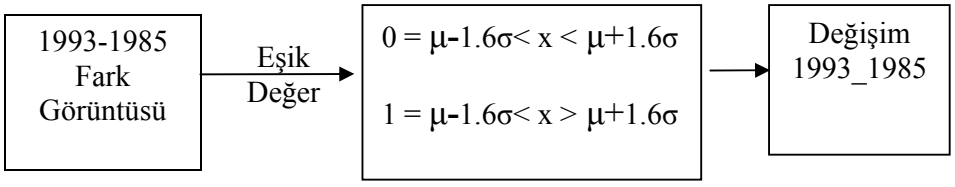
belirlenmiştir (Şekil 4.6) . Çalışmada adı geçen diğer değişim analizi tekniklerinde de eşik değer uygulamasında aynı yol takip edilmiştir.



Şekil 4.4. 1985–1993Yılları Fark Görüntüsü Histogramı (a) 1993- 2005Yılları Fark Görüntüsü Histogramı (b)

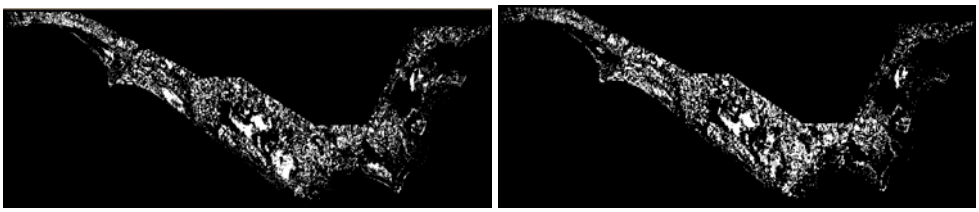


Şekil 4.5. 1993–1985 Yılları Görüntü Çıkarma Sonuç Görüntüsü (a), 2005–1993 Yılları Görüntü Çıkarma Sonuç Görüntüsü (b)



Şekil 4.6. Eşik Değer Uygulaması

Eşik değer uygulamasından sonra görüntü değerleri ‘0’ ve ‘1’ değerleri arasında değişen kodlanmış bir veri haline gelmiştir. Şekil 4.7’de verilen bu kodlanmış yeni görüntüde beyaz renk değişim olan alanları (1), siyah ise yani değişim olmayan alanları (0) temsil etmektedir.

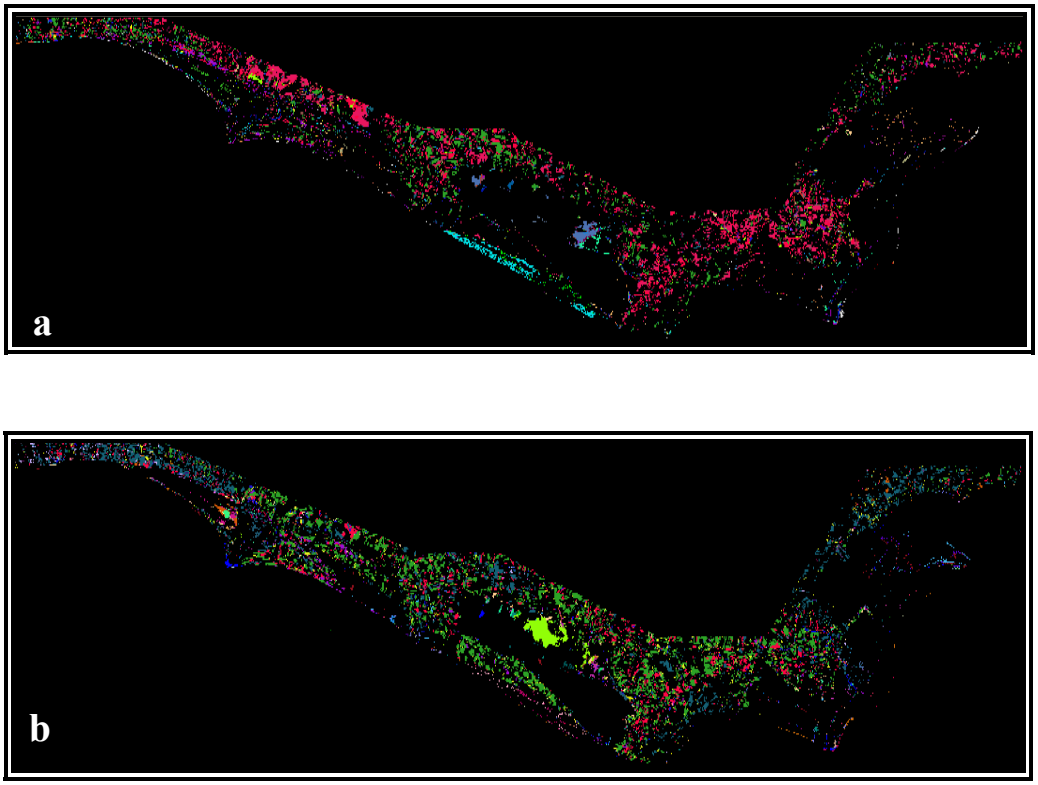


Şekil 4.7. 1985–1993 Yılları Arası Kodlanmış Fark Görüntüsü (a), 1993–2005 Yılları Kodlanmış Fark Görüntüsü (b)

Son aşamada, elde edilen bu kodlanmış fark görüntüsü sınıflanmış olan 1985, 1993 ve 2005 görüntüleri içerisinden çıkarılmış ve değişimin ‘nerden-nereye’ olduğunu tespit edebilmek için çapraz sınıflama yapılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsünde (Şekil 4.8) hangi sınıfın neye dönüştüğü ve sınıf başına düşen piksel miktarı Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

4.2.2. Görüntü Oranlama

Görüntü oranlama, yukarıda bahsedilen çıkarma işlemine benzer olarak iki görüntünün basitçe piksel piksel birbirine oranlanmasıdır. Çalışmada atmosferik düzeltilmesi ve radyometrik normalizasyonu yapılan görüntülerin NDVI’ları alındıktan sonra oranlama işlemi uygulanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan biri ‘0’ değerine bölümün tanımsız olması ve farklı değerlerinin oran sonuçlarının aynı olmasından dolayı, normalde faklı değişim sınıflarının aynı sınıf içine dahil olmasıdır. Örneğin 0,5 / 1 ve 100/ 200 gibi. Böylece zaten oranlama sonucunda normal dağılıma uygunluğu gözlemlenmeyen görüntüler (Şekil 4.9), normal dağılıma uygun hale getirilmiştir (Şekil4.10). Bu sorunları ortadan kaldırmak için görüntülerin logaritması alınmıştır. Oranlanmış görüntülerin (Şekil 4.11) logaritması alınmadan önce veriler önce sıfır ve negatif değerlerinden kurtarılmıştır.



Şekil 4.8. 1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama Fark Görüntüsü (a), 1993–2005 Yılları Çapraz Sınıflama Fark Görüntüsü (b).

Logaritması alınan oran görüntülerine 1,6σ eşik değeri uygulanarak değişim alanları '1', değişmeyen alanlar '0' değerine atanarak kodlanmış bir oran görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4.12).

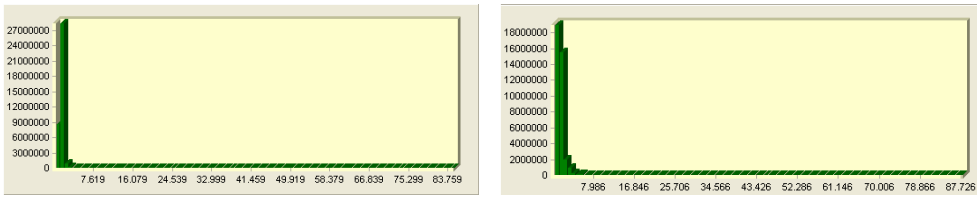
Son aşamada, elde edilen bu kodlanmış oran görüntüsü sınıflanmış olan 1985–1993 ve 2005 görüntüleri içerisinden çıkarılmış ve değişimin 'nerden-nereye' olduğunu tespit edebilmek için çapraz sınıflama yapılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsünde (Şekil 4.19) hangi sınıfın neye dönüştüğü ve sınıf başına düşen piksel miktarı Çizelge 4.5 ve 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 1993–1985Yılları Görüntü Çıkarma Değişim Matrisi

1985-1993 Görüntü Çıkarma	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1985	**1993**													
Dolu Tarım	27045	44160	1225	1189	534	295	2991	424	1253	6	51	261	16	79450
Boş Tarım	30918	5210	153	132	234	306	1401	564	568	0	64	12	15	39577
Kumul	4062	454	224	17	5441	62	378	189	535	16	11	29	0	11418
Tuzlu Düzlük	861	172	13	10	49	10	181	22	299	5	19	0	8	1649
Ağaçlandırma	352	409	27	26	923	1	65	0	12	0	4	2	0	1821
Yerleşim	545	61	13	37	5	78	37	13	4	0	0	0	12	805
Sazlık/kamiş	1611	2162	158	3318	80	21	1938	115	739	119	32	12	1	10306
Orman	293	221	20	4	1	2	47	765	5	0	0	0	0	1358
Su	1242	467	1252	308	42	102	1839	40	109643	329	793	22	8	116087
Geçici Lagün	81	15	1	42	17	6	303	0	541	15	4	0	0	1025
Sulak Vej.	228	83	26	35	25	27	420	10	1008	2	459	4	3	2330
Kumul Vej.	204	79	28	2	25	0	24	7	65	0	3	55	0	492
0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1045585	1045594
TOPLAM	67442	53493	3140	5120	7376	910	9633	2149	114672	492	1440	397	1045648	3231900

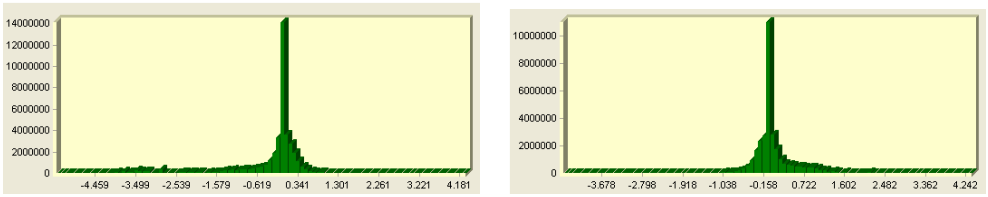
Çizelge 4.2. 1993–2005Yılları Görüntü Çıkarma Değişim Matrisi

1993-2005 Görüntü Çıkarma	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	**2005**													
Dolu Tarım	25670	39388	396	479	105	1809	1072	316	710	29	72	353	0	70399
Boş Tarım	69578	7718	45	99	322	252	909	320	721	0	27	36	0	80027
Kumul	3359	698	112	0	588	7	178	7	331	0	7	5	0	5292
Tuzlu Düzlük	1670	294	5	11	68	19	7213	9	594	110	19	0	29	10041
Ağaçlandırma	868	322	31	1	1064	32	21	9	162	2	3	4	0	2519
Yerleşim	207	578	2	10	0	117	53	2	18	0	9	3	0	999
Sazlık/kamiş	2563	2574	185	198	310	119	1842	234	1322	4	80	18	0	9449
Orman	589	1896	394	11	82	30	155	681	128	5	5	1	0	3977
Su	647	607	646	118	21	28	1236	12	265556	121	1510	43	156	270701
Geçici Lagün	12	25	2	4	0	0	323	10	501	5	5	0	9	896
Sulak Vej.	70	22	4	8	1	0	37	3	1081	2	535	2	0	1765
Kumul Vej.	405	31	9	1	26	1	1	5	55	0	18	15	0	567
0	15	9	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	855254	855280
TOPLAM	105653	54162	1831	940	2587	2414	13041	1608	271180	278	2290	480	855448	1311912



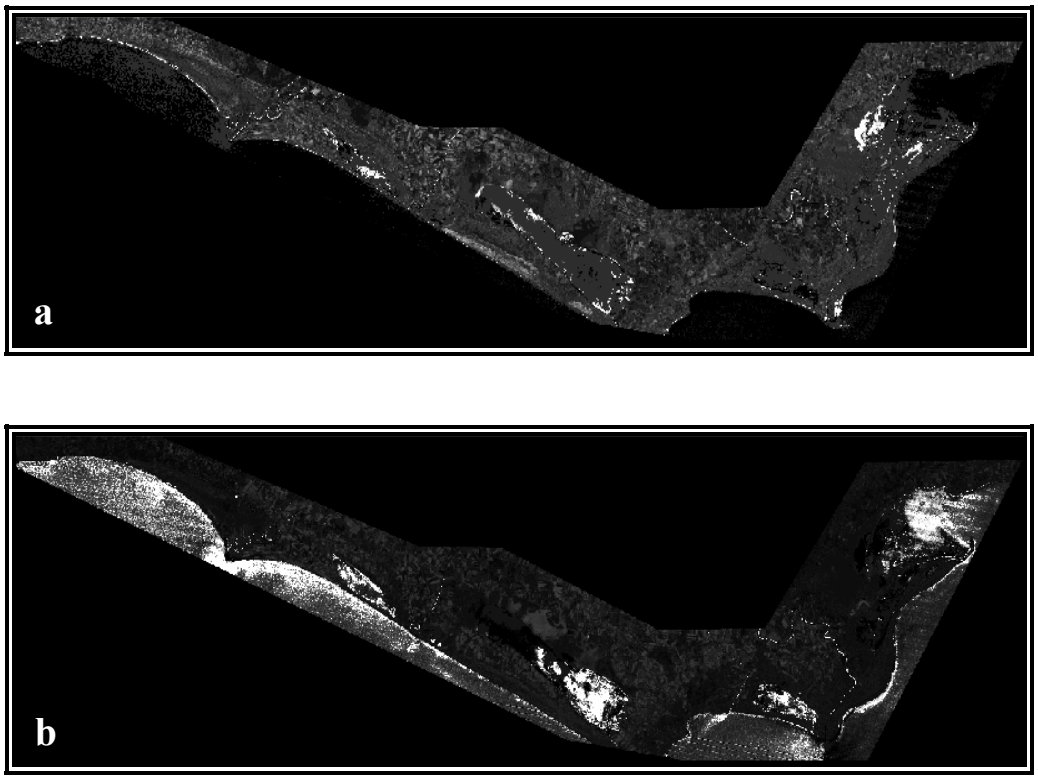
1985–1993 (a) **1985–1993 (a)**

Şekil 4.9. 1985–1993 Yılları Oran Görüntüsü Histogramı (a), 1993–2005 Yılları Oran Görüntüsü Histogramı (b).

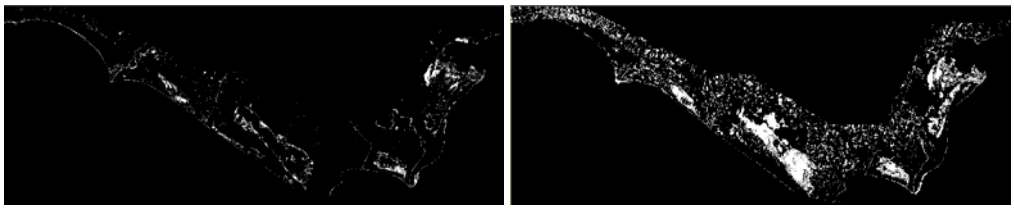


1985–1993 (a) **1985–1993 (a)**

Şekil 4.10.1985–1993 Yılları Logaritması Alınmış Oran Görüntüsü Histogramı (a), 1993–2005 Yılları Logaritması Alınmış Oran Görüntüsü Histogramı (b)

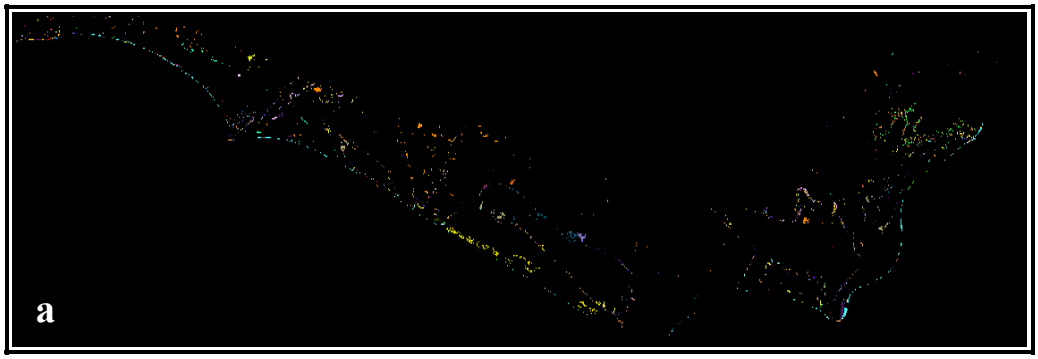


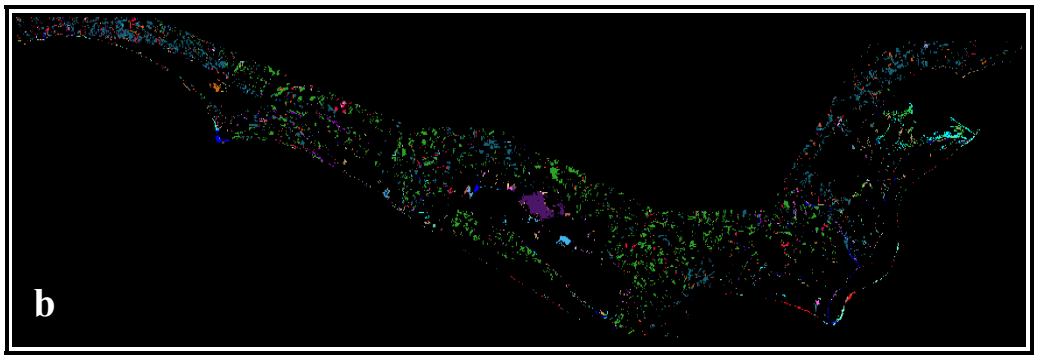
Şekil 4.11. 1985–1993 Yılları Görüntü Oranlama Sonuç Görüntüsü (a), 1993–2005 Yılları Arası Görüntü Oranlama Sonuç Görüntüsü (b)



1993–1985 (a) **2005–1993 (b)**

Şekil 4.12. 1985–1993 Yılları Kodlanmış Oran Görüntüsü (a) 1993–1985 Yılları Kodlanmış Oran Görüntüsü (b)





Şekil 4.13. 1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama Oran Görüntüsü (a), 1993–1985 Yılları Çapraz Sınıflama Oran Görüntüsü (b)

Çizelge 4.3. 1985–1993Yılları Görüntü Oranlama Değişim Matrisi.

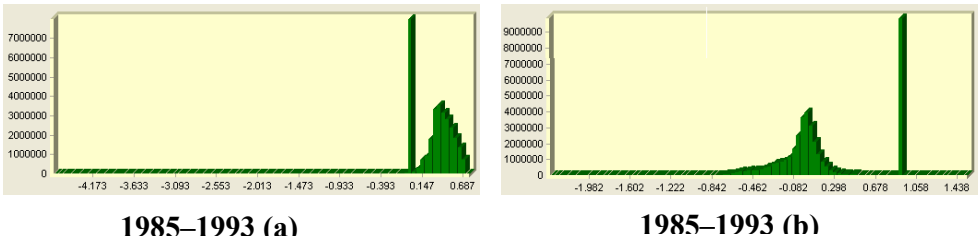
1985-1993 Görüntü Oranlama	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçici Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1985	**1993**													
Dolu Tarım	289	632	71	26	2	0	44	1	933	4	14	6	0	2022
Boş Tarım	2405	81	38	6	15	2	113	20	658	0	59	0	0	3397
Kumul	550	26	211	18	1766	10	69	18	799	44	26	4	0	3541
Tuzlu Düzlük	62	21	10	4	6	5	17	0	657	20	99	0	11	912
Ağaçlandırma	9	1	0	0	17	0	0	0	11	0	0	0	0	38
Yerleşim	27	0	0	2	0	0	4	2	4	0	0	0	18	57
Sazlık/kamiş	85	18	20	312	0	0	96	1	584	20	23	0	0	1159
Orman	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Su	908	429	1854	388	29	121	1593	19	307170	850	1294	37	10	314702
Geçici Lagün	31	8	1	41	11	3	176	0	1458	59	25	0	0	1813
Sulak Vej.	96	55	54	39	19	26	164	3	1771	10	1094	9	5	3345
Kumul Vej.	1	6	2	1	0	0	1	6	78	0	8	1	0	104
0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	980812	980817
TOPLAM	4463	1277	2261	837	1865	167	2282	70	314128	1007	2642	57	980856	1311912

Çizelge 4.4. 1993 –2005Yılları Görüntü Oranlama Değişim Matrisi.

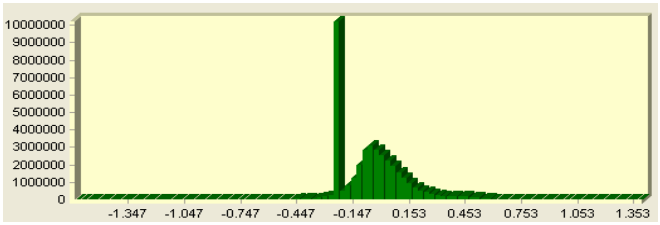
1993-2005 Görüntü Oranlama	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçici Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	**2005**													
Dolu Tarım	3574	26271	286	368	9	916	427	38	642	22	73	191	0	32817
Boş Tarım	29717	3031	24	97	47	173	167	18	726	4	30	6	0	34040
Kumul	1586	240	182	7	31	16	37	0	1105	19	53	0	0	3276
Tuzlu Düzlük	628	195	11	54	22	53	5361	9	931	119	47	0	39	7469
Ağaçlandırma	127	196	20	0	2	43	6	2	38	0	5	4	0	443
Yerleşim	40	500	10	26	0	149	18	0	29	0	15	0	0	787
Sazlık/kamiş	436	1045	140	137	76	89	247	13	1385	14	65	5	0	3652
Orman	66	833	262	6	2	24	24	27	22	5	0	1	0	1272
Su	560	774	1044	239	18	45	1064	11	324653	302	2511	45	142	331408
Geçici Lagün	4	43	22	12	0	3	103	1	1466	28	46	0	32	1760
Sulak Vej.	41	33	10	18	1	2	18	3	2701	3	1611	2	0	4443
Kumul Vej.	185	13	13	1	6	0	0	0	73	0	38	6	0	335
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	890205	890210
TOPLAM	36964	33179	2024	965	214	1513	7472	122	333771	516	4494	260	890418	1311912

4.2.3. Görüntü Regresyonu

Görüntü regresyonu, iki tarih arasındaki söz konusu alanlara ait piksel değerlerini ilişkilendirmek için standart doğrusal regresyon tekniğini kullanır. Çalışmada atmosferik düzeltilmesi ve radyometrik normalizasyonu yapılan ve NDVI'ları alınan görüntüler birbirinden çıkarıldıktan sonra 1993_1985 yılları arasındaki görüntü normal dağılıma uymadığı için logaritması alınmış (Şekil 4.14) ve eşik değerler bu görüntü temel alınarak hesaplanmış, 2005_1993 yılları arasındaki görüntü ise normal dağılıma uyduğu için eşik değer uygulaması direk görüntü üzerinden yapılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. 1985–1993 Yılları Regresyon Görüntüsü Histogramı (a), 1985–1993 Logaritması Alınmış Regresyon Görüntüsü Histogramı (b)

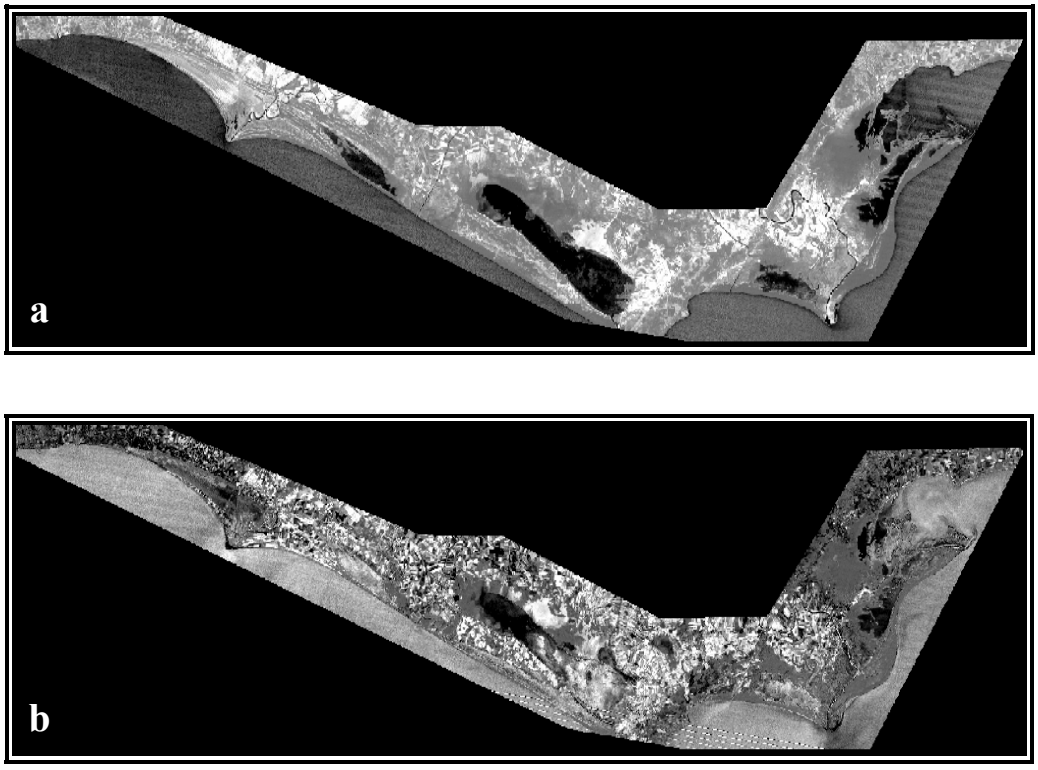


Şekil 4.15. 1993–2005Yılları Arası Regresyon Görüntüsü Histogramı

Şekil 4.15 (b)' de veri histogramında normal dağılım grafiğinin sağ tarafında Şekil 4.16'nin de sol tarafında görülen sütun verideki sıfırlardır. Değişim görüntüsünün sınıflanması sırasında bu değer, maskelenerek veriden uzaklaştırılmıştır. Çıkarma sonucu elde görüntüler Şekil 4.16'de verilmiştir

Görüntü regresyonu değişim analizi çalışmalarında özellikle ön hazırlık çalışmaları için kullanılan çok verimli bir yöntemdir. Yani yukarı bölümde

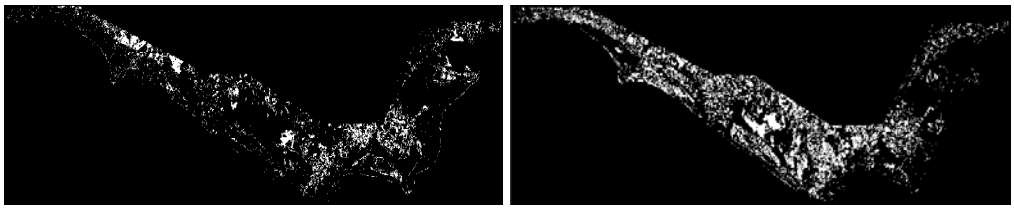
değinilen radyometrik normalizasyon prosedürünün temeli aslında regresyon modelidir. Yapılan araştırmalar normalizasyon uygulamasında en efektif yöntemin basit regresyon tekniği olduğunu göstermiştir. Bu nedenle görüntü çıkarma yönteminde normalizasyon sürecine gidilmeden atmosferik düzeltilmesi yapılmış görüntüler üzerinden çıkarma işlemi yapılırken, görüntü regresyonu yönteminde normalizasyon sürecinden sonra çıkarma işlemi yapılmıştır.



Şekil 4.16. 1993–1985 Yılları Arası Görüntü Regresyonu Sonuç Görüntüsü (a), 1993–2005Yılları Arası Görüntü Regresyonu Sonuç Görüntüsü (b)

Regresyon yönteminde, 1993 yılına ait uydu verisi 1985 yılına ait uydu verisinin doğrusal bir fonksiyonu olarak ele alınmış ve y = ax + b doğrusal fonksiyonu 1985 yılına ait uydu verisine uygulanmıştır. Böylece önceki tarihteki veri bağımsız değişken, sonraki tarihli veri bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Sonuçta 1985 verisi temel alınarak 1993 görüntüsü için tahmini bir görüntü oluşturulmuştur. Aynı prosedür 2005_1993 yılları arası değişimi tespit ederken de

takip edilmiş, burada bağımsız değişken 1993 görüntüsü, bağımlı değişken ise 2005 görüntüsü olmuştur. Regresyon sonucu elde edilen sonuç görüntülerine yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği şekilde 1.6σ eşik değer uygulanarak kodlanmış olan ve değişim alanların beyaz, değişim görülmeyen alanların siyah ile gösterildiği kodlanmış regresyon görüntüsü Şekil 4.17'de verilmiştir.



1993–1985 (a) **2005–1993 (b)**

Şekil 4.17. 1985–1993 Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (a),
1993 –2005 Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (b)

Son aşamada, elde edilen bu kodlanmış regresyon görüntüsü sınıflanmış olan 1985–1993 ve 2005 görüntüleri içerisinden çıkarılmış ve değişimin 'nerden-nereye' olduğunu tespit edebilmek için çapraz sınıflama yapılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsünde (Şekil 4.18) hangi sınıfın neye dönüştüğü ve sınıf başına düşen piksel miktarı Çizelge 4.5 ve 4.6'de verilmiştir.

4.2.4. Değişim Vektörü Analizi

Değişim vektörü analizinde en önemli basamaklar olan rektifikasyon ve radyometrik normalizasyon işlemleri yapıldıktan sonra değişim vektörü analizi yöntemi görüntülere uygulanmıştır. Değişim vektörü analizinde diğer tekniklerden farklı olarak iki farklı çıkış verisi elde edilmiştir. Bunlardan ilki değişimin büyüklüğü gösteren "büyüklük" (magnitude) verisi, ikincisi ise değişimin yönünü gösteren "yön" (direction) verisidir. Çalışmada değişimin büyüklüğünü ölçmek için değişimin uzayında vektör başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafenin ölçüldüğü Öklid mesafesi hesaplanmıştır.

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

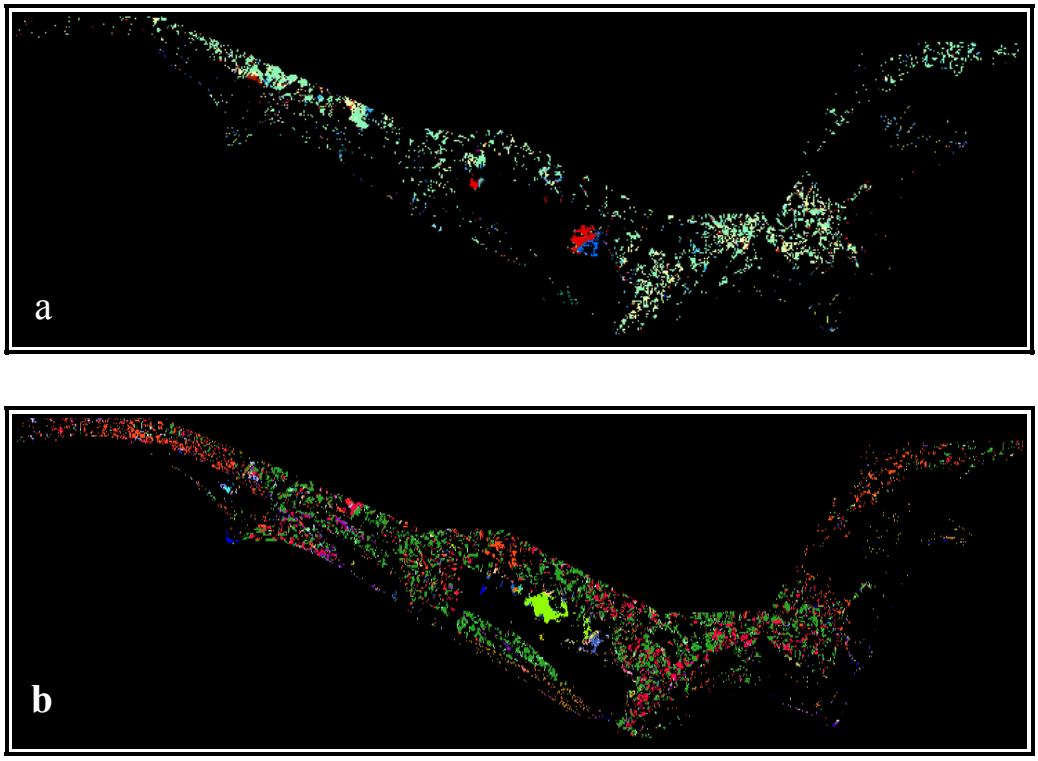
Burada;

X_2: ikinci zamanlı uydu görüntüsüne ait yakın kızıl ötesi bandı (bant 4),

X_1: ilk zamanlı uydu görüntüsüne ait yakın kızıl ötesi bandı (bant 4)

Y_2: ikinci zamanlı uydu görüntüsüne ait kırmızı bant (bant3)

Y_1: ilk zamanlı uydu görüntüsüne ait kırmızı bant (bant3)'dır.



Şekil 4.18. 1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama Regresyon Görüntüsü (a), 1993–2005 Yılları Çapraz Sınıflama Regresyon Görüntüsü (b)

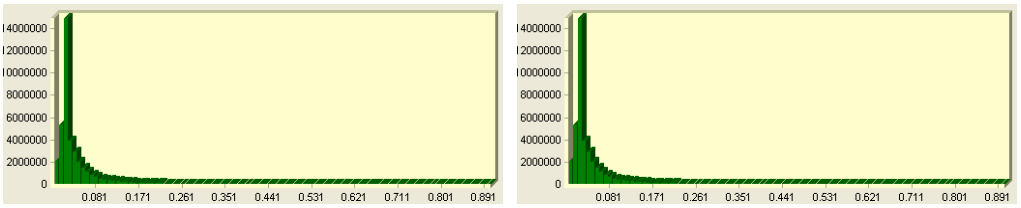
1985–1993–2005 görüntülerine vektör değişim analizi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçların histogram değerleri Şekil 4.19'de verilmiştir. Görüldüğü üzere verilerde çarpıklık söz konusudur. Bu çarpıklığı gidermek için verilerin logaritması alınarak, normal dağılıma uygun hale getirilmiştir (Şekil 4.20).

Çizelge 4.5. 1985–1993Yılları Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi

1985-1993 Görüntü Regresyonu	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	2005													
Dolu Tarım	18659	47778	1314	1295	576	278	2856	201	1312	5	70	268	16	74628
Boş Tarım	736	4491	170	157	7	20	144	3	608	1	65	2	4	6408
Kumul	3	16	28	6	0	0	4	0	560	18	11	1	0	647
Tuzlu Düzlük	33	95	5	1	4	0	3	0	310	5	21	0	9	486
Ağaçlandırma	79	508	29	27	356	3	27	1	12	0	0	2	0	1044
Yerleşim	22	63	10	38	0	12	11	0	4	0	0	0	12	172
Sazlık/kamiş	630	2389	182	3552	82	13	1688	68	783	123	41	10	0	9561
Orman	73	289	41	7	0	4	37	92	5	0	0	0	0	548
Su	82	118	9	42	2	0	53	1	245341	8	235	4	0	245895
Geçici Lagün	1	0	0	35	0	1	3	0	480	14	6	0	0	540
Sulak Vej.	4	50	3	17	0	0	10	0	1129	1	447	0	0	1661
Kumul Vej.	7	89	31	1	0	0	0	0	67	0	3	29	0	227
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	970095	970095
TOPLAM	20329	55886	1822	5178	1027	331	4836	366	250611	175	899	316	970136	1311912

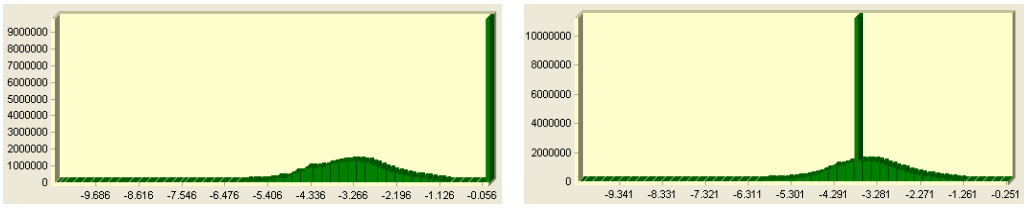
Çizelge 4.6. 1993–2005Yılları Görüntü Regresyonu Değişim Matrisi

1993-2005 Görüntü Regresyonu	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	2005													
Dolu Tarım	28553	21611	179	229	77	822	728	107	534	18	37	167	0	53062
Boş Tarım	72406	6281	42	31	336	168	965	356	645	0	17	37	0	81284
Kumul	3466	551	89	0	677	6	185	6	231	0	2	5	0	5218
Tuzlu Düzlük	1707	265	4	9	69	10	7185	9	541	109	12	1	27	9948
Ağaçlandırma	1051	130	13	0	1698	13	25	1	205	0	1	1	0	3138
Yerleşim	239	170	0	2	0	30	47	4	11	0	8	0	0	511
Sazlık/kamiş	2907	871	82	49	357	43	2112	94	1065	0	31	4	0	7615
Orman	386	630	262	5	2	23	35	125	18	5	1	1	0	1493
Su	640	417	242	58	24	15	1181	13	70240	57	803	36	64	73790
Geçici Lagün	13	19	2	3	0	0	311	13	352	4	3	0	2	722
Sulak Vej.	75	17	1	3	1	0	42	3	685	0	178	2	0	1007
Kumul Vej.	422	24	1	0	26	1	1	8	50	0	10	1	0	544
0	19	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1073556	1073580
TOPLAM	111884	30989	917	389	3267	1131	12818	739	74578	193	1103	255	1073649	1311912



1985 –1993 (a) **1993–2005 (a)**

Şekil 4.19. 1985–1993 Yılları CVA Görüntüsü Histogramı (a), 1993–2005 Yılları CVA Görüntüsü Histogramı (b)



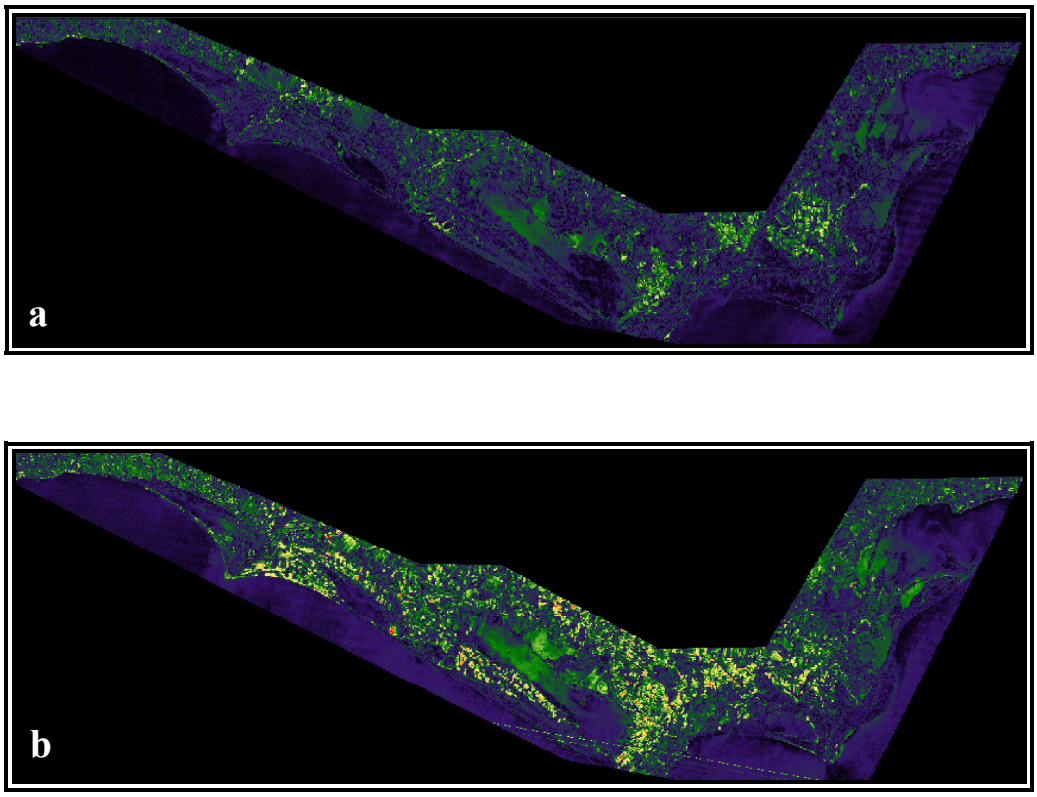
1985–1993 (b) **1993–2005 (b)**

Şekil 4.20. 1985–1993Yılları Logaritması Alınmış CVA Görüntüsü Histogramı (a), 1993–2005Yılları Logaritması Alınmış CVA Görüntüsü Histogramı (b)

Burada diğer yöntemlerden farklı olarak şu aşamalar izlenmiştir. İlk olarak elde edilen değişimin büyüklüğünü gösteren sonuç verisinin (magnitude) (Şekil 4.21) yukarıda bahsedildiği üzere logaritması alındıktan sonra 1,6σ eşik değer uygulaması yapılmıştır. Yön görüntüsü değerlerinin oluşmasında değişim vektörünün izlediği yol temel olduğundan yön verisinde değerler 0 ile 360 derece arasında değişmektedir (şekil 4.22). Böylece değişimin 'nerden-nereye' olduğu tespit edilmektedir. Fakat elde edilen sonuçların yorumlanması diğer tekniklere göre daha karmaşık olduğundan yön verisini daha kolay yorumlayabilmek için sektör kodlaması gerçekleştirilmiştir. Kodlama işleminde temel mantık analitik düzlem olduğu için, çalışmanın amacına göre kod aralıkları belirlenebilmektedir. Çalışmada sektör kodları 16 sınıf halinde gruplandırılmışlardır. Daha sonra elde edilen bu kodlanmış görüntü büyüklük görüntüsü ile çakıştırılarak hem değişimin büyüklüğünü hem de yönünü gösteren tek bir sonuç verisi elde edilmiştir.

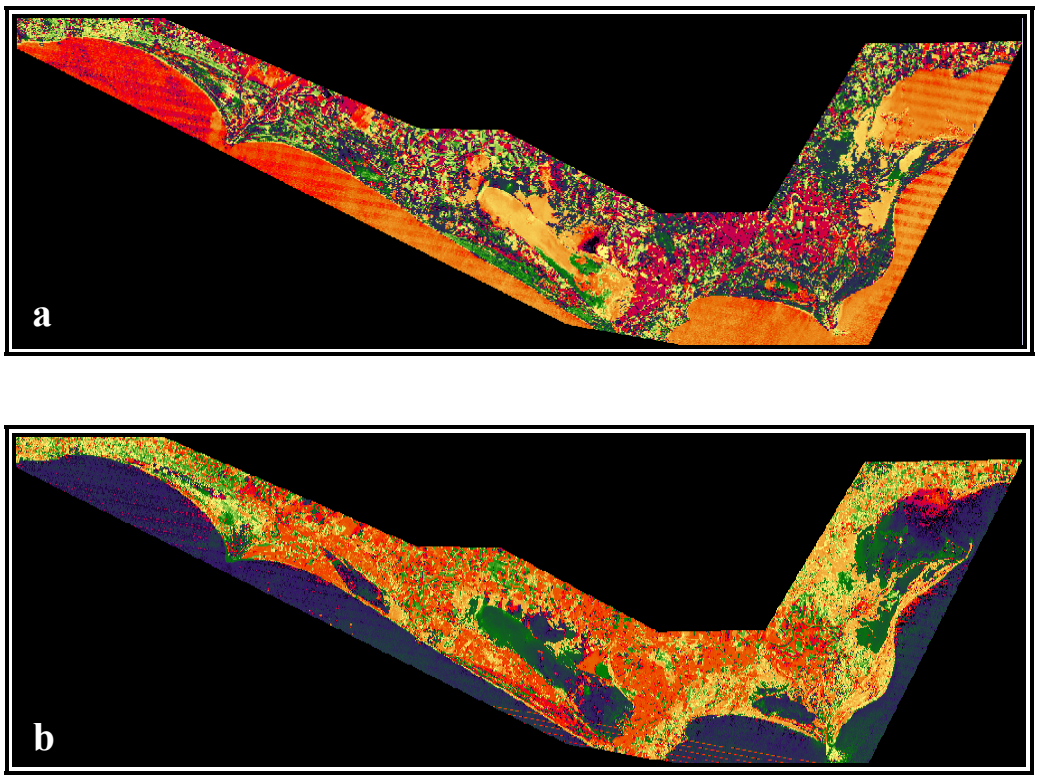
Şekil 21'da verilen büyüklük görüntüsünde yeşilin tonları şeklinde görülen alanlar değişim alanlarını göstermektedir. Şekil 4.23'de verilen görüntüler ise eşik değer uygulanmış büyüklük ve yön verilerinin çakıştırılması ile edilen görüntüleri

göstermektedir. Bu vektör değişim analizinin sonuç görüntüsüdür. Fakat karşılaştırmalı analizlerde CVA'nın bu orijinal sonuç verisi kullanılmamış, diğer yöntemlerde izlenen yol takip edilerek bulunan sonuç verileri dikkate alınmıştır.



Şekil 4.21. 1985–1993 Yılları CVA Büyüklük Görüntüsü (a), 1993–1985 Yılları CVA Büyüklük Görüntüsü (b)

Son aşamada, büyüklük görüntüsüne 1.6σ eşik değer uygulanarak elde edilen kodlanmış CVA görüntüsü (Şekil 4.24) sınıflanmış olan 1985–1993 ve 2005 görüntüleri içerisinden çıkarılmış ve değişimin 'nerden-nereye' olduğunu tespit edebilmek için çapraz sınıflama yapılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsünde (Şekil 4.25) hangi sınıfın neye dönüştüğü ve sınıf başına düşen piksel miktarı Çizelge 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.



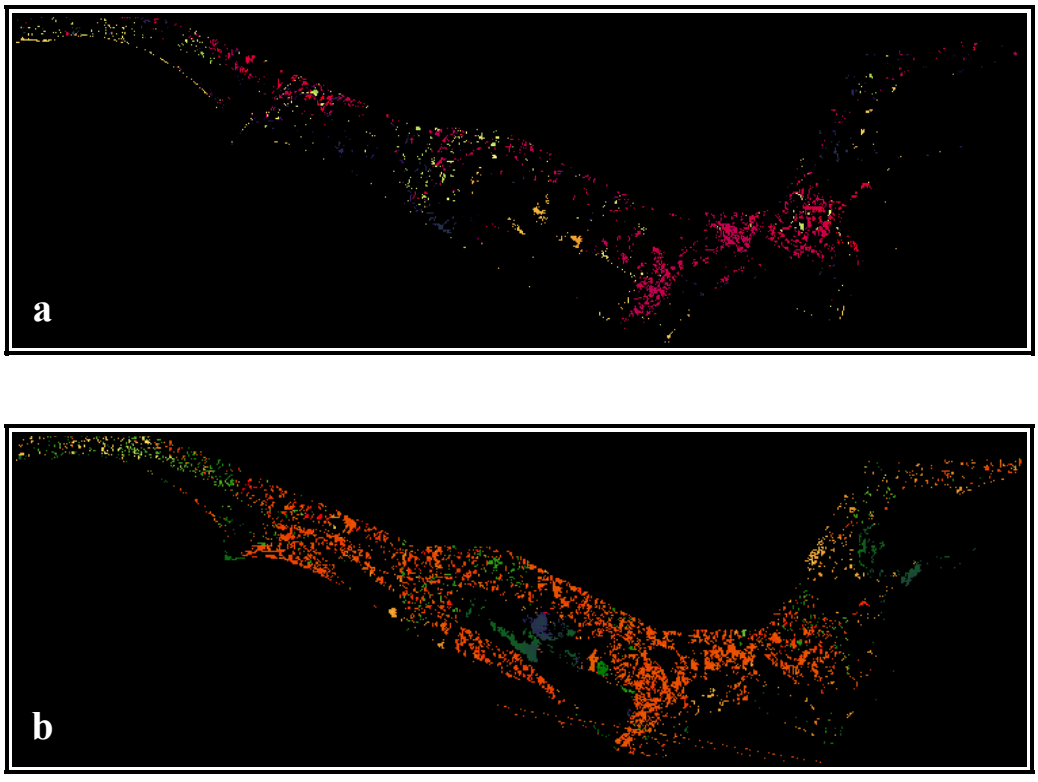
Şekil 4.22.1985–1993 Yılları CVA Yön Görüntüsü (a), 1993–1985 Yılları CVA Yön Görüntüsü (b)

4.3. Doğruluk Analizleri

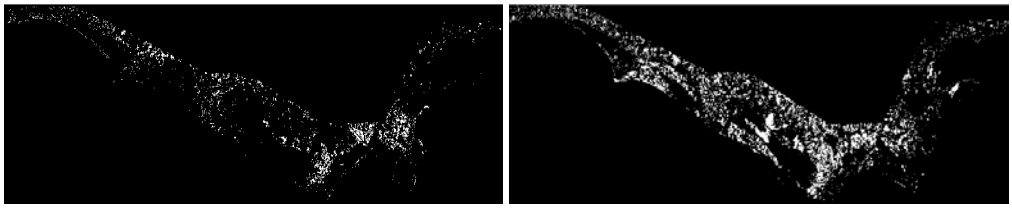
Doğruluk analizlerinde çapraz sınıflama ve Kappa indeksi hesaplamaları birlikle kullanılmıştır. Obje tabanlı sınıflanan referans verileri (Şekil 4.26) sınıflanmış olan her bir değişim analizi tekniği verilerine karşı çapraz sınıflanarak bir hata matrisi oluşturulmuş (Çizelge 4.9) ve kappa indeksi ile doğruluk yüzdeleri tespit edilmiştir. Bunun için öncelikle referans verilerinde 1985–1993–2005 yıllarında meydana gelen değişimler tespit edilmiş daha sonra bu değişimler uygulanan 4 farklı değişim analizi tekniğinin ürettiği sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, 1985–1993 ve 1993-2005 yılları meydana gelen değişimi tespit etmede değişim vektörü analizi tekniği diğer tekniklere göre daha iyi sonuç vermiş, 1985-1993 yıllarında görüntü çıkarma ikinci görüntü regresyonu üçüncü, 1993-2005 yıllarında ise görüntü regresyonu ikinci, görüntü çıkarma üçüncü

sırayı almış, görüntü oranlama ise hem 1985-1993 hem de 1993-2005 yıllarında değişimi tespitte en düşük doğruluk yüzdesi ile son sırayı almıştır.



Şekil 4.23. 1985–1993 Yılları CVA Büyüklük ve Yön Görüntüsü (a). 1993–2005 Yılları CVA Büyüklük ve Yön Görüntüsü (b)

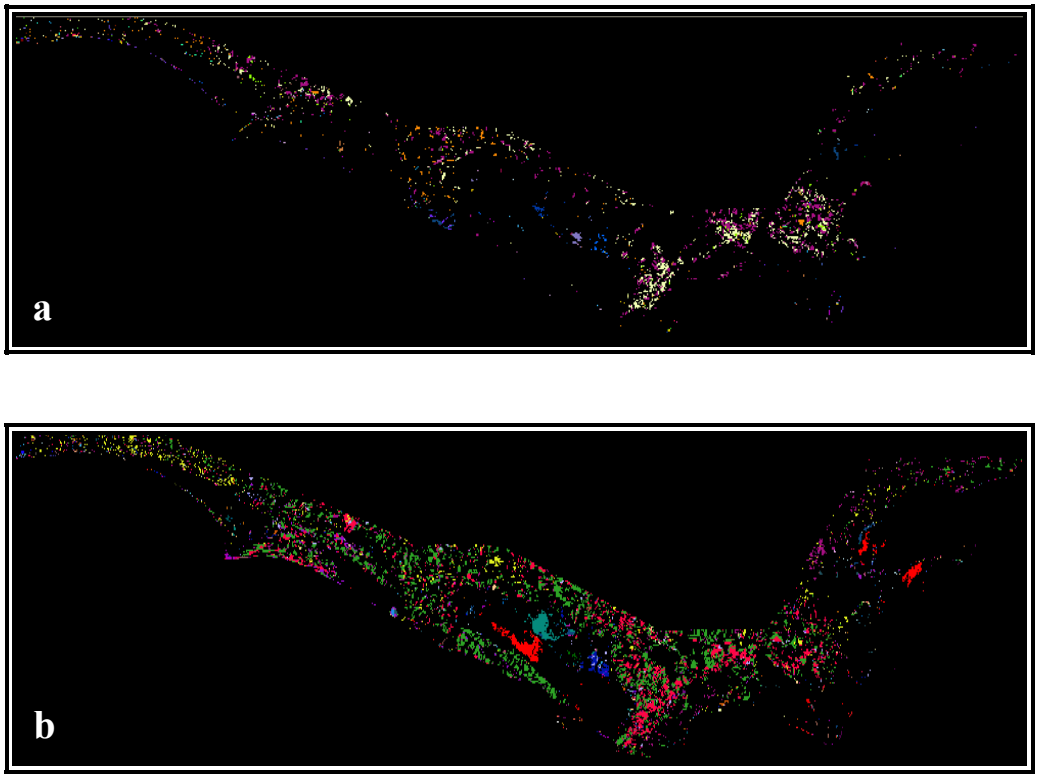


1993–1985 (a) **2005–1993 (b)**

Şekil 4.24. 1993–1985 Yılları Kodlanmış Vektör Görüntüsü (a), 2005–1993 Yılları Kodlanmış Regresyon Görüntüsü (b)

Yapılan analizler sonucu alandaki değişimler göz önüne alındığında tarım faaliyetleri, kıyı erozyonu ve birikmelerden sonucu kumul alanlarda meydana gelen değişimler, özellikle Akyatan'nın güneyinde ağaçlandırma çalışmaları dolayısıyla

meydana gelen değişimler, tuzlu düzlüklerde ve sazlık ve kamışlık olarak sınıflanan vejetasyon alanlarında yine tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelen azalmalar ile tarım alanlarında dolu tarımdan boş tarıma ya da boş tarımdan dolu tarıma doğru olan değişimler dikkat çekici değişimler olarak saptanmıştır.



Şekil 4.25.1985–1993 Yılları Çapraz Sınıflama CVA Görüntüsü (a), 1993–2005 Yılları Çapraz Sınıflama CVA Görüntüsü (b)

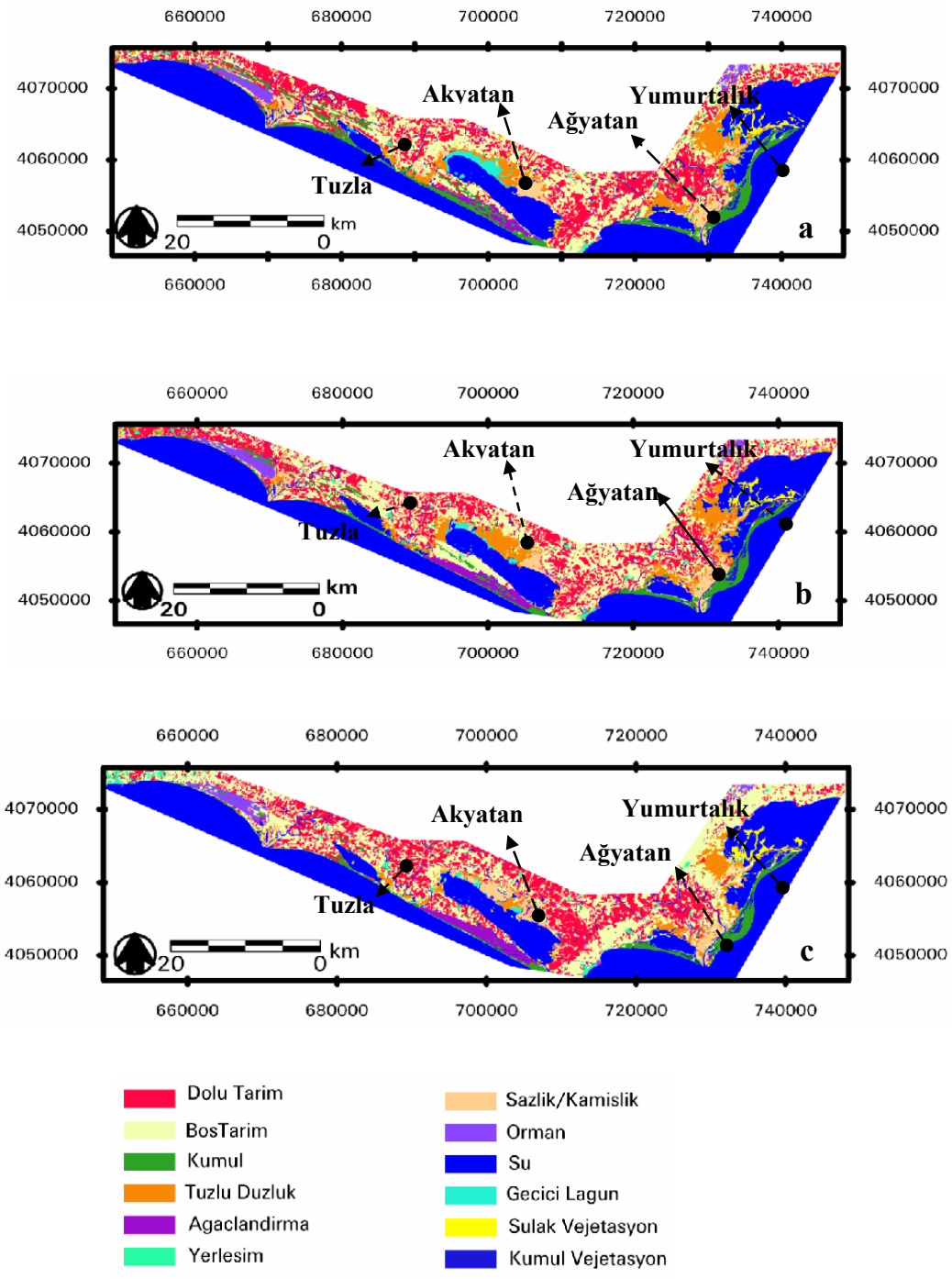
Bunun dışında yerleşim bölgesi sınırlarındaki artışlar, özelikle Tuzla'nın batısında bulunan Turan Emeksiz Ormanında tarla açma sonucunda meydana gelen kayıplar, gerçek bir kayıp ya da kazanım olmamakla birlikte mevsimsel değişimlere bağlı olan tuzlu düzlükler ve geçici lagünlerde birbirlerine olan dönüşümler alandaki diğer değişimler olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.7. 1985–1993 Yılları CVA Değişim Matrisi

1985-1993 CVA	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	2005													
Dolu Tarım	14550	19737	644	423	441	76	1466	72	869	2	40	230	28	38578
Boş Tarım	3729	1329	16	71	7	45	261	42	248	2	29	30	60	5869
Kumul	215	52	20	38	3	10	30	0	108	2	10	0	1	489
Tuzlu Düzlük	63	216	28	117	6	20	109	1	1097	28	317	1	49	2052
Ağaçlandırma	28	171	0	2	4	0	24	0	2	0	6	0	0	237
Yerleşim	31	33	2	54	0	22	5	0	5	4	0	0	28	184
Sazlık/kamiş	296	441	9	784	8	3	804	1	226	3	28	0	0	2603
Orman	26	9	0	2	0	0	4	15	1	0	0	0	0	57
Su	717	186	605	322	9	142	486	18	299	38	2	0	14	2838
Geçici Lagün	40	6	0	683	0	2	33	0	285	2	29	0	0	1080
Sulak Vej.	59	23	5	65	0	50	27	4	26	0	13	0	20	292
Kumul Vej.	10	20	0	1	0	0	0	1	17	0	0	0	0	49
0	6	0	0	0	0	5	9	0	0	0	0	0	1257564	1257584
TOPLAM	19770	22223	1329	2562	478	375	3258	154	3183	81	474	261	1257764	1311912

Çizelge 4.8. 2005–1993 Yılları CVA Değişim Matrisi

1993-2005 CVA	Dolu Tarım	Boş Tarım	Kumul	Tuzlu Düzlük	Ağaçlandırma	Yerleşim	Sazlık/Kamış	Orman	Su	Geçiçi Lagün	Sulak Vej.	Kumul Vej.	0	TOPLAM
1993	**2005**													
Dolu Tarım	33044	10563	66	98	22	292	387	147	606	12	92	113	0	45442
Boş Tarım	57056	9884	40	177	82	354	250	98	471	1	38	9	0	68460
Kumul	2767	316	40	51	8	55	35	0	476	3	52	0	0	3803
Tuzlu Düzlük	930	448	23	322	12	86	4127	8	1554	378	317	0	31	8236
Ağaçlandırma	1115	144	0	0	14	5	11	0	195	0	0	0	0	1484
Yerleşim	201	199	6	6	0	64	13	0	77	7	20	0	0	593
Sazlık/kamiş	2687	907	33	114	163	81	2374	117	739	3	66	0	0	7284
Orman	295	131	34	1	2	3	36	16	192	4	6	1	0	721
Su	505	761	374	823	11	55	445	8	8527	41	126	17	206	11899
Geçici Lagün	10	69	6	117	0	1	1	0	66	3	43	0	35	351
Sulak Vej.	82	66	10	113	1	7	20	0	39	12	6	2	0	358
Kumul Vej.	319	22	0	1	0	1	1	2	45	0	9	0	0	400
0	38	52	0	0	0	69	9	0	13	0	0	0	1162700	1162881
TOPLAM	99049	23562	632	1823	315	1073	7709	396	13000	464	775	142	1162972	1311912



Şekil 4.26. 1985 Yılı Referans Verisi (a), 1993 Yılı Referans Verisi (b), 2005 Yılı Referans Verisi (c)

Çizelge 4.9. Değişim Analizleri Hata Matrisi ve Doğruluk Yüzdeleri (a) Görüntü Çıkarma, (b) Görüntü Oranlama, (c) Görüntü Regresyonu, (d) CVA

1985_1993	Referans Verisi		
ÇIKARMA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	127504	138823	266327
Değişmeyen	327016	718569	1045585
Toplam	454520	857392	1311212

Toplam Doğruluk = 0.7378

1993_2005	Referans Verisi		
ÇIKARMA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	147159	309501	456660
Değişmeyen	309706	545546	855252
Toplam	456865	855047	1311912

Toplam Doğruluk = 0.6561

(a)

1993_1985	Referans Verisi		
ORANLAMA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	27919	303181	331100
Değişmeyen	426601	554211	980812
Toplam	454520	857392	1311912

Toplam Doğruluk = 0.591

2005_1993	Referans Verisi		
ORANLAMA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	89518	332204	471722
Değişmeyen	367347	522843	890190
Toplam	456865	855057	1311912

Toplam Doğruluk = 0.6105

(b)

1985_1993	Referans Verisi		
REGRESYON	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	738332	268193	341817
Değişmeyen	380896	589199	970095
Toplam	454520	857392	1311912

Toplam Doğruluk = 0.6365

1993_2005	Referans Verisi		
REGRESYON	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	121642	116715	238357
Değişmeyen	335223	738332	1073555
Toplam	456865	855047	1311912

Toplam Doğruluk = 0.7452

(c)

1985_1993	Referans Verisi		
CVA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	37825	16528	54353
Değişmeyen	416695	840864	1257559
Toplam	454530	857392	1311912

Toplam Doğruluk = 0.7524

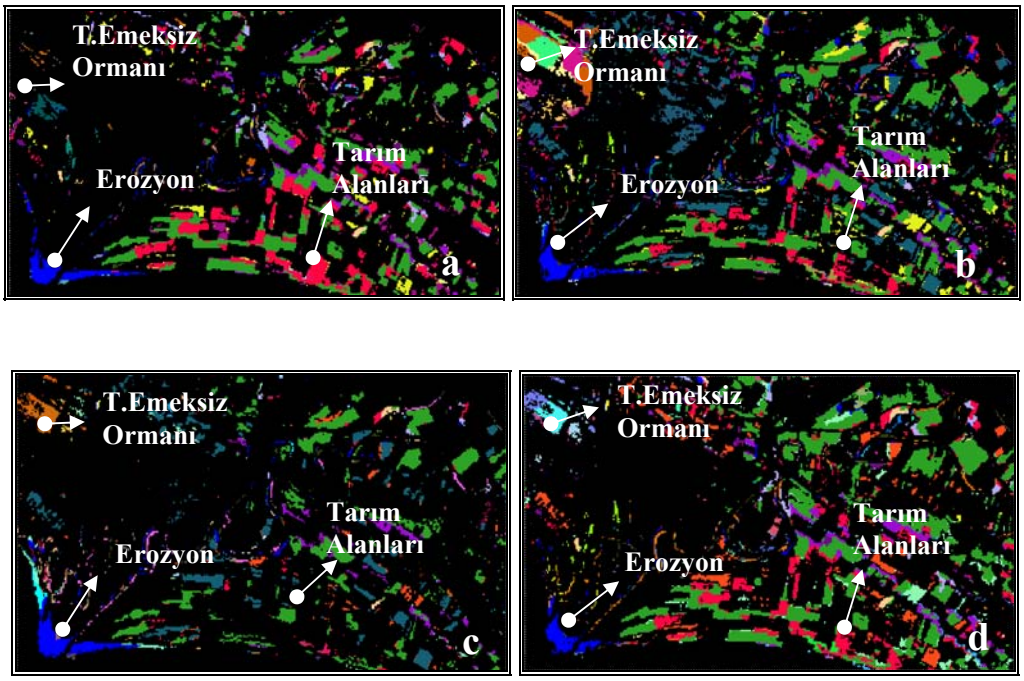
1993_2005	Referans Verisi		
CVA	Değişen	Değişmeyen	Toplam
Değişen	87615	61619	149234
Değişmeyen	369250	793428	1162678
Toplam	456865	855047	1311219

Toplam Doğruluk = 0.7555

(d)

Şekil 4.27'de yukarıda bahsedilen değişimlere örnek olması açısından dört farklı değişim analizi yönteminin ürettiği Tuzla Lagünü'nün güney bölümü ile hemen batısında bulunan Berdan Nehri ve civarında meydana gelen değişimler görülmektedir. Berdan nehrinin ağzında mavi renk ile gösterilen bölge kıyı erozyonu sonucu kaybedilen alanı göstermektedir. Kırmızı ve yeşil olarak görülen bölge tarım alanlarıdır. Yeni tarım alanları elde etmek için alan açma çalışmaları sonucu kumul alanlar yeni tarım alanlarına dönüşmüştür. Turan Emeksiz Ormanı civarında da yeni tarım alanları oluşumu görülmektedir.

Çalışmada, yapılan sınıflanma sonucu alanda 12 adet sınıf bulunmuştur. Çizelgelerde, bulunan bu sınıfların birbiri içerisindeki değişimleri görülmektedir. Matrislerde gri renk ile gösterilen, köşegen boyunca yer alan pikseller değişmeyen, köşegenler dışında kalan pikseller ise değişen alanları göstermektedir. Örnek vermek gerekirse, Çizelge 4.2'de görüntü çıkarmada, 25670 adet piksel 1993 yılında dolu tarım olarak bulunmuş, 2005 yılında yine dolu tarım olarak kalmış yani değişim göstermemiştir. Benzer olarak 588 adet piksel 1993 yılında kumul alan iken, 2005 yılında ağaçlandırma alanına dönmüş, yani değişmiştir. Aynı değişimler Çizelge 4.6'da görüntü regresyonunda, sırası ile 28553 ve 677 piksel olarak bulunmuştur. Uygulanan 4 farklı değişim analizi tekniği çalışma alanında meydana gelen değişimleri farklı oranlarda tespit etmiştir. Çizelgelerde "0" değeri yukarı bölümlerde verilen kodlanmış görüntülerde siyah renkle gösterilen "0" kodlu değeri temsil etmektedir.



Şekil 4.27. Değişen Alanların Farklı Tekniklerle Gösterimi, (a) CVA, (b) Çıkarma, (c) Oranlama, (d) Regresyon

Dolu ve boş tarıma doğru olan dönüşüm, yukarı bölümde verilen her bir yönteme ait değişim çizelgelerinden de görüldüğü üzere, büyük ölçüde o anda arazide ürün bulunup bulunmama durumuna göre olan değişimi temsil etmektedir. Bu durumda gerçek anlamda bir kayıp ya da kazanım olmadığı için değişim olarak kabul edilmese de yöntemlerin kıyaslanması açısından göstergelerden biri olarak kabul edilmiştir. Tarım alanlarında çalışma için önem teşkil eden değişim kumul alanlardan tarım alanlarına doğru olan değişimdir.

Kumula olan dönüşümlerde dikkat edilmesi bir konu vardır. Normal olarak kaybedilen kumul alanların geri dönüşümü mümkün olmamaktadır. Fakat çalışma alanında gerek kumullarda yürütülen tarım faaliyetleri gerekse sıkça rastlanan 'kum serme' olaylarından dolayı gerçek kumul alanları ile boş tarım alanlarının yansıma özellikleri aynı olduğu için ayırt etmek oldukça zor olmuştur. Bu yüzden dolu ve boş tarımdan kumula olan dönüşüm gerçekte o anda zaten tarım arazisi olmuş fakat ürün bulunmayan ya da nadasa bırakılmış kumul alanları temsil etmektedir. Burada dikkat çeken değişim, kıyı erozyonunun tersine birikmeden dolayı sudan kumula doğru olan

değişimdir. Tuzlu düzlük, geçici lagün ve sazlık/kamışlık olarak sınıflanan vejetasyona dönen alanlarda, mevsimsel değişimlerden dolayı sazlık/kamışlık alanların miktarında görülen artış ve azalış, lagün suyunun azalıp artmasından dolayı görülen artış ve azalış ile lagün yakınlarına kadar gelen tarım alanlarındaki artış dikkat çekicidir.

Ağaçlandırmaya dönen alanlar, özellikle Akyatan Lagünü'nün hemen güneyinde 1955 yılında kumul stabilizasyonu amacıyla başlatılan ve 1985 yılında tamamlanan ve günümüze kadar yaklaşık 3687 ha'lık bir alan kaplayan bölgedeki değişimi ifade etmektedir. Ağaçlandırma çalışmalarından sonra bu bölgede zaman zaman yapılan ağaç kesimleri ya da vejetaston örtüsünün zayıflaması nedeniyle ağaçtan kumula ya da kumuldan ağaca dönüşümler olmaktadır.

Yerleşime dönen alanlar, hem zaten mevcut olan yerleşim birimlerindeki genişlemeyi hem de farklı yerlerde oluşan ufak çaplı yerleşim birimlerindeki artışı temsil etmektedir Ormana dönen alanların miktarı sayısal olarak çok önemli bir değişim olarak görülmese de, Turan Emeksiz Ormanı ile Yumurtalık bölgesinin kuzeyinde bulunan ormanlık alanlardaki artış ve azalmayı temsil etmektedir. Emeksiz ormanında yeni tarım alanları açma faaliyetlerinden dolayı bir azalma görülürken, yukarı kısımdaki ormanlık alanlarda artış gözlemlenmiştir.

Suya dönen alanlar, büyük ölçüde kıyı erozyon sonucu kaybedilen alanlar ile mevsimsel etkilerden dolayı zaman zaman suyun alçalıp yükselmesinden doğan değişimi temsil etmektedir.

Sulak vejetasyona dönen alanlar, özellikle Yumurtalık bölgesinde su altında ve lagün kenarlarında bulunan vejetasyonda görülen değişimi temsil etmektedir.

Kumul vejetasyonuna dönen alanlarda önemli bir değişim saptanmamıştır. Zaten kumul vejetasyonunun yoğun görüldüğü alan Yumurtalık bölgesidir. Bu alanlarda Akyatan ve Tuzla' da görülen yoğun kumul tarım faaliyetleri olmadığı için bu alanlar homojenliklerini korumuşlarıdır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Çukurova deltasında arazi örtüsü değişimlerini tespit etmek için görüntü çıkarma, görüntü oranlama, görüntü regresyonu, vektör değişim analizi olmak üzere 4 farklı değişim analizi yöntemi karşılaştırılmış ve alan için en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Değişim analizlerinin başarısında önemli rol oynayan faktörler: (i) Seçilen görüntüler arasındaki tarihlerin birbirine uyumlu olması mümkünse farklı yıllara fakat aynı aylara ait veri setlerinin seçilmesi; (ii) değişim kategorilerinin tespit edilmesi ve (iii) alan için en uygun değişim analizi algoritmasının belirlenmesidir. Çalışmada görüntüler arası mevsimsel farklılıkları minimum seviyeye indirmek için 30 m yer çözünürlüğüne sahip Landsat TM, 1985, 1993 ve 2005 yıllarına ait Temmuz verileri kullanılmıştır.

Ön hazıklık aşamalarından geometrik kayıt bütün teknikler için oldukça önemli bir basamak olup hata payı yaklaşık olarak 0.2 piksel kadar bulunmuştur. Hata payının olabildiğince düşük olması analizlerin doğruluk yüzdelerini önemli ölçüde artırmaktadır.

Atmosferik düzeltmede Chavez (1996) tarafından geliştirilen cos(t) model kullanılmıştır. Yapılan araştırmalara göre cos(t) modeli ileri düzeyde atmosferik ölçüm parametlerine gereksinim duyan modeller kadar doğru sonuçlar üretmektedir. Bu aşamada görüntüdeki pusu uzaklaştırmak için DN pus değerinin belirlenmesi önemlidir. Çünkü düzeltmede kullanılan diğer değerler veri setinden elde edilmiştir. Görüntüdeki en koyu yansıma değerini bulmak için görüntü histogramından yararlanılmıştır. Aksi takdirde sonuçlarda hatalar gözlemlenmektedir.

Radyometrik normalizasyon sadece CVA için kritik bir adım olmasına karşın, tüm teknikler için uygulanmıştır. Burada yaşanan sorun değişmeyen yalancı öğelerin seçilmesi olmuştur. Çünkü zaman aşımı sonucu değişmeyen obje bulmak zordur. Çalışmada seçilen PIFs'ler zaman süresince değişime uğraması zor olan öğelerden seçilmeye çalışılmıştır. Bunun için özellikle şehir alanlarındaki büyük yapıtlar, yollar, kayalık alanlar, su yüzeyleri seçilmiştir. Çalışma için seçilen PıFs' lerin doğruluğu PCA yöntemi ile test edilmiş ve sonuçlar 1993–1985 ve 2005–1993

yılları için korelasyon katsayısı 0.9'un üzerinde çıkmıştır. Aksi taktirde seçilen öğelerin zenginleştirilmesi gerekir. Daha sonra çalışmada kullanılacak olan bantlar yeniden PIFs ile ilişkilendirilerek regresyon fonksiyonu belirlenmiş ve normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

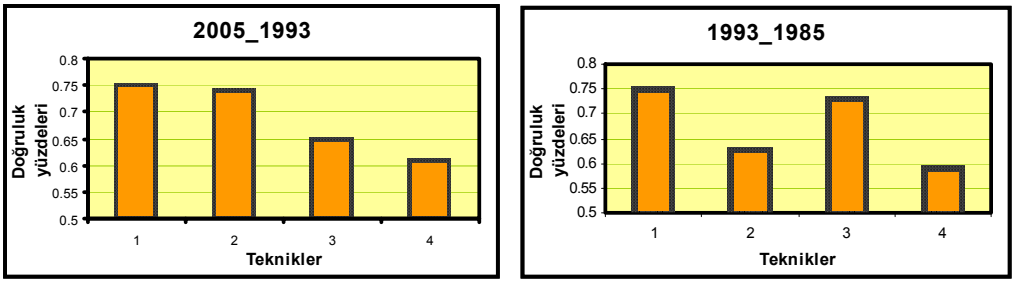
Kullanılan tekniklerden, görüntü çıkarma, görüntü oranlama, görüntü regresyonu 'değişim var/değişim yok' bilgisi veren yöntemler içerisindedir. CVA ise 'den/e' değişim bilgisi veren yöntemler arasında yer almaktadır. Değişim var/değişim yok bilgisi veren yöntemlerde yaşanan zorluk değişim bilgisini sunan histogramda uygun eşik değerlerini belirlemek olmuştur. Uygun eşik değerinin seçilmesinde kullanılan yöntem, alana ait bilgilerle değiştiği kesin olarak saptanmış alanlar göz önüne alınarak, deneme yoluyla uygun olan değerin seçilmesi olmuştur. CVA yönteminde de diğer teknikler için saptanan eşik değeri kullanılmıştır. Fakat CVA'nın kendi çıkış verisi olan 'büyüklük' (magnitude) görüntüsü temel alınarak bu yöntem için en uygun eşik değer belirlenebilir. Böylece değişim sonuç görüntüsünün doğruluk yüzdesi de artmış olur.

Değişimin nerden/nereye olduğunu tespit edebilmek için sınıflanmış görüntü içerisinden alınmış değişim görüntüleri çapraz sınıflamaya tabi tutulmuştur. Böylece hangi sınıfın neye dönüştüğü ve sınıf başına düşen piksel miktarı hazırlanmış çizelgelerden gözlemlenmiştir. Fakat alanda, tuzlu düzlükler, yerleşim ve sera alanları, ya da kumul alanlar ve kumul tarım alanları gibi objeler benzer/aynı yansıma özelliği gösterdiği için sınıflamalarla bir takım hatalar gözlenmiş, obje tabanlı sınıflama yaparken bu hatalar manüel olarak düzeltilmeye çalışılsa da bu değişim tespiti çalışmalarında bir takım hatalara neden olmuştur.

Doğruluk analizlerinde kullanılan yöntemler sınıflama sonrası karşılaştırmalar, çapraz sınıflama ve Kappa İndeksi olmuştur. Öncelikle 1985, 1993 ve 2005 verileri biyotop haritaları gibi daha önce yapılan çalışmalar ve toplanan yer verileri ile obje tabanlı olarak sınıflanmış ve bu sınıflanan veriler her bir yöntem için çapraz sınıflamalarda referans verisi olarak kullanılmıştır. Sınıflama yaparken tarım alanları görüntünün yansıma özelliklerine göre 6-8 kategoriye, su yüzeyleri yine yansıma özelliklerinde farklılıklara göre lagünler, kanallar ve deniz olarak 4 kategoriye, vejetasyon alanları 2 kategoriye ayrılmış bunlar sınıflama sonrasında

yorumlamayı netleştirmek için boş tarım ya da dolu tarım gibi tek bir kategorik sınıf altında birleştirilmişlerdir.

Yapılan doğruluk analizi sonucunda alan için en uygun olan yöntemin vektör değişim analizi olduğu sonucuna varılmıştır. Toplam yüzdelik oranlarına bakılacak olunursa 1993_1985 yılları arasındaki değişimi tespit etmede CVA % 75 ile ilk sırada, görüntü çıkarman analizi % 73 ile ikinci sırada, görüntü regresyonu %63 ile üçüncü sırada ve görüntü oranlama % 59 ile dördüncü sırada yer almaktadır. 2005–1993 yılları arası değişimi tespit etmede ise CVA yine % 75 ile ilk sırada, görüntü regresyonu % 74 ile ikinci sırada, görüntü çıkarma % 65 ile üçüncü sırada ve görüntü oranlama % 61 ile son sırada gelmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Tekniklerin Doğruluk Yüzde Değerleri.

Şekil 5.2'de '1' değişim vektör analizini, '2' görüntü regresyonunu, '3' görüntü çıkarmayı, '4' ise görüntü oranlamayı temsil etmektedir. Çalışma süresince değişim tekniklerinin uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi sonucunda karşılaşılan avantajlar ve dezavantajlar Çizelge 5.2'de kısaca özetlenmiştir.

Çalışma alanında en yoğun ve aktif alan kullanımı tarımsal faaliyetler olduğu için yeni tarım alanları kazanmak amacıyla kumul alanların tahribatı, kıyı erozyonundan dolayı alan kayıpları en dikkat çeken değişimler olarak saptanmıştır.

Çizelge 5.2. Tekniklerin Karşılaştırmalı Özellikleri

Teknikler	Karakteristikler	Avantajlar	Dezavantajlar	Anahtar faktörler
Vektör Değişim Analizi (CVA)	İki çıktı üretir: İlk zamanlı görüntüden ikinci zamanlı görüntüye kadar olan değişimin büyüklüğünü ve yönünü tanımlar. 2 piksel başına düşen toplam değişimin büyüklüğünü, değişim alanını Öklit mesafesini tespit ederek hesaplar.	Arzu edilen miktarda spektral bandı uygulayabilme yeteneğindedir ve detaylı değişim analizi bilgisi üretir.	Arazi örtüsü değişimini tanımlayabilmek zordur.	Eşik değerlerini belirleme ve değişim yörüngesini tanımlama.
Görüntü Regresyonu	Eş zamanlı görüntüdeki ilişkilerin tespit edilmesi, daha sonra regresyon fonksiyonun tespit edilmesi, regresyon edilmiş görüntünün ilk görüntüden çıkarılmasıdır.	İki farklı tarihe ait görüntü arasındaki çevresel farklılıkları, algılayıcı ve atmosferik etkileri azaltır.	Değişim analizini uygulamadan önce seçilmiş bantlar için doğru regresyon fonksiyonlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyar.	Regresyon fonksiyonu geliştirme; uygun bantları ve eşik değerlerini tanımlama.
Görüntü Çıkarma	Sonraki tarihli görüntüden ilk tarihli görüntünün pikselden piksele çıkarılmasıdır.	Basit, açık, sonuçları yorumlaması kolaydır.	Detaylı değişim matrisi sağlamaz, eşik değerleri gereklidir.	Uygun görüntü bantlarını ve eşik değerlerini tanımlama.
Görüntü Oranlama	Her iki tarihe ait görüntülerin oranlarının hesaplanmasıdır.	Güneş açısı, gölge ve topografik etkileri azaltır.	Sonuca ait normal olmayan dağılım çoğunlukla kritik edilir.	Görüntü bantlarını ve eşik değerlerini tanımlama.

Yüksek çözünürlükteki mevcut uydu görüntüleri yerbilimcilere evrim ve yeryüzüne ait doğal olaylarla ilgili çok çeşitli araçlar sunmaktadır. Bunlar özellikle arazi örtüsü ve alan kullanımı gibi konularda yararlı olmaktadır. Uydu görüntüleri hem yerel hem de küresel olarak değişim analizlerinde büyük önem taşımaktadır. Yüksek çözünürlükteki uydu verileri yardımıyla yapılan değişim analizleri fiziksel

planlamada ve çevre etki değerlendirmesinde güncel sayısal alan kullanım haritalarının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Değişim tespiti analizleri hala önceliğini koruyan bir konudur ve uygun tekniklerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar devam etmektedir. Kısaca geliştirilen tekniklerde yöntemin uygulanabilirliğinin kolay olması ve sonuç verisinin kolay yorumlanabilmesinin yanında doğru sonuçlar üretmesi önem taşımaktadır. Günümüze kadar birçok değişim analizi tekniği geliştirilmesine karşın, en uygun yöntemin seçilmesinde yaşanan karasızlıklar devam etmektedir. En doğru yöntemin seçilmesinde temel etki faktörlerine çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Pratikte yapılması gerekenler, farklı yöntemlerin uygulanarak daha sonra görsel ya da nicel değerlendirmelerle en doğru sonuç verdiği gözlemlenen yöntemin seçilmesidir.

KAYNAKLAR

ABUELGASIM, A. A., ROSS, W. D., GOPAL, S., and WOODCOCK, C. E., 1999, Change Detection Using Adaptive Fuzzy Neural Networks: Environmental Damage Assessment After the Gulf War. Remote Sensing of Environment, 70, 208–223.

ADAMS, J. B., SABOL, D., KAPOS, V., FILHO, R. A., ROBERTS, D. A., SMITH, M. O., and GILLESPIE, A. R., 1995, Classification of Multispectral Images Based on Fractions of Endmembers: Application to Land-cover Change in the Brazilian Amazoˆn. Remote Sensing of Environment, 52, 137–154.

ALPHAN, H., 2004. Kıyı Alanları Yönetiminde Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İzleme (Monitoring) Programı. (Basılmamış Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı.

ALPHAN, H., 2006. Uydu Uzaktan Algılama ve Otomatik Değişim Tespiti Yardımı ile Çukurova Delta Sistemlerindeki Peyzaj Değişimlerinin Analizi: Karşılaştırmalı Değerlendirme. TUBİTAK, BİDEP, 2006

ANGELICI, G., BRYNT, N., and FRIENDMAN, S., 1977, Techniques For Land Use Change Detection Using Landsat Imagery. Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry and Joint Symposium on Land Data Systems, Falls Church, VA, USA (Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry), pp. 217–228.

ATALAY, İ., 1982. Türkiye Jeomorfolojisine Giriş. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları No: 9, İzmir.

BERBEROĞLU, S., 1999. Optimising the Remote Sensing of Mediterranean Land Cover. Thesis Submitted for Degree of Doctor of Philosophy, Department of Geography, Faculty of Science.

BERBEROĞLU, S., 1994. A Research on the Impact of Afforestation on the Coastral Dune Ecosystem in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. Unpublished M.Sc. Thesis, Institute of Science, University of Cukurova, Adana, Turkey, 139 pp.

BERBEROGLU, S., LLOYD, C. D., ATKINSON, P. M., and CURRAN, P. J., 2000, The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean. Computers and Geosciences, 26, 385–396.

BURT, J.E., BARBER, G.M., 1996. Elementary Statistic for Geographers. The Guilford Pres, NY.

CARVALHO, L. M. T., FONSECA, L. M. G., MURTAGH, F., and CLEVES, J. G. P. W., 2001, Digital Change Detection with the Aid of Multiresolution Wavelet Analysis. International Journal of Remote Sensing, 22, 3871–3876.

CHAVEZ, P. S. JR, and MACKINNON, D. J., 1994, Automatic Detection of Vegetation Changes in the Southwestern United States Using Remotely Sensed Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60, 571–583.

CHAVEZ, P. S. JR, 1996, Image-based Atmospheric Corrections—Revisited and Improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, 1025–1036.

CHEN, X., 2002, Using Remote Sensing and GIS to Analyze Land Cover Change and ItsIimpacts on Regional Sustainable Development. International Journal of Remote Sensing, 23, 107–124.

COLLINS, J. B., and WOODCOCK, C. E., 1996, An Assessment of Several Linear Change Detection Techniques for Mapping Forest Mortality Using Multitemporal Landsat TM Data. Remote Sensing of Environment, 56, 66–77.

COPPIN, P. R., and BAUER, M. E., 1996. Digital Change Detection in Forest Ecosystems with Remote Sensing Imagery. Remote Sensing Reviews, 13, 207–234.

CURCİO, J.A., 1961. Evaluation of Atmospheric Aerosol Particle Size Distribution from Scattering Measurement in the Visible and Infrared, Journal of the Optical Society of America, 51:548-551

DAI, X. L., and KHORRAM, S., 1998, The effects of Image Misregistration on the Accuracy of Remotely Sensed Change Detection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36, 1566–1577

DAI, X. L., and KHORRAM, S., 1999, Remotely Sensed Change Detection Based on Artificial Neural Networks. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 1187–1194.

DEER, P. J., 1995, Digital Change Detection Techniques: Civilian and Military Applications. International Symposium on Spectral Sensing Research 1995 Report (Greenbelt, MD: Goddard Space Flight Center), http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/ISSSR-95/digitalc.htm

DMGM., 1993.1985-1993 Yılları Arası Karataş Aylık Rasat Cetvelleri, Karataş, Adana.

D.S.İ., 1992. Bölge Müdürlüğü Berdan, Seyhan, Ceyhan Nehirleri Debi Raporları, Adana

DU, Y., TEILLET, P. M., and CIHLAR, J., 2002, Radiometric Normalization of Multitemporal High-Resolution Satellite Images with Quality Control for Land Cover Change Detection. Remote Sensing of Environment, 82, 123–134.

EASTMAN, J.R., MC KENDRY, J., FULK, M.A, 2005. Change and Time Series Analysis. Explorations in Geopraphic Informations Systems Technology. Geneva, United Nations Institude for Training and Research (UNITAR).

EASTMAN, J.R., MC KENDRY, J. 1991. Change and Time Series Analysis. Explorations in Geographic Information Systems Technology. Geneva, United Nations Institude for Training and Research (UNITAR).

EKLUNDH, L., and SINGH, A., 1993, A comparative analysis of standardized and unstandardized principal component analysis in remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 14, 1359–1370.

ERDAS Field Guide, Second Edition V.7.5, Erdas Inc. , Atlanta, USA, 1991.

FOGEL, D. N., 1997**.** Image Rectification with Radial Basis Functions : Application to RS/GIS Data Integration. Available on site http: // www.ncgia. ucsb.edu /conf/ SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/fogel_david/santafe.html

FOODY, G. M., 2001. Monitoring the Magnitude of Land-Cover Change Around the Southern Limits of the Sahara. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67, 841–847.

FOODY, G. M., 2002. Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment. Remote sensing of Enviroment, 80, 185-201.

FUNG, T., 1990. An Assessment of T:M Imagery for Land Cover Change Detection, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28(4):681-684

FUNG, T., and LEDREW, E., 1987, The Application of Principal Component Analysis to Change Detection. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53, 1649–1658.

FUNG, T., LE DREW, E., 1998. The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices. Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, 54: 1449–1454

GILABERT, M. A., CONESE, C., and MASELLI, F., 1994, An Atmospheric Correction Method for the Automatic Retrieval of Surface Reflectance from TM Images. International Journal of Remote Sensing, 15, 2065–2086.

GOPAL, S., and WOODCOCK, C. E., 1996, Remote sensing of Forest Change Using Artificial Neural Networks. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 34, 398–403.

GOPAL, S., and WOODCOCK, C. E., 1999, Artificial Neural Networks for Detecting Forest Change. In Information Processing for Remote Sensing, edited by C. H. Chen (Singapore: World Scientific Publishing Co.), pp. 225–236.

GREEN, K., KEMPKA, D., and LACKEY, L., 1994, Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-cover and Land-use Change. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60, 331–337.

GUINDON, B. (1997). Assessing the Radiometric Fidelity of High Resolution Satellite Image Mosaics. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 52(2), 229–243.

GUIRGUIS, S. K., HASSAN, H. M., EL-RAEY, M. E., and HUSSAN, M. M. A., 1996, Technical Note. Multitemporal Change of Lake Brullus, Egypt, from 1983 to 1991. International Journal of Remote Sensing, 17, 2915–2921.

HALL, F. G., STREBEL, D. E., NİCKESON, J. E., & GOETZ, S. J. (1991). Radiometric Rectification: Toward A Common Radiometric Response Among Multi- data, Multi-sensor Images. Remote Sensing of Environment, 35, 11 – 27.

HAYES, D. J., and SADER, S. A., 2001, Comparison of Change Detection Techniques for Monitoring Tropical Forest Clearing and Vegetation Regrowth in a Time Series. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67, 1067–1075.

HENEBRY, G. M., 1993, Detecting Change in Grasslands Using Measures of Spatial Dependence with Landsat TM Data. Remote Sensing of Environment, 46, 223–234.

HEO, J., and FITZHUGH, T. W., 2000, A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 173–182.

JENSEN, J.R., AND TOLL, D.L., 1982. Detecting Residential Land-use Development at the Urban Fringe, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 48(4), 629-643

JENSEN, J. R., COWEN, D., NARUMALANI, S., and HALLS, J., 1997. Principles of Change Detection Using Digital Remote Sensor Data. In Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing, Edited by J. L. Star, J. E. Estes, and K. C. McGwire (Cambridge: Cambridge University Press), pp. 37–54.

JENSEN, J. R., 1996. Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).

JOHNSON, R. D., KASISCHKE, E. S., 1998. Change Vector Analysis: A Technique for the Multispectral Monitoring of Land Cover and Condition. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, no. 3, 411± 426.

KLUNDH, L., and SINGH, A., 1993, A Comparative Analysis of Standardized and Unstandardized Principal Component Analysis in Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, 14, 1359–1370.

KRESSLER, F., and STEINNOCHER, K., 1996, Change Detection in Urban Areas Using Satellite Data and Spectral Mixture Analysis. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 31, 379–383.

LAMBIN, E. F., and STRAHLER, A. H., 1994a, Change-vector Analysis in Multitemporal Space: A Tool to Detect and Categorize Land-cover Change Processes Using High Temporal Resolution Satellite Data. Remote Sensing of Environment, 48, 231–244.

LAMBIN, E. F., and STRAHLER, A. H., 1994b, Indicators of Land-cover Change for Changevector Analysis in Multitemporal Space at Coarse Spatial Scales. International Journal of Remote Sensing, 15, 2099–2119.

LAWRENCE, R. L., and RIPPLE, W. J., 1999, Calculating Change Curves for Multitemporal Satellite Imagery: Mount St. Helens 1980–1995. Remote Sensing of Environment, 67, 309–319.

LI, X., and YEH, A. G. O., 1998, Principal Component Analysis of Stacked Multitemporal Images for the Monitoring of Rapid Urban Expansion in the Pearl River Delta. International Journal of Remote Sensing, 19, 1501–1518.

LILLESAND, TM., KIEFER , R.W., 1994. Remote Sensind and Image Interpretation (3rd Edition), Newyork, Wiley, 750 pp.

LIU, X., and LATHROP, R. G. JR, 2002, Urban Change Detection Based on an Artificial Neural Network. International Journal of Remote Sensing, 23, 2513–2518.

LO, C. P., and SHIPMAN, R. L., 1990, A GIS Approach to Land-Use Change Dynamics Detection. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 1483–1491.

LOVELAND, T. R., SOHL, T. L., STEHMAN, S. V., GALLANT, A. L., SAYLER, K. L., and NAPTON, D. E., 2002, A Strategy for Estimating the Rates of Recent United States Land-cover Changes. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68, 1091–1099.

LU, D. S., 2001, Estimation of Forest Stand Parameters and Application in Classification and Change Detection of Forest Cover Types in the Brazilian Amazoin Basin. PhD Dissertation, Indiana State University, Terre Haute, IN, USA.

LU, D. S., MAUSEL, P., BRONDI´ZIO, E. S., and MORAN, E., 2002. Change Detection of Successional and Mature Forests Based on Forest Stand Characteristics Using Multitemporal TM Data in the Altamira, Brazil. XXII FIG International Congress.

LU, D. S., MAUSEL, P., BRONDI´ZIO, E. S., and MORAN, E., 2004. Change detection Techniques. International Journal of Remote Sensing, 25, 2365–2407.

LYON, J. G., YUAN, D., LUNETTA, R. S., and ELVIDGE, C. D., 1998, A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64, 143–150.

MACLEOD, R. D., and CONGALTON, R. G., 1998, A quantitative comparison of changedetection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64, 207–216.

MARKHAM, B. L., and BARKER, J. L., 1987, Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospheric Irradiances. International Journal of Remote Sensing, 8, 517–523.

MCGOVERN, E. A., HOLDEN, N. M., WARD, S. M., and COLLINS, J. F., 2002, The Radiometric Normalization of Multitemporal Thematic Mapper Imagery of the Midlands of Ireland—A Case Study. International Journal of Remote Sensing, 23, 751–766.

MORAN, M. S., JACKSON, R. D., SLATER, P. N., & TEİLLET, P. M. (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. Remote Sensing of Environment, 41, 160– 184.

MORISETTE, J. T., KHORRAM, S., and MACE, T., 1999, Land-cover Change Detection Enhanced with Generalized Linear Models. International Journal of Remote Sensing, 20, 2703–2721.

MOUAT, D. A., and LANCASTER, J., 1996, Use of Remote Sensing and GIS to Identify Vegetation Change in the Upper San Pedro River Watershed, Arizona. Geocarto International, 11, 55–67.

MOUAT, D. A., MAHIN, G. C., and LANCASTER, J.S., 1993. Remote Sensing Techniques in the Analysis of Change Detection. Geocarto International, 2, 39-50.

NELSON, R. F., 1983. Detecting Forest Canopy Change Due To Insect Activity Using Landsat MSS. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49, 1303–1314.

PETIT, C. C., and LAMBIN, E. F., 2001. Integration of Multi-Source Remote Sensing Data for Land Cover Change Detection. International Journal of Geographical Information Science, 15, 785–803.

PILON, P. G., HOWARTH, P. J., BULLOCK, R. A., and ADENIYI, P. O., 1988, An Enhanced Classification Approach to Change Detection in Semi-arid Environments. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, 1709–1716.

PIWOWAR, J. M., PEDDLE, D. R., and LEDREW, E. F., 1998, Temporal Mixture Analysis of Arctic Sea Ice Imagery: A New Approach for Monitoring Environment Change. Remote Sensing of Environment, 63, 195–207.

PRAKASH, A., and GUPTA, R. P., 1998, Land-use Mapping and Change Detection in a Coal Mining Area—A Case Study in the Jharia Coalfield, India. International Journal of Remote Sensing, 19, 391–410.

RADELOFF, V. C., MLADENOFF, D. J., and BOYCE, M. S., 1999, Detecting Jack Pine Budworm Defoliation Using Spectral Mixture Analysis: Separating Effects from Determinants. Remote Sensing of Environment, 69, 156–169.

REID, R. S., KRUSKA, R. L., MUTHUI, N., TAYE, A., WOTTON, S., WILSON, C. J., and MULATU, W., 2000, Land-use and Land-cover Dynamics in Response to Change in Climatic, Biological and Socio-po

RIDD, M. K., and LIU, J., 1998, A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. Remote Sensing of Environment, 63, 95–100.

ROBERTS, D. A., BATISTA, G. T., PEREIRA, J. L. G., WALLER, E. K., and NELSON, B. W., 1998, Change Identification Using Multitemporal Spectral Mixture Analysis: Applications in Eastern Amazo^nia. In Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications, edited by R. S. Lunetta and C. D. Elvidge (Chelsea, MI: Ann Arbor Press), pp. 137–161.

ROBINOVE, C.J., P.S. CHAVEZ, JR., D. GEHRİNG, AND R. HOLMGREM, 1981. Arid lsland Monitoring Using Landsat Albedo Difference Images, Remote Sensing of Environment, 11: 133-156.

ROGAN, J., and YOOL, S. R., 2001, Mapping Fire-induced Vegetation Depletion in the Peloncillo Mountains, Arizona and New Mexico. International Journal of Remote Sensing, 22, 3101–3121.

ROGAN, J., FRANKLIN, J., and ROBERTS, D. A., 2002, A Comparison of Methods for Monitoring Multitemporal Vegetation Change Using Thematic Mapper Imagery. Remote Sensing of Environment, 80, 143–156.

ROSENFİELD, G.H., FITZPATRICK-LINS, K., 1986. A Coefficient of Agreement As A Measure of Thematic Classification Accuracy. Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, 52, 2, 223–227.

SABINS, F.F., JR., 1978. Remote Sensing Principles and Interpretation, Freeman, San Francisco, 425 p.

SALAMI, A. T., 1999, Vegetation Dynamics on the Fringes of Lowland Humid Tropical Rainforest of South-western Nigeria—An Assessment of Environmental Change with Air Photos and Landsat. International Journal of Remote Sensing, 20, 1169–1181.

SALAMI, A. T., EKANADE, O., and OYINLOYE, R. O., 1999, Detection of Forest Reserve Incursion in South-western Nigeria from a Combination of Multi-date Aerial Photographs and High Resolution Satellite Imagery. International Journal of Remote Sensing, 20, 1487–1497.

SERPICO, S. B., and BRUZZONE, L., 1999. Change detection. In Information Processing for Remote Sensing, edited by C. H. Chen (Singapore: World Scientific Publishing), pp. 319–336.

SILAPASWAN, C. S., VERBYLA, D. L., and MCGUIRE, A. D., 2001, Land Cover Change on the Seward Peninsula: The Use of Remote Sensing to Evaluate the Potential Influences of Climate Warming on Historical Vegetation Dynamics. Canadian Journal of Remote Sensing, 27, 542–554.

SINGH, A., 1986. Change Detection in the Tropical Forest Using Remotely-sensed of Northeastern India Using Landsat. In Remote Sensing and Land Manegement, 237-253.SINGH, A., 1989. Dijital Change Detection Techniques Using Remote Sensed Data. *International Journal of Remote Sensing,* 10, 989-1003.

SINGH, A., and HARRISON, A., 1985, Standardized Principal Components. International Journal of Remote Sensing, 6, 883–896.

SLATER, P.N., F.J. DOYLE, N.L. FRİTZ, AND R. WELCH, 1983. Photogrametric Systems for Remote Sensing, Manual of Remote Rensing, Second Edition, Amarican Society of Photogrammetry, vol. 1, chap. 6, pp. 231-291

SOHL, T., 1999, Change Analysis in the United Arab Emirates: an Investigation of Techniques. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 475–484.

SONG, C., WOODCOCK, C. E., SETO, K. C., LENNEY, M. P., and MACOMBER, S. A., 2001,Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How To Correct Atmospheric Effect? Remote Sensing of Environment, 75, 230–244.

STEFAN, S., and ITTEN, K. I., 1997, A Physically-Based Model to Correct Atmospheric and

Illumination Effects in Optical Satellite Data of Rugged Terrain. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 708–717.

STONE, T. A., and LEFEBVRE, P., 1998, Using Multitemporal Satellite Data to Evaluate Selective Logging in Para, Brazil. International Journal of Remote Sensing, 19, 2517–2526.

STOW, D. A., COLLINS, D., and MCKINSEY, D., 1990. Land Use Change Detection Based on Multi-date Imagery from Different Satellite Sensor Systems. Geocarto International, 5, 3–12.

STOW, D. A., 1999, Reducing the Effects of Misregistration on Pixel-level Change Detection. International Journal of Remote Sensing, 20, 2477–2483.

VERBYLA, D. L., and BOLES, S. H., 2000, Bias in Land Cover Change Estimates due to Misregistration. International Journal of Remote Sensing, 21, 3553–3560.

STOW, D. A., and CHEN, D. M., 2002, Sensitivity of Multitemporal NOAA AVHRR Data of an Urbanizing Region to Land-use/Land-cover Change and Misregistration. Remote Sensing of Environment, 80, 297–307.

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, 225–235.

TEMİZ, M.S., DOĞAN, S.,2005, Dijital Görüntülerin Rektifikasyonu: Sensör Modelleri, Geometrik Görüntü Dönüşümleri Ve Yeniden Örnekleme TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

TOKOLA, T., LO¨ FMAN, S., and ERKKILA¨ , A., 1999, Relative Calibration of Multitemporal Landsat Data for Forest Cover Change Detection. Remote Sensing of Environment, 68, 1–11.

TOPRAKSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ., 1973.Ceyhan Havzası Toprakları, Havza no: 20, Raporlar Serisi: 69, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No. 285, Ankara, (1973).

TOPRAKSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ., 1974a. Ceyhan Havzası Toprakları, Havza no: 18, Raporlar Serisi: 70, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No. 286, Ankara.

TOPRAKSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ., 1974b. Doğu Akdeniz Havzası Toprakları, Havza no: 20, Raporlar Serisi: 69, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No. 285, Ankara, (1973).

TOWNSHEND, J.R.G., GOFF, T.E., TUCKER,C.J., 1985. Multitemporal Dimensionality of İmages of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) at Continental Scales. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 23: 888-895.

TOWNSHEND, J. R. G., JUSTICE, C. O., GURNEY, C., and MCMANUS, J., 1992, The Effect of Image Misregistration on the Detection of Vegetation Change. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30, 1054–1060

TURNER, R.E., W.W.MALİLA, AND R.F. NALEPHA, 1971. Importance of Atmospheric Scattering in Remote Sensing, Proceedings of 7th International Symposium on Remote Sensing of Enviroment, Ann Arbor, Michigan, pp.1651-1697

USTIN, S. L., ROBERTS, D. A., and HART, Q. J., 1998, Seasonal Vegetation Patterns in a California Coastal Savanna Derived from Advanced Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Data. In Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications, Edited by R. S. Lunetta and C. D. Elvidge (Chelsea, MI: Ann Arbor Press), pp. 163–180.

UZUN, G., YÜCEL, M., YILMAZ, K.T., BERBEROĞLU, S., 1995. Çukurova Deltası Örneğinde Ekosistemlerin İçerdiği Biyotopların Haritalanması.

VERMOTE, E., TANRE, D., DEUZE, J. L., HERMAN, M., and MORCRETTE, J. J., 1997, Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An Overview. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35, 675–686.

WANG, F., 1993, A Knowledge-based Vision System for Detecting Land Change at Urban Fringes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 31, 136–145.

WEBER, K. T., 2001, A method to Incorporate Phenology into Land Cover Change Analysis. Journal of Range Management, 54, A1–A7.

WENG, Q., 2002, Land Use Change Analysis in the Zhujiang Delta of China Using Satellite Remote Sensing, GIS and Stochastic Modeling. Journal of Environmental Management, 64, 273–284.

WESSMAN, C. A., BATESON, C. A., and BENNING, T. L., 1997, Detecting Fire and Grazing Patterns in Tallgrass Prairie Using Spectral Mixture Analysis. Ecological Applications, 7, 493–511.

WILSON, E. H., and SADER, S. A., 2002, Detection of Forest Harvest Type Using Multiple Dates of Landsat TM imagery. Remote Sensing of Environment, 80, 385–396.

WOODCOCK, C. E., MACOMBER, S. A., PAX-LENNEY, M., and COHEN, W. B., 2001, Monitoring Large Areas for Forest Change Using Landsat: Generalization Across Space, Time and Landsat Sensors. Remote Sensing of Environment, 78, 194–203.

YANG, X., and LO, C. P., 2000, Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-date Satellite Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66, 967–980.

YANG, X., and LO, C. P., 2002, Using A Time Series of Satellite Imagery to Detect Land Use and Land Cover Changes in the Atlanta, Georgia Metropolitan Area. International Journal of Remote Sensing, 23, 1775–1798.

YUE, T. X., CHEN, S. P., XU, B., LIU, Q. S., LI, H. G., LIU, G. H., and YE, Q. H., 2002, A Curve-theorem Based Approach for Change Detection and Its Application to Yello River Delta. International Journal of Remote Sensing, 23, 2283–2292.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Ceyhan'da doğdum. Ortaokul öğrenimimi Gaziantep Fitnat Nuri Tekerekoğlu Anadolu Lisesi'nde, lise öğrenimimi Adana Kurttepe Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2000 yılında Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'ne başladım, 2004 yılında mezun oldum. 2004_2005 Bahar döneminde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. 2005 yılında Tezim ile ilgili araştırmalarımı yapmak ve uzaktan algılama konularında yeni teknikler öğrenmek amacıyla, Avrupa Birliği Leonardo Da Vinci mesleki eğitim bursuyla 9 ay İngiltere'nin Southampton Üniversitesi Coğrafya Bölümünde eğitim aldım. Halen yüksek lisansa devam etmekteyim.