

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Akif DAVARCI

**2006-2010 YILLARI ARASINDA SEYHAN VE YÜREĞİR İLÇELERİNDE
UZAKTAN ALGILAMA İLE EKİLİ ÜRÜN DEĞİŞİMİ TESPİTİ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

ADANA, 2011

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**2006-2010 YILLARI ARASINDA SEYHAN VE YÜREĞİR İLÇELERİNDE
UZAKTAN ALGILAMA İLE EKİLİ ÜRÜN DEĞİŞİMİ TESPİTİ**

Mehmet Akif DAVARCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

Bu Tez 17/05/2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof.Dr.Hamza EROL
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr.Süha BERBEROĞLU
ÜYE

.....
Prof.Dr Selahattin KAÇIRANLAR
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**2006-2010 YILLARI ARASINDA SEYHAN VE YÜREĞİR İLÇELERİNDE
UZAKTAN ALGILAMA İLE EKİLİ ÜRÜN DEĞİŞİMİ TESPİTİ**

Mehmet Akif DAVARCI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

Danışman :Prof. Dr. Hamza EROL

Yıl :2011, Sayfa: 101

Jüri :Prof. Dr. Hamza EROL

:Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU

:Prof. Dr. Selahattin KAÇIRANLAR

Bu çalışmada Adana İline bağlı Seyhan ve Yüreğir merkez ilçelerinde bulunan ekili alanların 2006 yılı ile 2010 yılı arasındaki ürün değişimleri uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmiştir. Çalışmada 2006 ve 2010 yıllarının Ağustos aylarında Landsat-5 uydusu TM algılayıcısına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntüler üzerinde kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden en çok olabilirlik yöntemi kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçta bu sınıflandırmaya dayanılarak mısır 1. ürün, mısır 2. ürün, pamuk, soya ve ekili olmayan alanların bu iki yıl arasındaki değişimleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Ürün değişim tespiti, Kontrollü Sınıflandırma, Seyhan, Yüreğir

ABSTRACT

MSc THESIS

CULTIVATED CROP CHANGE DETECTION ON SEYHAN AND YÜREĞİR DISTRICTS BY REMOTE SENSING BETWEEN THE YEARS 2006 AND 2010

Mehmet Akif DAVARCI

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS**

Supervisor :Prof. Dr. Hamza EROL

Year :2011, Pages: 101

Jury :Prof. Dr. Hamza EROL

:Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU

:Prof. Dr. Selahattin KAÇIRANLAR

In this study, changes in cultivated crops were determined by remote sensing methods on Seyhan and Yüreğir districts of Adana Province between the years 2006 and 2010. Landsat-5 TM images were used which was taken in August 2006 and 2010. These images were classified by maximum likelihood algorithm of supervised classification method. Based on these classification result, change detection of corn 1st crop, corn 2nd crop, soybean, cotton and non-cultivated areas have been identified between these two years.

Key Words: Remote sensing, Crop change detection, Supervised classification, Seyhan, Yüreğir

TEŞEKKÜR

Sadece yüksek lisans sürecinde değil aynı zamanda Türkiye İstatistik Kurumundaki çalışma hayatım ve uzmanlık tezimde de başından sonuna kadar bana her türlü desteği veren ve zamanını ayırarak her konuda ilham veren danışmanım Prof Dr. Hamza EROL'a tüm katkılarında dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans süresince karşılaştığım sorunları çözme konusunda her defasında bana destek veren Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU' na teşekkür ederim.

Kadıköy ve Yenigök Sulama Birliği teknik personeline, özellikle yer verisi konusunda danışmanlık yapan ve veri temini konusunda çok yardımcı olan Cenk Anıl TORUN' a teşekkür ederim.

Anneme, babama, kardeşime ve tez süresince bana destek veren kaynana ve kayınbabama teşekkür ederim.

Eşim Yasemin'e, hayatım boyunca her an yanımda olduğu, çocuklarım Ahsen Bilge ve Berra'ya da bu çalışmalardan dolayı onlara ayırmam gereken zamandan feda ettikleri için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOD	7
3.1. Materyal	7
3.2. Metod.....	9
3.2.1. Elektromanyetik Enerji.....	9
3.2.2. Elektromanyetik Tayf (Spektrum).....	10
3.2.3. Atmosferle Etkileşimler.....	14
3.2.4. Elektromanyetik Işınlam – Hedef Etkileşimleri	15
3.2.5. Aktif ve Pasif Algılama	16
3.2.6. Görüntülerin Özellikleri.....	17
3.3. Uzaktan Algılamada Kullanılan Uydular	18
3.3.1. Uydular ve Özellikleri	19
3.3.2. Landsat Uydu Programı.....	22
3.3.3. Landsat-4 ve Landsat-5.....	25
3.4. Görüntü Sınıflandırma	28
3.4.1. Kontrolsüz (Eğitimsiz- Unsupervised) Sınıflandırma	28
3.4.2. Kontrollü (Eğitimli- Supervised) Sınıflandırma	30
3.4.3. Görüntü Sınıflandırmasının Doğruluk Değerlendirmesi	32
3.4.4. Kappa Katsayısı.....	33
3.5. Uzaktan Algılama ile Değişim Tespiti	34
3.6. Değişim Tespiti Yöntemleri.....	37

3.6.1.	Cebirsel Yöntemler.....	37
3.6.2.	Dönüşüm Yöntemleri	38
3.6.3.	Sınıflandırmaya Dayalı Yöntemler	38
3.6.4.	Gelişmiş Modellere Dayalı Yöntemler.....	39
3.6.5.	CBS Tabanlı Yöntemler	40
3.6.6.	Görsel Analiz Yöntemleri.....	40
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1.	Görüntü İşleme	43
4.2.	Sınıflandırma.....	52
4.3.	Doğruluk Değerlendirmesi.....	71
4.4.	Değişim Tespiti	75
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
	KAYNAKLAR.....	95
	ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Landsat-5 TM Görüntüleri Özellikleri.....	8
Çizelge 3.2. Görünür Bölge Dalga Boyu Aralıkları.....	12
Çizelge 3.3. Elektromanyetik Tayfın Kullanım Alanları.....	13
Çizelge 3.4. Landsat Uydularının Karakteristikleri.....	24
Çizelge 3.5. Landsat-1 Den Landsat-7 Ye Kullanılan Algılayıcılar	25
Çizelge 3.6. Landsat-5 TM Bantları Ve Özellikleri	27
Çizelge 3.7. Kappa Katsayısı Yorumlama	34
Çizelge 4.1. Meyve_Agac sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2006)	55
Çizelge 4.2. Mısır_1 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006).....	55
Çizelge 4.3. Soya sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)	56
Çizelge 4.4. Pamuk sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)	56
Çizelge 4.5. Boş alan sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006).....	57
Çizelge 4.6. Yerlesim sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006).....	57
Çizelge 4.7. Su sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006).....	58
Çizelge 4.8. 2006 için tüm sınıfların sıralı ayrılabilirlik oranı(azdan çoğa).....	58
Çizelge 4.9. 2010 Tarihli görüntüde kontrol alanlarının oluşturulması.....	59
Çizelge 4.10. Mısır_1 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010).....	60
Çizelge 4.11. Mısır_2 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010).....	60
Çizelge 4.12. Pamuk sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)	61
Çizelge 4.13. Soya sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)	61
Çizelge 4.14. Meyve_Agac sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2010)	62
Çizelge 4.15. Bos_Alan sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2010).....	62
Çizelge 4.16. Yerlesim sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010).....	63
Çizelge 4.17. Su sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010).....	63
Çizelge 4.18. 2010 için tüm sınıfların sıralı ayrılabilirlik oranı.....	64
Çizelge 4.19. 2006 Tarihli sınıflandırılmış görüntüde sınıfların kapladıkları alan	67
Çizelge 4.20. 2006 Tarihli medyan filtreli görüntüde sınıfların kapladıkları alan.....	67
Çizelge 4.21. 2010 Tarihli sınıflandırılmış görüntüde sınıfların kapladıkları alan	68
Çizelge 4.22. 2010 Tarihli medyan filtreli görüntüde sınıfların kapladıkları alan.....	68

Çizelge 4.23. 2006 tarihli görüntü hata matrisi (piksel sayısı)	72
Çizelge 4.24. 2006 tarihli görüntü hata matrisi (yüzde)	72
Çizelge 4.25. 2006 Tarihli görüntü dahil etme ve ihmal etme hataları	73
Çizelge 4.26. 2006 Tarihli görüntü üretici ve kullanıcı doğruluğu oranları	73
Çizelge 4.27. 2010 tarihli görüntü hata matrisi (piksel sayısı)	74
Çizelge 4.28. 2010 tarihli görüntü hata matrisi (yüzde)	74
Çizelge 4.29. 2010 Tarihli görüntü dahil etme ve ihmal etme hataları	75
Çizelge 4.30. 2010 Tarihli görüntü üretici ve kullanıcı doğruluğu oranları	75
Çizelge 4.31. Değişim yönü renk çizelgesi.....	78
Çizelge 4.32. Değişim matrisi (piksel)	84
Çizelge 4.33. Değişim matrisi (yüzde)	85
Çizelge 4.34. Değişim matrisi (hektar).....	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Elektromanyetik Işınım	9
Şekil 3.2. Dalga Boyu ve Frekans	10
Şekil 3.3. Elektromanyetik Tayf (Spektrum)	11
Şekil 3.4. Elektromanyetik Işınım ve Madde Etkileşimleri	15
Şekil 3.5. Fotoğrafın Dijital Biçimde İfadesi	17
Şekil 3.6. Yer Durağan Uydu Yörüngesi	20
Şekil 3.7. Yakın Kutupsal Uydu Yörüngesi.....	21
Şekil 3.8. Uydunun Yeryüzünü Taraması.....	21
Şekil 3.9. Hata Matrisi	33
Şekil 4.1. 25.08.2006 Tarihli Frame 34 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi	43
Şekil 4.2. 25.08.2006 Tarihli Frame 35 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi	44
Şekil 4.3. 20.08.2010 Tarihli Frame 34 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi	44
Şekil 4.4. 20.08.2010 Tarihli Frame 35 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi	45
Şekil 4.5. 25.08.2006 Tarihli Frame 34 ve 35 Birleştirilmiş Görüntü.....	46
Şekil 4.6. 20.08. 2010 Tarihli Frame 34 ve 35 Birleştirilmiş Görüntü.....	47
Şekil 4.7. Çalışma Bölgesi için hazırlanan vektör.....	48
Şekil 4.8. 25.08.2006 Tarihli kesilmiş görüntü	49
Şekil 4.9. 20.08.2010 Tarihli kesilmiş görüntü	49
Şekil 4.10. 25.08.2006 Tarihli maskelenmiş görüntü.....	50
Şekil 4.11. 20.08.2010 Tarihli maskelenmiş görüntü.....	50
Şekil 4.12. Dağlık ve Çorak alanlar.....	51
Şekil 4.13. 25.08.2006 Tarihli Çalışma alanı ve Dağ maskesi uygulanmış görüntü..	51
Şekil 4.14. 20.08.2010 Tarihli Çalışma alanı ve Dağ maskesi uygulanmış görüntü..	52
Şekil 4.15. 2006 Tarihli görüntüde kontrol alanlarının oluşturulması	54
Şekil 4.16. 2006 Tarihli sınıflandırılmış görüntü	65
Şekil 4.17. 2006 Tarihli medyan filtresi uygulanmış sınıflandırılmış görüntü.....	66
Şekil 4.18. 2010 Tarihli sınıflandırılmış görüntü	69
Şekil 4.19. 2010 Tarihli medyan filtresi uygulanmış sınıflandırılmış görüntü.....	70
Şekil 4.20. Değişim gösteren ve göstermeyen alanların haritası.....	76

Şekil 4.21. Değişen tüm alanların değişim yönü.....	77
Şekil 4.22. Mısır_1 değişim haritası.....	79
Şekil 4.23. Mısır_2 değişim haritası.....	80
Şekil 4.24. Soya değişim haritası	81
Şekil 4.25. Pamuk değişim haritası	82
Şekil 4.26. Boş Alan değişim haritası.....	83
Şekil 4.27. 2006-2010 Yılları Arası Mısır-1 Ekili Alanların Değişim Grafiği(%)	86
Şekil 4.28. 2006-2010 Yılları Arası Mısır-2 Ekili Alanların Değişim Grafiği(%)	87
Şekil 4.29. 2006-2010 Yılları Arası Pamuk Ekili Alanların Değişim Grafiği (%)	87
Şekil 4.30. 2006-2010 Yılları Arası Soya Ekili Alanların Değişim Grafiği (%)	88
Şekil 4.31. 2006-2010 Yılları Arası Boş Alanların Değişim Grafiği (%)	88
Şekil 4.32. 2006-2010 Yılları Arasında Sınıfların Alansal Değişim Grafiği.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
ASTER	:Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
AVHRR	:Advanced Very High Resolution Radiometer
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
CVA	:Change Vector Analysis
EM	:Expectation Maximization (Beklenti Doruklaştırması)
GS	:Gram-Schmidt dönüşümü
KT	:Kauth- Thomas dönüşümü
MODIS	:The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSAVI	:Modified Soil-adjusted Vegetation Index
MSS	:Multispectral Scanner
NDVI	:Normalized Difference Vegetation Index
PCA	:Principal Component Analysis
RGB	:Red Green Blue
ROI	:Region of Interest
SAR	:Syntethetic Aperture Radar
SAVI	:Soil-adjusted Vegetation Index
SPOT	:Satellite Pour l'Observation de la Terre
TM	:Thematic Mapper
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
UV	:Ultraviyole (Mor ötesi)
WRS	:Worldwide Reference System
YSA	:Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Yeryüzünde meydana gelen değişimlerin zamanlı ve doğru tespiti insan ile doğa arasındaki ilişkinin anlaşılması için çok önemli olup, daha iyi kararlar alınabilmesi için gereklidir (Lu ve ark., 2004). Artan insan nüfusu yeni kaynaklara ihtiyaç duymakta, bu kaynakları sağlayabilmek için de mevcut arazi kullanımında değişikliklere gidilmesi kaçınılmaz bir hal almaktadır. Yeni yaşam alanlarına olan ihtiyaç şehirleşmeyi hızlandırmakta, getirdiği birçok avantajdan dolayı işyerleri ve sanayi kuruluşları da yeni yaşam alanlarına yakın tarım ve orman arazilerine inşa edilmektedir. Plansız yapılan bu yapılaşma ileride birçok çevresel soruna yol açabilir. Arazi kullanımındaki değişimlerin izlenmesi mevcut yapıdaki kontrolsüz ilerlemenin önüne geçerek çıkabilecek sorunları engelleyebilmek için bir çıkış yolu olacaktır.

Yaşanan çevrede meydana gelen değişimler her alanda olduğu gibi tarım alanında da takip edilmek durumundadır. Bu değişimlerin çeşidi, miktarı ve yönü tarımsal politikaların belirlenmesinde ve ekonominin yönlendirilmesinde alınacak kararlar için önemli bir değişken olmaktadır. Günümüzde mevcut yöntemler ile tarımsal alanlarda meydana gelen değişiklikleri izlemek, alınacak kararları yönlendirme konusunda hızlı yöntemler olamamaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri bu konuda kullanılmaya başlayan etkili ve hızlı bir yöntem olarak öne çıkmaya başlamıştır. Alınan uydu görüntüleri analiz edilerek birçok konuda, başka hiçbir yöntem ile elde edilemeyecek bilgiler hızlı ve etkin şekilde açığa çıkarılmaktadır. Ayrıca gelişen teknolojiye paralel olarak düşen maliyetler bu yöntemleri oldukça popüler kılmaktadır.

Değişim tespiti farklı zamanlarda gözlemlenen bir olay veya nesnenin durumundaki değişikliklerin tanımlanmasıdır (Singh, 1989). Uzaktan algılama ile değişim tespiti ise son zamanlarda oldukça gelişmiş ve kullanışlı bir değişim tespiti metodudur. Uzaktan algılama verilerinin başında uydu görüntüleri gelir. Bu görüntüler geniş yeryüzü alanlarına ait büyük çapta konumsal veri içerir. Arazi çalışması ile ulaşılamayacak alanlar hakkında bilgi alınabilmesi, çalışmada istenen detaya göre görüntü seçilebilmesi, daha hızlı ve ucuz olması da araştırmacı için

avantajlar sağlar. Ayrıca daha az emek ve işgücü sarf edilmesi ve periyodik olması gibi nedenlerden dolayı uzaktan algılama geleneksel yöntemlere göre çok avantajlı bir yöntemdir (Özden, 2000). Değişim tespiti çalışmalarında bir yerin farklı tarihlerde çekilmiş uydu görüntülerini inceleyerek bu alandaki değişikliklerin belirlenmesi için birçok farklı yöntem ortaya konulmuştur (Lu ve ark., 2004).

Bu çalışmada değişim tespitinin uzaktan algılama ile nasıl yapıldığı ve değişim tespitinde kullanılan yöntemler açıklanacaktır. Uydu görüntüleri üzerinde uzaktan algılama yöntemleri uygulanarak Yüreğir ve Seyhan ilçe sınırları içerisinde ekili ürün değişim tespiti yapılacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Değişim tespiti için uzaktan algılama ile yapılması çalışmalarında cebirsel yöntemler ve bant aritmetiği teknikleri kullanılan ilk yöntemlerdendir. Angelici ve ark. (1977), bant oranları farkı verisi ve bir eşik kullanarak değişen alanları tespit etmişlerdir. Jensen ve Toll (1982), görünür kırmızı bandın hem bitkisel hem de şehirselleşen alanlarda değişim tespiti için kullanışlılığını göstermişlerdir. Chavez ve Mackinnon (1994), ABD'nin güney batısında yaptıkları çalışmada kırmızı bant görüntü farkı kullanılarak yapılan bitkisel alan değişim tespitlerinin NDVI kullanılarak yapılanlardan daha iyi sonuçlar verdiği sonucunu ortaya koymuşlardır. Ridd ve Liu (1998), Salt Lake vadisinde, Landsat TM görüntüleri kullanarak görüntü farkı, Regresyon yöntemi, Kauth Thomas dönüşümü (KT), Ki-kare dönüşümü uyguladıkları şehirselleşen alan kullanımı değişimi tespiti çalışmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmada TM 3.bant farkı ve regresyon yönteminin en iyi sonuçları verdiğini, bununla birlikte kullanılan yöntemlerinin hiç birinin diğerine çok büyük bir üstünlük sağlamadığını ortaya koymuşlardır.

Fung ve LeDrew (1987), PCA ve KT dönüşümleri uygulanmış TM ve MSS görüntüleri kullanılarak yüzey örtüsü değişimini tespit etmişler, KT dönüşümü yapılan görüntülerdeki yeşillik ve parlaklık faktöründen dolayı bu tip tespitlerde en uygun dönüşüm yöntemi olduğu sonucuna varmışlardır. Fung (1990), başka bir çalışmada ise yine PCA ve KT kullanarak görüntülerin yakın kızıl ötesi yansıması ve yeşillik farkları ile ürün tipi değişimi ve bitkisel- bitkisel olmayan özellikleri arasındaki değişimi tespit edebilmiştir. Guirguis ve ark. (1996), standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış PCA, görüntü farkı ve oranlaması yöntemlerini karşılaştırmıştır. Sonuçta standartlaştırılmış PCA yönteminin değişikliklerin tespitinde daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Dönüşüm yöntemleri kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada ise Sunar (1998), İstanbul İkitelli bölgesinde görüntü bindirme, görüntü farkı, PCA ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemlerini ayrı ayrı kullanarak arazi örtüsü değişimini tespit etmiştir. PCA ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemlerinin değişimleri belirgin şekilde vurguladığı, ancak kullanılan bütün yöntemlerin ortaya çıkan içerik

ve yorumlanabilirlik açısından iyi yanları olduğunu göstermiştir. Collins ve Woodcock (1996), doğrusal değişim tespiti yöntemleri ile Landsat TM görüntüleri kullanarak orman ölümlülüğü haritaları üzerinde çalışmışlardır. Sonuçta PCA ve çok zamanlı görüntülerde uygulanan KT dönüşümlerinin, GS ortagonalizasyonu işlemlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği çıkarımını yapmışlardır. Rogan ve Yool (2001), NDVI, SAVI, MSAVI bitkisel indeksleri ile TM bant oran (7/4), PCA ve KT bileşenleri yöntemlerini karşılaştırmışlardır. KT yaklaşımının çalışma bölgesi olan Meksika'nın Pelencillo Dağlık alanında 0,66 kappa ile yangına bağlı bitkisel yok olmayı en iyi şekilde tespit ettiğini göstermişlerdir.

Sınıflandırma yöntemleri kullanılarak yapılan değişim tespiti çalışmalarına 1998' de Li ve Yeh' in Pearl River Deltası'nda yaptıkları çalışmayı örnek verebiliriz. Bu çalışmada çok zamanlı görüntüler kontrollü en çok olabilirlik sınıflandırmasına tabi tutularak kullanılmış ve görüntülerin PCA dönüşümü yapılarak kentsel alan arazi değişimi gözlemlenmiştir. Petit ve Lambin (2001), güney batı Zambiya'da yaptıkları yeryüzü örtüsü değişimi çalışmasında görüntü farkı ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemlerinin birleşimini kullanmışlardır. Böyle bir birleşimin sadece sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemine göre daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Wilson ve Sader (2002), yine çok zamanlı TM görüntülerinin NDVI ve NDMI sınıflandırmasını yaparak orman ürün tespiti yapmışlardır. RGB-NDMI yönteminin RGB-NDVI yöntemine göre daha yüksek doğruluk oranı sağladığını ortaya koymuşlardır.

Son zamanlarda gelişmekte olan ve değişim tespiti çalışmalarında da sıklıkla kullanılmaya başlanan bir yöntem de yapay sinir ağlarıdır (YSA veya ANN). Bu yöntem yeryüzü örtüsü değişimi, orman ölümlülüğü tespiti, orman ve şehirselleme alan değişimi tespiti gibi birçok değişim tespiti çalışmasında kullanılır hale gelmiştir. Liu ve Lathrop (2002), çok zamanlı TM verisi üzerinde YSA teknikleri uygulayarak yaptıkları çalışmada şehirselleme alan tespitinde bulunmuşlar. YSA kullanılarak yapılan tespit, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemine göre %20 ile %30 arasında değişen oranda daha doğru sonuç verdiğini ortaya koymuşlardır.

Lo ve Shipman (1990), CBS yaklaşımı kullanarak Hong Kong'da yeni kasaba gelişmelerinin etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada alan kullanımı analizi için

çekilmiş hava fotoğraflarının, ikili maskeleyme teknikleri ile ortaya çıkmış görüntüler ile entegrasyonu yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda alan kullanımı değişimindeki dinamikler bölgedeki her kategori için ortaya konmuştur. Özellikle uzun periyotta, farklı kaynaklarda elde edilmiş, farklı biçim ve doğruluktaki çok zamanlı veriler birleştirilerek kullanılacaksa CBS yaklaşımları değişim tespitleri için en uygun yol olarak kabul edilebilir.

Weng (2002), Çin'in Zhujiang Deltası'nda CBS, uzaktan algılama ve stokastik modelleri bütünleştirerek beraber kullandığı çalışmada arazi değişimi tespiti yapmıştır. Sonuç olarak, böyle bir yöntemler birleşiminin özellikle arazi değişiminin yönü ve oranı bilgilerini etkili şekilde ortaya koyduğu belirtilmiştir. Atlanta Georgia anakent bölgesinin arazi kullanım ve arazi örtüsü değişimi tespiti çalışmasını yapan Yang ve Lo (2002), CBS yaklaşımının geleneksel yaklaşımlardan birçok üstünlüğü olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmalarında kontrolsüz sınıflandırma, CBS tabanlı mekansal yeniden sınıflandırma ve sınıflandırma sonrası karşılaştırmanın CBS ile bütünleştirildiği bir yaklaşımla araştırma bölgesinin mekansal dinamiklerini incelemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak;

- Landsat-5 TM görüntüleri,
- Kadıköy ve Yenigök sulama birliklerine ait yer gerçeği haritaları kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri Landsat-5 uydusuna ait 25.08.2006 ve 20.08.2010 tarihli TM algılayıcısı görüntüleridir. Görüntülere ait özellikler Çizelge 3.1 de açıklanmıştır. Görüntülerin çekildikleri tarihler aynı ayın birbirine mümkün olduğu kadar yakın tarihleri olarak seçilmiştir. Ayrıca gün içinde çekildikleri saatlerin de neredeyse aynı olması parlaklık ve güneş açısının birbirine çok yakın olmalarını sağlamıştır. 2010 tarihli görüntüde bulut oranı sıfıra yakınken, 2006 tarihli görüntüdeki %10 bulut oranı çalışma alanına neredeyse hiç isabet etmemiştir. Görüntülenme tarihlerinin ikisinde de algılayıcılar normal şekilde çalışmakta ve görüntüde bir anormalliğe rastlanmamaktadır. Ayrıca tüm bantlarda görüntü kalitesi algılayıcı tarafından algılanabileceklerin en üst düzeyindedir.

Sulama birliklerinden sağlanan haritalar ise kadastro haritalarıdır. Her yıl bu haritalardaki parsellere sulama birliği personeli tarafından yapılan alan çalışması sonuçları yansıtılır. Sulama birlikleri tarla sahiplerinin ettikleri ürüne göre yıllık ücret almaktadır. Bu sebepten, her yıl hangi parselde hangi ürünün ekildiği bilgisi bu haritalara işlenmektedir. Bu haritalar çalışmada yer gerçeği verisi sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Çalışmada Kadıköy sulama birliğine ait 4 adet 2010 yılı haritası ve Yenigök sulama birliğine ait 8 adet 2006 yılı 1/5000 ölçekli haritası kullanılmıştır. Haritalar üzerinde yerleşim yerleri, 1. Ürün mısır, 2. Ürün mısır, pamuk, soya, hububat, bostan, boş tarla, bakliye, susam, meyve ve turuncgil bahçesi, yollar, sulama kanalları ve çorak alanlar detaylı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Landsat-5 TM Görüntüleri Özellikleri

20.08.2010		25.08.2006	
<i>Veri seti Özelliği</i>	<i>Özellik Değeri</i>	<i>Veri seti Özelliği</i>	<i>Özellik Değeri</i>
Landsat Scene Identifier	LT51750342010232MOR00	Landsat Scene Identifier	LT51750342006237MOR00
Spacecraft Identifier	5	Spacecraft Identifier	5
Sensor Mode	BUMPER	Sensor Mode	
Station Identifier	MOR	Station Identifier	MOR
Day Night	DAY	Day Night	DAY
WRS Path	175	WRS Path	175
WRS Row	34	WRS Row	34
WRS Type	2	WRS Type	2
Date Acquired	20.08.2010	Date Acquired	25.08.2006
Start Time	2010:232:08:05:46.78800	Start Time	2006:237:08:09:00.15825
Stop Time	2010:232:08:06:13.40094	Stop Time	2006:237:08:09:26.77131
Sensor Anomalies	N	Sensor Anomalies	N
Cloud Cover	0.02%	Cloud Cover	10%
Sun Elevation	5.709.058.711	Sun Elevation	5.634.720.801
Sun Azimuth	13.326.207.831	Sun Azimuth	13.665.524.238
Scene Center Latitude	37.48554 (37°29'07"N)	Scene Center Latitude	37.48349 (37°29'00"N)
Scene Center Longitude	35.46851 (35°28'06"E)	Scene Center Longitude	35.49277 (35°29'33"E)
Corner Upper Left Latitude	38.42089 (38°25'15"N)	Corner Upper Left Latitude	38.41883 (38°25'07"N)
Corner Upper Left Longitude	34.66486 (34°39'53"E)	Corner Upper Left Longitude	34.68914 (34°41'20"E)
Corner Upper Right Latitude	38.11818 (38°07'05"N)	Corner Upper Right Latitude	38.11614 (38°06'58"N)
Corner Upper Right Longitude	36.74367 (36°44'37"E)	Corner Upper Right Longitude	36.76790 (36°46'04"E)
Corner Lower Left Latitude	36.84047 (36°50'25"N)	Corner Lower Left Latitude	36.83842 (36°50'18"N)
Corner Lower Left Longitude	34.21386 (34°12'49"E)	Corner Lower Left Longitude	34.23816 (34°14'17"E)
Corner Lower Right Latitude	36.54393 (36°32'38"N)	Corner Lower Right Latitude	36.54188 (36°32'30"N)
Corner Lower Right Longitude	36.25103 (36°15'03"E)	Corner Lower Right Longitude	36.27527 (36°16'30"E)

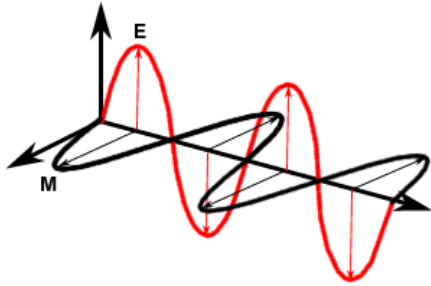
3.2 Metod

Uzaktan algılama, cisimlerle fiziksel bir temas olmadan onlar hakkında bilgi toplama bilimidir. Temel olarak, cisimlerden yayılan veya yansıyan elektromanyetik ışınının algılanması, kaydedilmesi ve yorumlanmasına dayanır.

3.2.1 Elektromanyetik Enerji

Uzaktan algılama yapabilmek için gereken temel şey enerjidir. Bu enerji cisimlerden yayılan enerji olabileceği gibi, daha çok onlardan yansıyan enerjidir. Bunun için de bir enerji kaynağına ihtiyaç vardır. Yeryüzünün temel enerji kaynağı olan güneş uzaktan algılama çalışmalarında da en önemli enerji kaynağıdır. Bu enerji elektromanyetik ışınım formundadır.

Elektromanyetik ışınım, dalga teorisine göre, uzayda veya maddesel bir ortamda yayılan ve salınım yapan bir elektrik alan ve bir manyetik alanın birlikte oluşturduğu kabul edilen dalgalara denir. Elektrik alan ve manyetik alan birbirlerine göre dik açı ile konumlanmıştır (Şekil 3.1).



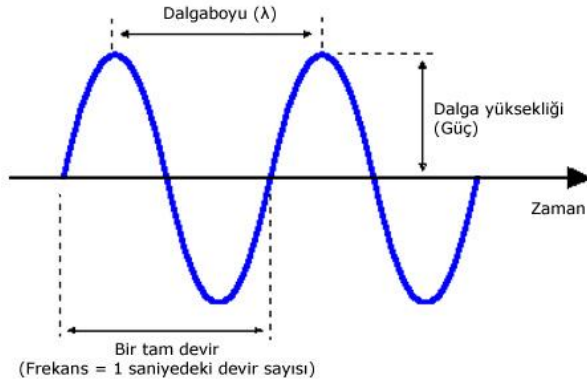
Şekil 3.1. Elektromanyetik Işınım

Elektromanyetik ışınım ışık hızında (3×10^8 m/sn) hareket eder ve matematiksel olarak hız (c), dalga boyu (λ) ve frekans(f) arasında

$$c = \lambda \cdot f \quad (3.1)$$

ilişkisi vardır (Lillesand ve ark., 2004).

Dalga boyu ard arda gelen iki dalga tepesi veya çukuru arasındaki uzaklığı, frekans ise 1 saniyede belli bir noktadan geçen dalga sayısını ifade etmektedir (Şekil 3.2). Dalga boyu metre veya metrenin katları ile ölçülür. Genelde metrenin milyonda biri olan mikrometre (μm) ya da kısa ifadesi ile mikron birimi kullanılır. Frekans ise hertz (Hz) olarak ölçülür.



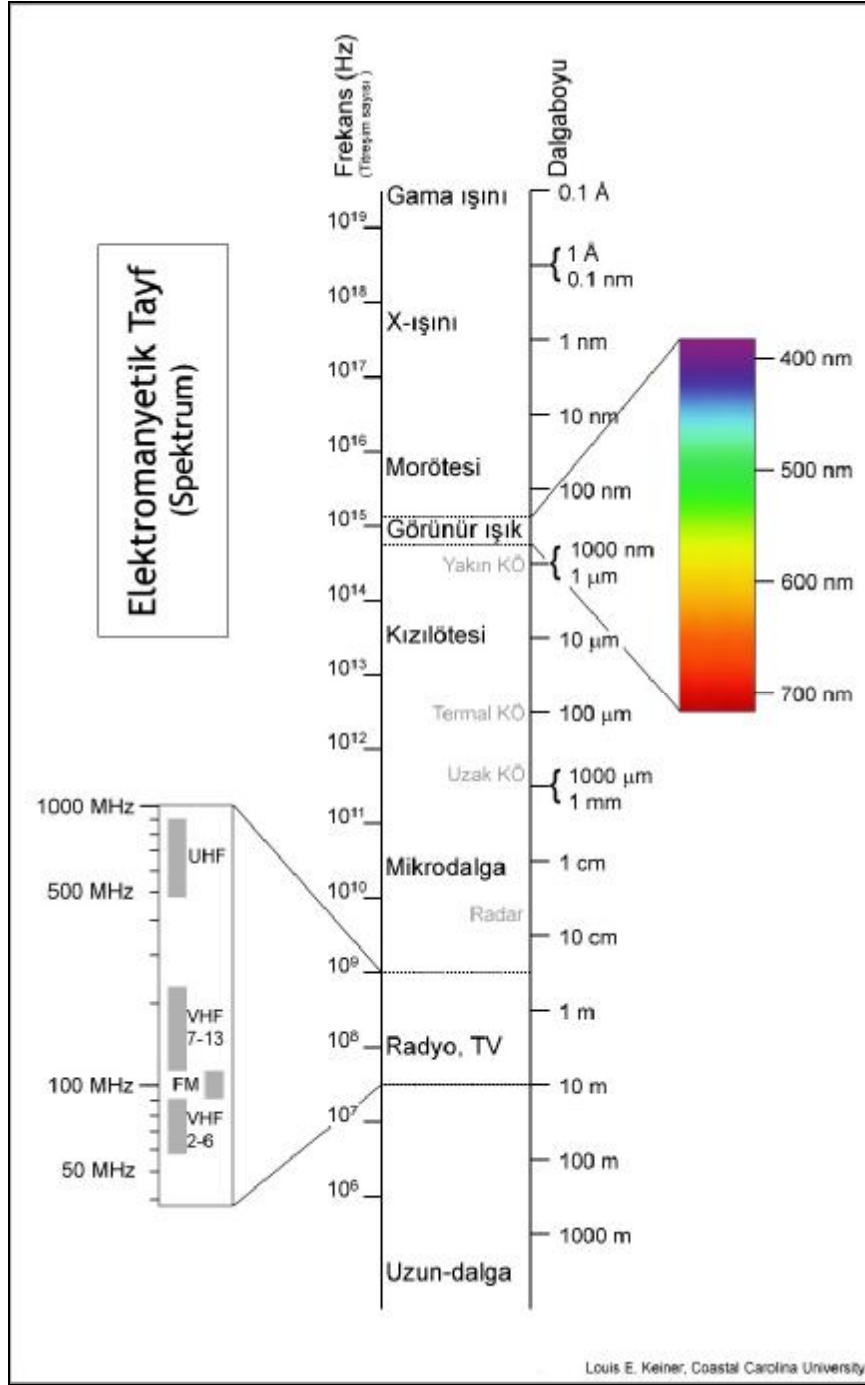
Şekil 3.2. Dalga Boyu ve Frekans

Dalga boyu ve frekans bir biri ile ters orantılıdır. Yani uzun dalga boyuna sahip ışınımın frekansı kısa olurken, kısa dalga boyundakiler uzun frekansa sahiptir.

3.2.2 Elektromanyetik Tayf (Spektrum)

Elektromanyetik ışınımın dalga boylarına veya frekansa göre ayrıştırılmış bölgelerden oluşan ışınım bandıdır (Şekil 3.3).

Bütün elektromanyetik tayf içinde uzaktan algılama için uygun olan birkaç bölge vardır. Birçok amaç için en uygun bölge mor ötesi ya da başka bir deyişle ultraviyole (UV) bölgesidir. Görünür bölgede mor rengi hemen yanındaki bölge olduğu için bu şekilde isimlendirilmiştir. Yeryüzündeki bazı materyaller, özellikle kaya ve mineraller ultraviyole ışınım ile aydınlatıldığında görünür ışık verirler (Lillesand ve ark., 2004).



Şekil 3.3. Elektromanyetik Tayf (Spektrum)

Elektromanyetik tayfın insan gözü tarafından algılanabilen bölgesine ise görünür bölge denir. Görünür bölgenin elektromanyetik tayfın geneline oranının ne kadar küçük olduğunu düşündüğümüzde uzaktan algılama cihazları ile algılanan bölgenin insan gözünün görebildiği bölgeden çok daha fazla olduğu görülmektedir.

Bu da uzaktan algılamanın en büyük avantajlarından biridir. Görünür bölgedeki ışınının dalga boyu yaklaşık olarak 0.4 μm ile 0.7 μm arasında değişmektedir (Çizelge 3.2). En uzun dalga boyuna sahip kırmızı, en kısa dalga boyuna sahip ışınım ise gözümüz tarafından mor olarak algılanmaktadır. Görünür bölgenin tamamı renk kavramına göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.2. Görünür Bölge Dalga Boyu Aralıkları

RENK	Dalga Boyu Aralığı
Mor	0.400 – 0.446 μm
Mavi	0.446 – 0.500 μm
Yeşil	0.500 – 0.578 μm
Sarı	0.578 – 0.592 μm
Turuncu	0.592 – 0.620 μm
Kırmızı	0.620 – 0.700 μm

Bu sınıflandırmada mavi, yeşil ve kırmızı ana renkler veya ana dalga boyları olarak isimlendirilmiştir. Bu üç rengin başka hiçbir iki rengin birleşimi ile oluşturulamaması bu şekilde isimlendirilmelerine neden olmuştur. Ancak diğer tüm renkler bu renklerin birleşimi şeklinde oluşturulmaktadır.

Hemen görünür bölgenin devamındaki 0.7 μm – 100 μm arasındaki dalga boylu ışınımlardan oluşan bölgeye ise kızılötesi veya infrared bölge denir. Bu bölge kendi içinde ışımsal özelliklerine göre ikiye ayrılır; yansıtılan kızılötesi ve termal (yayılan) kızılötesi. Yansıtılan kızılötesi 0.7 μm – 3.0 μm arası dalga boylu ışınımların bölgesidir. Uzaktan algılamada görünür bölgeyle hemen hemen aynı amaçlar için kullanılır. Termal kızılötesi bölge ise 3.0 μm ile 100 μm arasında dalga boylu, yeryüzünden ısı şeklinde yayılan ışımdır (Sabins, 1997).

Mikrodalga ışınım ise uzaktan algılamada kullanılan en uzun dalga boylu ışınım bölgesidir. 1mm ile 1m dalga boyuna sahiptirler. Uzun dalga boyuna sahip olmalarından kaynaklı bazı avantajları uzaktan algılamada kullanımlarını özellikle son zamanlarda oldukça yaygınlaştırmıştır (Sabins, 1997).

Çizelge 3.3. Elektromanyetik Tayfın Kullanım Alanları

Dalga İsmi	Dalga boyu	Açıklamalar
Gamma-ray	< 3.03 nm	Dünyaya gelen ışınım atmosferin üst katmanlarında tamamen emilime uğrar. Bu yüzden uzaktan algılamada kullanılamaz.
X-ray	0.03 – 30 nm	Atmosfer tarafından tamamen emilime uğrar. Uzaktan algılamada kullanılamaz.
Ultraviyole(Mor ötesi)	0.03 – 0.4 µm	0.3 µm den küçük dalga boylu olanlar ozon tarafından emilime uğrar.
Fotoğrafik Ultraviyole	0.3 – 0.4 µm	Atmosferden geçebilir. Film ve fotodedektörlerle algılanabilir. Fakat atmosferik saçılımı oldukça fazladır.
Görünür	0.4 – 0.7 µm	Film ve fotodedektörlerle algılanabilir.
İnfrared (Kızılötesi)	0.7 – 1000 µm	Materyallerle etkileşimi dalga boyuna göre değişir. Atmosferik geçiş pencereleri emilim bantları ile ayrılmıştır.
Yansıtılan İnfrared	0.7 – 3.0 µm	Yansıtılan güneş ışınımı materyallerin termal özellikleri hakkında bilgi vermez. 0.7 – 0.9 µm aralığı filme kaydedilebilir ve fotoğafik IR (infrared) olarak isimlendirilir.
Termal İnfrared	3 – 5 µm ve 8 – 14 µm	Termal bölgedeki temel atmosferik penceredir. Bu bölgedeki görüntüler filme kaydedilemez. Optik-mekanik tarayıcılar ve özel vidicon sistemleri tarafından algılanır.
Mikrodalga	0.1 – 100 cm	Uzun dalga boyları bulut, sis ve yağmurdan geçebilir. Görüntüler aktif ve pasif moda toplanabilir.
Radar	0.1 – 100 cm	Mikrodalga uzaktan algılamanın aktif formudur. Radar görüntüleri çeşitli dalga boylarında kaydedilebilir.
Radyo	>100 cm	Elektromanyetik tayfın en uzun dalga boylu kısmıdır.

3.2.3 Atmosferle Etkileşimler

Uzaktan algılamada kullanılan ışınım hem yeryüzüne ulaşırken hem de geri dönerken atmosferde yol almak zorundadır. Bu yolculuk sırasında atmosferdeki gazlar ve parçacıkların sebep olduğu bazı etkilere maruz kalır. Bu etkiler saçılma ve emilimdir.

Saçılma, elektromanyetik ışınımın atmosferdeki gaz molekülleri veya parçacıklarla temas ettiğinde kendi yolundan sapması olayıdır. Saçılmanın hangi oranda olacağı ışınımın dalga boyuna, parçacık veya gaz moleküllerinin çokluğuna, ışınımın atmosferde aldığı yolun uzunluğuna bağlıdır. Saçılmayı üç çeşide ayırabiliriz.

Rayleigh saçılımı parçacıkların ışınımın dalga boyuna oranla çok küçük olduğu hallerde meydana gelir. Bu parçacıklar genelde çok küçük boyuttaki dozlar ile oksijen ve nitrojen molekülleridir. Rayleigh saçılımı daha çok kısa dalga boylu ışınımın saçılmasına sebep olur (CCRS, 2003).

Mie saçılmasında ise parçacıklar hemen hemen ışınımın dalga boyuna eşittir. Toz, polen, duman ve su buharı bu saçılmanın temel nedenleridir. Bu yüzden bu saçılma türüne daha çok bu parçacıkların yoğun olduğu atmosferin alt katmanlarında rastlanır (CCRS, 2003).

Son saçılma türü seçilemeyen saçılmadır. Parçacıkların ışınımın dalga boyundan büyük olduğu durumlarda meydana gelir. Su damlacıkları ve büyük toz parçacıkları bu tip saçılmaya sebep olabilir (CCRS, 2003).

Elektromanyetik ışınımın atmosferle etkileşiminde işlemekte olan bir diğer mekanizma emilimdir. Bu olay çeşitli dalga boylarındaki enerjinin atmosferdeki moleküller tarafından soğurulması ile meydana gelir. Ozon, su buharı ve karbondioksit enerjiyi soğuran üç ana atmosferik etkindir.

0.3 μm den küçük dalga boyları atmosferin en üst tabakasındaki ozon (O_3) tabakası tarafından tamamen soğurulmaktadır. Bu soğurma dünyadaki yaşamın sürebilmesi için hayatidir. Çünkü bu yüksek enerjili dalga boyundaki ışınım canlı dokular için ölümcüldür. Deniz seviyesinden yükseldikçe güneş yanıklarının daha belirgin şekilde görünmesini bunu belirgin şekilde ortaya koymaktadır. Çünkü bu

seviyeye gelene kadar güneş yanıklarının sebebi olan ultraviyole ışınlar nerdeyse tamamen soğurulmuş olur (Sabins, 1997).

3.2.4 Elektromanyetik Işınım – Hedef Etkileşimleri

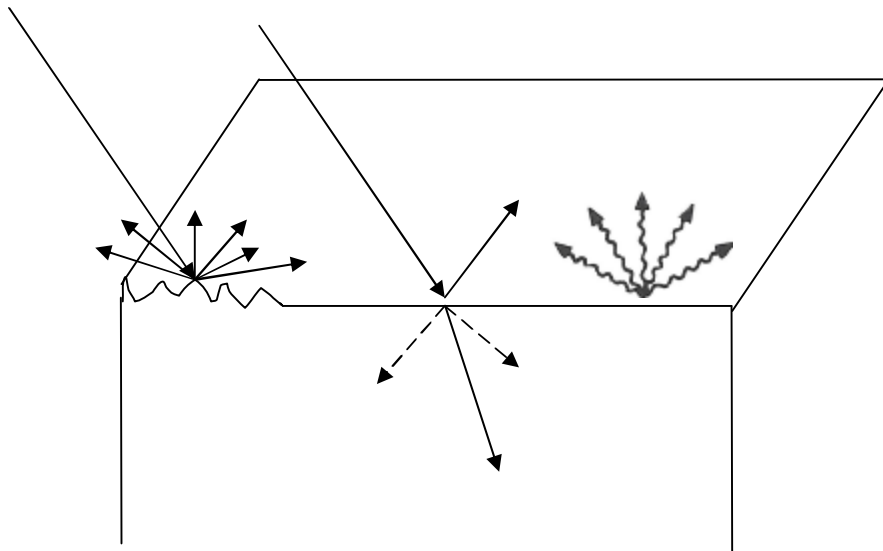
Elektromanyetik ışıının madde ile temas ettikten sonra enerjisi, yönü, dalga boyu, polarizasyonu ve fazı değişebilir. Uzaktan algılama bilimi bu değişiklikleri fark eder ve kaydeder, sonuçta ortaya çıkan görüntüleri analiz ederek elektromanyetik ışıının temas ettiği maddenin özelliklerini ortaya koyar (Sabins, 1997).

Temel fizik yasalarına göre elektromanyetik ışıının madde ile teması süresince kütle ve enerji korunur. Bu temas sonunda beş farklı durum ortaya çıkabilir (Şekil 3.4).

Aktarma (geçişme), maddenin içinden geçmedir. Farklı yoğunluktaki ortamlar arası geçiş yapan ışıının hızı değişir. Bu iki farklı ortamdaki hızlarının oranına kırılma indisi adı verilir.

Soğurulma, ışıının enerjisinin bir kısmını maddeye vermesidir. Bu enerji genelde ısı formuna dönüşür ve maddeyi ısıtır.

Saçılma, ışıının her yönde yansıtılmasıdır. Işık dalgaları atmosferdeki kendi dalga boylarına yakın parçacık ve moleküller tarafından saçılmaya uğratılırlar.



Şekil 3.4. Elektromanyetik Işınım ve Madde Etkileşimleri

Yayılma, maddenin yapısı ve sıcaklığına bağlı bir fonksiyon şeklinde ışıınım salmasıdır. Genelde uzun dalga boylarındadır.

Yansıma, gelen ışıının yüzeyin normali ile eşit açı yapacak şekilde yüzeyden geri gönderilmesidir. Gelen ışıının dalga boyuna göre daha düz yüzeylerde meydana gelir.

Yayılma, saçılma ve yansıma maddenin renk, pürüzsüzlük gibi yüzeysel özelliklerine bağlı oldukları için yüzey olayları olarak isimlendirilir. Aktarma ve soğurulma ise maddenin yoğunluk, iletkenlik gibi içsel özelliklerine bağlı olduğu için hacimsel olaylar olarak isimlendirilir.

Uzaktan algılama görüntüleri olarak kaydedilen elektromanyetik ışıınım ve madde arasındaki bu etkileşimler analiz edilerek maddenin özellikleri hakkında bilgi toplanır (Sabins, 1997).

3.2.5 Aktif ve Pasif Algılama

Güneş uzaktan algılama için en uygun enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi yeryüzündeki nesneler tarafından görünür dalga boyunda yansıtılır ve ya emilime uğradıktan sonra termal kızılötesi olarak yeniden yayılır. Doğal olarak yayılan bu ışıınımı ölçen uzaktan algılama algılayıcılarına pasif algılayıcılar denir. Yansıyan ışıınım ancak gün ışığı varlığında kaydedilebilirken, yayılan ışıınım gündüz veya gece kaydedilebilecek enerji düzeyinde olduğu sürece algılanabilir (CCRS, 2003).

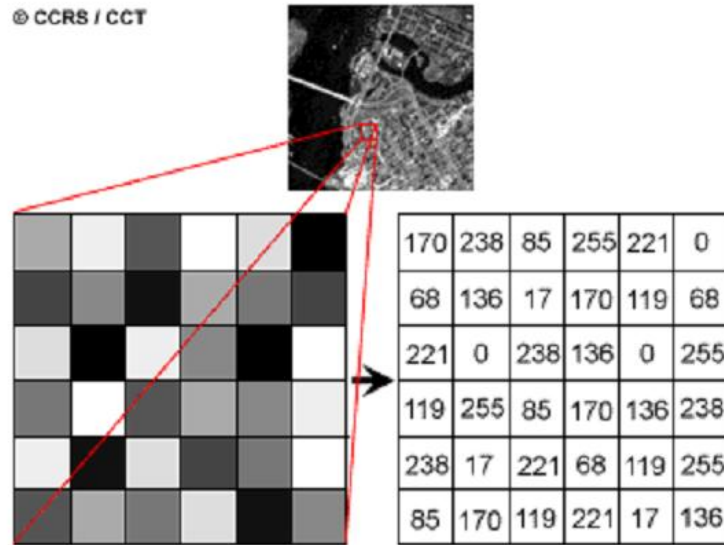
Pasif algılayıcıların aksine her zaman ve her koşulda algılama yapabilen aktif algılayıcılar ise bunu yaparken kendi enerjilerini kullanırlar. Algılanmak istenen hedefe yönlendirilen ışıınım nesneyle temas ettikten sonra yansıyan ışıınım aktif algılayıcı tarafından kaydedilir. Aktif algılayıcıların zamana ve hava şartlarına bağlı olmadan algılama yapabilme yeteneklerine rağmen dezavantajları ise nesnenin yeteri kadar aydınlatılabilmesi için yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duymalarıdır. Bu yüksek enerji ihtiyacı maliyetlerini de artırmaktadır. Bu algılayıcılar genellikle askeri amaçlarla kullanılmaktadır. Genelde radar olarak isimlendirilen bu algılayıcılarda uzun dalga boylu ışıınım türleri kullanılır. Mikrodalga algılayıcılar ve SAR

(Syntethetic Aperture Radar) bu algılayıcılara örnek gösterilebilir (Lillesand ve ark., 2004).

3.2.6 Görüntülerin Özellikleri

Elektromanyetik enerji hem fotoğrafik hem de elektronik olarak algılanabilir. Fotoğrafik süreç enerji değişimlerini algılamak ve kaydetmek için ışığa duyarlı filmin yüzeyinde meydana gelen kimyasal reaksiyonları kullanır. Uzaktan algılamada fotoğraf ve görüntü karıştırılmaması gereken iki kavramdır. Görüntü, elektromanyetik enerjinin hangi dalga boyunda veya hangi uzaktan algılama cihazıyla algılandığı önemsenmeksizin kaydedilmiş bir resimsel gösterimdir. Fotoğraf ise özel olarak fotoğrafik filmler üzerine kaydedilmiş görüntülerdir. Fotoğraflar elektromanyetik tayfın genellikle $0.3 - 0.9 \mu\text{m}$ dalga boylarında yani görünür ve yansıyan kızılötesi bölgelerinde kaydedilebilir.

Bir fotoğraf aynı zamanda dijital biçimde de ifade edilebilir. Bunun için fotoğraf küçük eşit boyutlu ve eşit şekilli parçalara ayrılır. Bu parçalara piksel denir. Her piksel bulunduğu alanın parlaklığına bağlı bir dijital değere (digital number) sahiptir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Fotoğrafın Dijital Biçimde İfadesi

Bu durumda bir fotoğraf taranıp piksellere bölünür ve her piksele göreceli parlaklığını belirten bir değer atanır ve bu şekilde dijital formda saklanmış olur. Bilgisayar gösteriminde her piksel dijital değerine bağlı bir parlaklık seviyesinde gösterilir. Algılayıcılar da gelen dijital değerler dizisi olarak kaydedebilir.

İnsanlar nesneleri renkli görür çünkü görünür bölgede nesnelerden yansıyan ışık insan gözü tarafından algılanarak beynimizde işlenirken renklere ayrılır. Algılayıcılarda buna benzer şekilde çalışır. Bir algılayıcıya gelen geniş tayfsal aralıktaki ışınım dalga boyuna göre sınırlara ayrılmış kanallarda toplanır. Bu kanallara band da denir. Böylece birbirine yakın dalga boyları bir kanalda sayısallaştırılmış olur. Gösterimleri yapılırken ise üç ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavinin (RGB) birleşimi şeklinde ifade edilirler. Her kanaldan gelen piksel değeri bu ana renklerin göreceli parlaklığı ile gösterilir (CCRS, 2003).

3.3 Uzaktan Algılamada Kullanılan Uydular

Birçok açıdan, yeryüzünün uzaydan görüntülenmesi meteorolojik uyduların geliştirilmesi sürecinde kendiliğinden ortaya çıkan bir sonuçtu. Televizyon ve Kızılötesi Gözlem Uydusu (TIROS-1) ile 1960'ta başlayan ilk meteoroloji uyduları kaba halde bulut fotoğrafları ve yeryüzünün aslında belirsiz (detayları seçilemeyen) görüntülerini gönderiyorlardı. Meteoroloji uyduları üzerindeki görüntü algılayıcılarındaki iyileştirmeler ile birlikte hem atmosferik hem de yersel objelerin özellikleri daha belirgin şekilde ayrılabilir hale geldi (Sabins, 1997).

1960 Birleşik Devletler İlk askeri uzay görüntüleme keşif programı CORONA'yı başlattı. Bu program süresince birçok geliştirme yapıldı. Uzaydan dünyanın fotoğraflanması konusunda birçok ilerleme sağlandı. 1960'lardaki insanlı uzay programları Mercury, Apollo ve Gemini ise bu alanda bir sıçrama tahtası oldu. 5 Mayıs 1961'de Alan B. Shepard, Jr., 15 dakikalık Mercury uçuşu sırasında Mauer 70 mm'lik kamerasıyla 150 kare otomatik fotoğraf çekti. Görüntülerde sadece uzay, bulutlar ve okyanus görüntülenebilmişti. 20 Şubat 1962' de ise bir başka Mercury görevinde MA-6 sırasında Lohn Glenn, Jr., 35 mm kamerasıyla 48 renkli fotoğraf

çekti. Bu fotoğraflarda da bulutlar, su ve birkaç karede de Kuzeybatı Afrika'nın çölleri görüntülenmişti (Sabins, 1997).

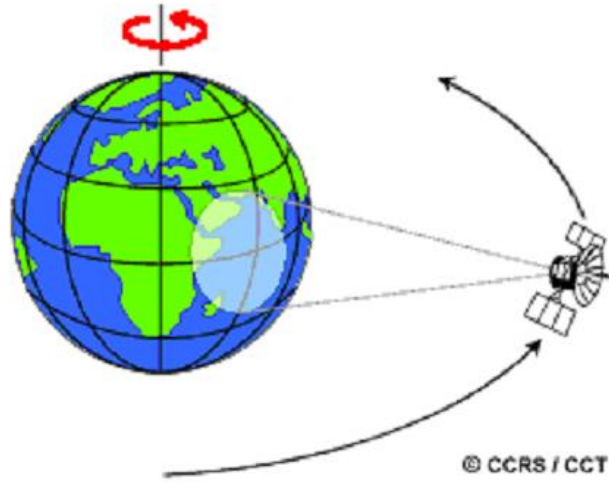
Bu başlangıçtan sonra geliştirilen bir Hasselblad 80 mm lensli kamera Gemini programında fotoğrafik deneyler için standart hale getirildi. GT-4 kod adlı görev çekilen fotoğrafların jeolojik deneylerde kullanılması için tasarlandı. Bu görev boyunca çekilen Birleşik devletler, Meksika, Afrika, Asya ve diğer bölgelerin görüntüleri birçok yeni ve heyecan verici keşfe ön ayak oldu. Gemini programı sona erdiğinde 1 100 tane yüksek kaliteli renkli fotoğraf toplanmıştı. Böylece yeryüzü kaynaklarının uzaydan izlenebileceği fikri üzerinde ciddi şekilde düşünölmeye başlandı. Sistematik, periyodik şekilde görüntü toplayabilecek projeler tasarlanmaya başlandı (Sabins, 1997).

1973 yılında Yeryüzü Kaynakları Deney Paketi (EREP) kapsamında Birleşik Devletler tarafından yapılan Skylab çalışmasında astronotlar tarafından 35 000'den fazla görüntü çekildi. EREP'te bir altı kameralı çizgisel düzenek, bir uzun odaklı kamera, 13 kanallı çok bantlı tarayıcı, noktasal spektro radyometre ve 2 mikro dalga sistem kullanıldı (Sabins, 1997).

Ardından 1975 yılında ABD-SSCB ortak projesi Apollo-Soyuz Test projesi kapsamında birçok görüntü çekildiyse de, bu görüntüler çeşitli nedenlerden dolayı kalite açısından hayal kırıklığı yarattı (Sabins, 1997).

3.3.1 Uydular ve Özellikleri

Uzaydan uzaktan algılama bazen uzay mekikleri ile yapılsa da günümüzde en yaygın uydular üzerine yerleştirilmiş algılayıcılar ile yapılmaktadır. Yapay uydular uzaktan algılama, iletişim, yer belirleme ve yönlendirme amacıyla üzerlerine yerleştirilmiş birçok aygıtı barındırırlar. Uydunun izlediği yola yörünge denir. Uyduların yörüngeleri ve uçuş yükseklikleri ise amaçlarına göre belirlenir. Çok yüksek uçuş yükseklikli ve dünyanın hep belirli bir bölgesini gören uydulara yer durağan (geostationary) uydular denir. Bu uydular yaklaşık 36 000 km yükseklikte ve Dünya ile aynı hızda hareket ederler. Meteoroloji ve iletişim uyduları genellikle bu tarz uydulardır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yer Durağan Uydu Yörüngesi

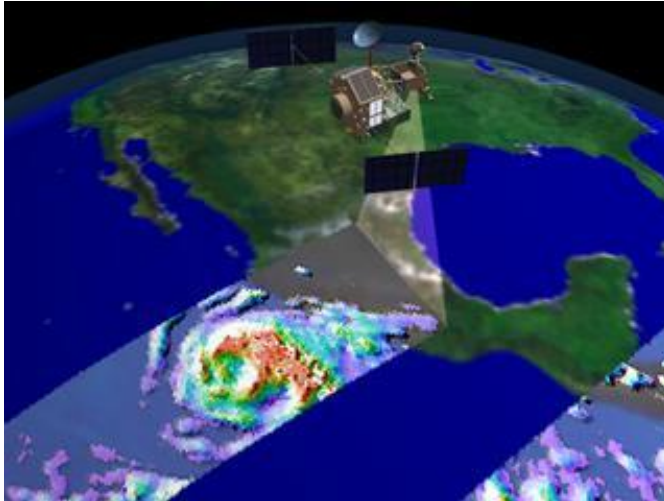
Birçok uzaktan algılama platformu ise temel olarak kuzeyden güneye ve dünyanın dönüşü ile kesişecek bir yörüngeyi izler. Böylece Dünya'nın her yerinden periyodik olarak görüntü toplayabilir. Bu çeşit yörüngeler yakın kutupsal yörüngeler olarak isimlendirilir (Şekil 3.7). Ayrıca pasif algılayıcılara sahip oldukları için devamlı gün ışığına duyulan ihtiyaçtan dolayı güneş eşzamanlı tasarlanmışlardır. Bu özellikleri sayesinde Dünya'nın her yerinden yerel güneş zamanı adı verilen aynı zamanında veri toplayabilirler. Herhangi bir enlemde güneşin uyduya göre gökyüzündeki pozisyonu aynı mevsimde hep aynı olmaktadır. Böylece takip eden yıllarda alınan görüntülerdeki aydınlanma koşulları da sabit kalmaktadır (CCRS, 2003).

Uydu Dünya etrafında dönerken yörünge boyunca yeryüzünün belirli bir bölgesini görür. Yüzeyden görüntülenen bu alana swath denir. Uyduların algılayıcılarının özelliklerine göre bu alan değişebilir. Uzaktan algılama uyduları genellikle yakın kutupsal yörüngeli oldukları için eğer dünya dönmeseydi doğu batı eksenindeki pozisyonları da değişmeyecekti ancak Dünya'nın dönüşünden dolayı batı yönlü bir kayma yaparlar (Şekil 3.8). Bu da birbirini takip eden geçişlerde yeni bir bölgenin görüntülenmesine olanak verir. Uydunun yörünge boyunca hareketi ve Dünya'nın kendi etrafında dönüşü ile beraber yeryüzünün tamamı taranır ve böylece bir tam döngü tamamlanır. Bir tam döngünün tamamlanması için geçen süre yeniden ziyaret periyodudur (CCRS, 2003).



Şekil 3.7. Yakın Kutupsal Uydu Yörüngesi

Bir uydu görüntüsünün niteliklerini belirtmek için 4 çeşit çözünürlük tanımlanmıştır. Bunlar uzaysal çözünürlük, tayfsal çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlüktür.



Şekil 3.8. Uydunun Yeryüzünü Taraması

Uzaysal çözünürlük görüntüde fark edilebilir en küçük detay olarak tanımlanır. Daha açık ifade etmek gerekirse, görüntüdeki bir pikselin yerde kapladığı alandır. Örneğin 20 m uzaysal çözünürlüğe sahip bir görüntüde bir piksel yeryüzünde 20mx20m lik bir alanı temsil edecektir. Böylece daha iyi çözünürlük daha düşük

değerlerde elde edilir. Örneğin 10m lik bir görüntünün uzaysal çözünürlüğü 50 m lik bir görüntününkinden daha iyi olacaktır (UHUZAM, 2003).

Tayfsal çözünürlük ise algılayıcının elektro manyetik tayfta kaydedebildiği özel dalga boyu aralıklarını ifade eder (Simonett, 1983). Örneğin, Landsat TM algılayıcısı band1 e 0.45 μm ve 0.52 μm aralığındaki enerjiyi kaydedebilir. Elektro manyetik tayftaki dar aralıklar daha iyi tayfsal çözünürlük demektir (Erdas Field Guide, 2003). Örneğin SPOT uydusunun pankromatik algılayıcısı 0.51-0.73 μm arası enerjiyi kaydederken Landsat TM band3 0.63-0.69 μm arası enerjiyi kaydettiği için SPOT pankromatik algılayıcısına göre daha iyi bir tayfsal çözünürlüğe sahiptir (Jensen, 1996).

Radyometrik çözünürlük elektromanyetik enerji miktarında sahip olunan hassasiyet, başka bir deyişle görüntüleme sisteminin enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğidir (UHUZAM, 2003). Bir bantta kaydedilen görüntünün kaç farklı tonla gösterileceğini belirler. Örneğin, 2 bitlik bir görüntü detaylar için 4 farklı ton kullanırken, 8 bitlik bir görüntüden 256 farklı ton kullanılır. Böylece bu sayı arttıkça görüntüdeki detaylar daha iyi ayırt edilebilir.

Zamansal çözünürlük ise bir algılayıcının dünya üzerindeki ard arda iki geçişi arasındaki süredir. Örneğin Landsat uyduları aynı yerden 16 günde bir görüntü alabilirken SPOT uydusu 3 günde bir alabilmektedir (Erdas Field Guide, 2003).

3.3.2 Landsat Uydu Programı

İnsanlı uzay görevleri ve meteoroloji uydularından sağlanan dünya kaynakları görüntülerinin heyecan verici sonuçları, bu alanda fizibilite çalışmaları başlatılmasını sağlamıştır. 1967 yılında NASA ve ABD İçişleri Bakanlığı beraberce Yeryüzü Kaynakları Teknoloji Uyduları (ERTS's) serisini planlamaya başlamıştır. Fırlatma öncesine kadar ERTS-A, -B, -C, -D, -E, -F şeklinde kodlanan isimleri, başarılı şekilde yörüngeye oturtulduktan sonra ERTS-1, -2, -3, -4, -5, -6 ismini almıştır (Sabins, 1997).

ERTS-1, 23 Temmuz 1972 tarihinde Thor-Delta roketi üzerinde uzaya fırlatılmış ve 6 Ocak 1978 tarihine kadar başarı ile işletilmiştir. ERTS-1 algılayıcıları

bu görev için özelleştirilmiş Nimbus meteoroloji uydusu üzerine yerleştirilmiştir. Bu çalışma dünya kaynakları hakkında bilgi toplayan, orta çözünürlüklü, çok bantlı temelde tasarlanan ilk insansız çalışmayı temsil etmektedir. Temel olarak yeryüzü kaynakları verisi toplayan insansız uyduların verimliliğini test eden bir deney olarak düşünülmüştür. Toplanan tüm veriler “açık uzay” prensibiyle, ayırım gözetmeksizin tüm dünyanın kullanımına sunulmuştur. Bütün dünya devletleri ERTS-1 verisinin değerlendirme sürecinin bir parçası olmaya davet edilmiştir. Bilim çevreleri tarafından beklenenden de çok ilgi çeken bu projede 43 ABD eyaleti ve 36 farklı ülkenin katılımıyla 300 civarı bağımsız deney gerçekleştirilmiştir (Sabins, 1997).

22 Ocak 1975 yılında ERTS-B nin fırlatılmasından hemen önce ERTS projesinin ismi NASA tarafından resmi olarak Landsat olarak değiştirilmiştir. Böylece önceden fırlatılan ERTS-1 de dahil olmak üzere bu kapsamda fırlatılan uydular Landsat olarak anılmaya başlanmıştır.

Günümüze kadar 6 Landsat uydusu başarıyla fırlatıldı. Bunlar Landsat-1 den Landsat-5 e kadar olanlar ve fırlatma sonrası kaybolan Landsat-6 nın yerine geçen Landsat-7 uydularıdır. Çizelge 3.4’de Landsat-1 den Landsat-7 ye kadar gerçekleştirilen görevlerin karakteristikleri belirtilmiştir. Burada vurgulanması gereken bu görevlerde 5 farklı tipte algılayıcının ve bunların birleşimlerinin kullanılmasıdır. Bunlar Return Beam Vidicon (RBV), Çok Bantlı Tarayıcı (MSS), Tematik Haritalayıcı (TM), Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı(ETM) ve Geliştirilmiş Tematik Algılayıcı Plus (ETM+)’ dır.

Çizelge 3.5’de ise bu algılayıcıların tayfsal hassasiyetleri ve uzaysal çözünürlükleri özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Landsat Uydularının Karakteristikleri

Uydu	Fırlatılma	Sona Erme	RBV Bantları	MSS Bantları	TM Bantları	Yörünge
Landsat-1	23 Temmuz 1972	6 Ocak 1978	1-3 (eşzamanlı görüntüleme)	4-7	Yok	18 gün/ 900 km
Landsat-2	22 Ocak 1975	25 Şubat 1982	1-3 (eşzamanlı görüntüleme)	4-7	Yok	18 gün/ 900 km
Landsat-3	5 Mart 1978	31 Mart 1983	A-D	4-8 ^a	Yok	18 gün/ 900 km
Landsat-4	16 Temmuz 1982	devam ediyor	Yok	1-4	1-7	16 gün/ 705 km
Landsat-5	1 Mart 1984	devam ediyor	Yok	1-4	1-7	16 gün/ 705 km
Landsat-6	5 Ekim 1993	Fırlatma hatası	Yok	Yok	1-7 pankromatik bant(ETM)	16 gün/ 705 km
Landsat-7	15 Nisan 1999	devam ediyor	Yok	Yok	1-7 pankromatik bant(ETM+)	16 gün/ 705 km

^a Bant 8 (10.4 - 12.6 μ m) kısa süre sonra hata verdi.

^b TM veri akışı Ağustos 1993 te kesildi.

Çizelge 3.5. Landsat-1 Den Landsat-7 Ye Kullanılan Algılayıcılar

Algılayıcı	Görev	Hassasiyet(μm)	Çözünürlük(m)
RBV	1,2	0.475-0.575	80
		0.580-0.680	80
		0.690-0.830	80
	3	0.505-0.750	30
MSS	1-5	0.5-0.6	79/82 ^a
		0.6-0.7	79/82 ^a
		0.7-0.8	79/82 ^a
		0.8-1.1	79/82 ^a
	3	10.4-12.6 ^b	240
TM	4,5	0.45-0.52	30
		0.52-0.60	30
		0.63-0.69	30
		0.76-0.90	30
		1.55-1.75	30
		10.4-12.5	120
		2.08-2.35	30
ETM ^c	6	Üstteki TM bantları	30(120 m termal bant)
		0.50-0.90	15
ETM +	7	Üstteki TM bantları	30(60 m termal bant)
		0.50-0.90	15

^a Landsat 1-3 de 79 m, Landsat 4 ve 5 te 82 m

^b Fırlatmadan kısa süre sonra hata verdi.(Landsat-3 bant 8)

^c Fırlatma anında hata

3.3.3 Landsat-4 ve Landsat-5

Önceki Landsat uyduları gibi Landsat-4 ve Landsat-5'te periyodik, çembersel, güneş eşzamanlı, yakın kutupsal yörüngeye oturtulmuştur. Bununla beraber diğerlerinin 900 km olan yüksekliği Landsat-4 ve 5'te 750 km' ye düşürülmüştür. Bu alçak yörünge gerektiğinde uzay mekiklerinin müdahale

edebilmesi ve daha da önemlisi yer çözünürlüğünü artırmak amacıyla seçilmiştir (Sabins, 1997).

Landsat-4 ve 5 ekvatoru 98.2° lik açı ile (normal ile 8.2° yapacak şekilde) ve yerel güneş saati ile öğleden önce 9:45 de keser. Her bir turu yaklaşık 99 dakika sürer ve günde 14.5 tur atar. Dünyanın dönüşünden dolayı, birbirini takip eden iki dönüşte görüntülenenen yerler arasında, ekvatorda, 2752 km uzaklık mevcuttur (USGS, 2010).

Landsat-4 ve 5 hem TM hem de MSS algılayıcılarına sahiptir. Ağırlıkları yaklaşık 2 000 kg'dır. İkisinde de 4 tane 1.5×2.3 m lik güneş panelleri bulunur. MSS ve TM verileri yer istasyonlarına geminin üzerindeki X-bant ve S-bant antenleri ile gönderilir (USGS, 2010).

Landsat-4 ve -5 üzerindeki MSS algılayıcısı önceki Landsat uydularındakine benzerdir. 185 km genişliğinde bir alanı tarayarak ilerler. Optik özellikleri biraz değiştirilen MSS 82 m yer çözünürlüklü görüntüler elde edebilir. Bir önceki sistemlerde bu çözünürlük 79 m dir. Veri toplama safhasında önceki sistemlerde mevcut olan 4 bant aynen korunmuş, ancak yeniden adlandırılmıştır (USGS, 2010). 4-7 bantları yeni tarayıcıda 1-4 olarak isimlendirilmiştir (Çizelge 3.6).

TM algılayıcısı ise bu projelerle birlikte ilk kez kullanılmıştır. TM ileri düzey geliştirilmiş bir algılayıcıdır. Spektral, radyometrik ve geometrik özellikler bakımından MSS e göre oldukça gelişmiş bir algılayıcıdır.

Çizelge 3.6. Landsat-5 TM Bantları Ve Özellikleri

Bant	Dalga Boyu (μm)	Tayfsal Yeri	Temel Uygulamalar
1	0.45-0.52	Mavi	Su kütlesi algılanması için tasarlanmıştır. Kıyı suyu haritalamaları, toprak/vejetasyon ayrımı, orman tipi haritalama ve kültürel özellik tanımlaması için kullanışlıdır.
2	0.52-0.60	Yeşil	Vejetasyonun yeşil yansıma değerini ölçmek için tasarlanmıştır. Vejetasyon ayrımı, sağlığı ve kültürel özellik tanımlaması için kullanışlıdır.
3	0.63-0.69	Kırmızı	Klorofil emilimi ölçümleri için tasarlanmıştır. Bitki türü ayrımında kullanışlıdır.
4	0.76-0.90	Yakın Kızılötesi	Bitki türlerinin belirlenmesi, biokütle içeriği, su kütlelerinin belirlenmesi ve toprak nemi ölçümlerinde kullanışlıdır.
5	1.55-1.75	Orta Kızılötesi	Vejetasyon nemi ve toprak nemi göstergeleri ve karın bulutlardan ayrılması konusunda kullanışlıdır.
6	10.4-12.5	Termal Kızılötesi	Vejetasyon iç basınç, toprak nemi ayrımı ve termal haritalamada kullanışlıdır.
7	2.08-2.35	Orta Kızılötesi	Mineral ve kaya türü ayrımında, vejetasyon nem içeriği konularında kullanışlıdır.

3.4 Görüntü Sınıflandırma

3.4.1 Kontrolsüz (Eğitimsiz- Unsupervised) Sınıflandırma

Çalışma bölgesinde özellikleri bilinen yeterince örnekleme bölgesi (test bölgesi) veya istatistiksel bilgi bulunmadığı durumlarda, spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir. Bu sınıflar görüntü dijital değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, oluşan spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve daha önce elde edilmiş var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir. Kümeleme merkezi önce geçici olarak belirlenmekte olup, her bir pikselin açılan kümelerden hangisine dahil edileceği ise o görüntü elemanı ile açılan küme merkezi arasındaki uzaklığın hesaplanması ve başlangıçta kabul edilen uzaklık değeri ile karşılaştırılması sonucu belirlenir. Bu belirlemede en küçük uzaklık değeri esas alınır. Kümeye katılan her yeni piksel ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenmekte ve işlem geçici merkezin konumunda değişim olmayıncaya kadar iteratif olarak devam etmektedir (Verbyla, 1995).

Kontrolsüz sınıflandırma benzer tayfsal değerdeki piksellerin gruplandırılması işlemidir. Benzer piksellerin oluşturduğu her grup tayfsal sınıf olarak isimlendirilir. Bu sınıflandırma yapılırken amaç örtü tipi sınıflarıyla, bu tayfsal sınıfların eşleştirilmesidir. Kontrolsüz sınıflandırma yapılırken genelde mevcut örtü tipi hakkında önceden elde edilmiş bir bilgiye gereksinim duyulmaz. Bu da araştırma sahası hakkında önceden herhangi bir bilginin elde edilemediği durumlarda bir avantaj sağlayabilir. Kullanılmakta olan birçok kontrolsüz sınıflandırma yöntemi vardır. Ancak genel olarak histogram tabanlı, K-ortalamlar ve ISODATA en çok kullanılan yöntemlerdir (Verbyla, 1995).

3.4.1.1 Histogram Tabanlı Kontrolsüz Sınıflandırma

Histogram tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada görüntünün, piksellerin tayfsal değerlerine göre histogramı oluşturulur. Oluşturulun histogramda her sınıfı belirlemek için oluşan çan eğrilerinin tepe noktaları referans alınır. Her tepe noktası bir sınıfa karşılık gelir. Daha sonraki aşamada sınıf sınırları belirlenir. Bu aşamadaki basit ama en iyi yol tepe noktaları arasındaki uzaklıkları hesaplamaktır. İki tepe noktasının yarı uzaklığı bu iki sınıf için sınır olarak belirlenir. Son aşamada ise görüntü belirlenen bu sınıflar ve sınırlar doğrultusunda her piksel ait olduğu sınıfa atılarak sınıflandırma tamamlanır. Histogram tabanlı kontrolsüz sınıflandırma multispektral görüntülere uygulanabilir (Verbyla, 1995).

3.4.1.2 K-Ortalamlar (Dizgisel Kümeleme)

Bu yöntem görüntü içinde kümelenmiş yapılar olduğundan hareket eder. Öncelikle oluşturulmak istenen sınıf sayısına karar verilir. Her sınıf için merkez noktalar seçilir. Her piksel sırayla işleme sokulur. Bu işlem sırasında her pikselin küme merkezine olan Öklid uzaklığı hesaplanır ve bu piksel en yakın olduğu küme merkezinin sınıfına atılır. Tüm pikseller için işlem tamamlanınca her küme için kendi içinde yeni bir merkez hesaplanır ve bu yeni merkezler referans alınarak tüm pikseller için kararlı bir sınıflandırma oluşuncaya kadar prosedür devam eder (Lilllesand ve ark., 2004).

3.4.1.3 ISODATA Kümelemesi

ISODATA (yinelemeli kendi kendine organize olan veri analizi) kümelemesi de K-ortalamlar yöntemi gibi tekrarlı işlemlerden oluşur. Ancak K-ortalamlar yönteminde sınıf sayısı önceden belirlenirken, ISODATA yönteminde sınıf sayısı yapılan işlemler sonucu kendiliğinden ortaya çıkar. Bu yöntemde de K-ortalamlar yönteminde olduğu gibi piksellerin uzaklığı hesaplanarak en yakın kümede

sınıflandırılması yapılır. Ancak bazı şartlara bağlı olarak, kümeler birleştirilir veya bir kümeden yeni kümeler ortaya çıkarılabilir (Verblya, 1995; Canty, 2010; Jong ve Meer 2001).

3.4.2 Kontrollü (Eğitilmiş- Supervised) Sınıflandırma

Bu yöntemde çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler (test alanlar) kullanılarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur. Bu dosyaların görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. Kontrollü sınıflandırma işleminde; En Çok Olabilirlik (Maximum Likelihood), Paralelyüz (Parallelepiped), En Küçük Uzaklık (Minimum Distance) adı verilen çeşitli sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır (Verblya, 1995; Canty, 2010; Jong ve Meer 2001).

3.4.2.1 En Çok Olabilirlik (Maximum Likelihood) Yöntemi

Bu yöntem, sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tanımlanmasına sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır. Yöntemin etkinliği, her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlı olmaktadır. Bu koşul ise, sınıfların her biri için yeterli miktarda örnekleme verisinin (pikseller) bulunabilmesine bağlıdır. Örnekleme bölgesine ait yeterli miktarda veri bulunmadığı zaman (sınıfların olasılık dağılımlarını doğru bir şekilde tahmin edebilecek özellikte veri olmadığı zaman) arzulanan sınıflandırma doğruluklarına ulaşamaz. Böyle bir durumda kovaryans bilgilerini kullanmayan başka sınıflandırma yöntemlerine başvurmak gerekir (Verblya, 1995; Canty, 2010; Jong ve Meer 2001).

3.4.2.2 En Küçük Uzaklık (Minimum Distance) Yöntemi

Örnekleme bölgelerine ait örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman, kovaryans bilgilerini kullanmayan yalnızca spektral sınıfların ortalama vektörlerinin kullanılmasına dayanan sınıflandırma yöntemlerine başvurmak gerekir. Böyle bir durumda kısıtlı örnekten ortalama değerler kovaryanslara nazaran daha doğru tahmin edilebilir. Örnekleme verilerinden sınıf ortalamaları belirlenir, sınıflandırmada bir piksel en yakın ortalama sahip sınıfa atanır. En küçük uzaklık yöntemi, en büyük benzerlik yönteminden daha hızlı olduğu için ilgi çekicidir. Ancak kovaryans bilgilerini kullanmadığından en büyük benzerlik yöntemi kadar esnek değildir. Yöntemde kovaryans verilerinin kullanılmaması nedeniyle sınıf modelleri spektral anlamda simetriktir. Bu nedenle bazı sınıflar iyi modellenmeyebilir. Ancak örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman en küçük uzaklık yöntemi, en büyük benzerlik yönteminden daha doğru sonuçlar verir (Verblya, 1995; Canty, 2010; Jong ve Meer 2001).

3.4.2.3 Paralelyüz (Parallelepiped) Yöntemi

Bu yöntem, kontrol (örnekleme) verilerinin spektral bileşenlerinin histogramlarının incelenmesine dayalı çok basit bir kontrollü sınıflandırmadır. Aynı zamanda bir sınıflandırma analistinden en az bilgiyi isteyen yöntemdir. Tanımlanan her sınıf için, kullanılan her bandın minimum ve maksimum piksel değerleri kullanılmaktadır. Uygulanan karar kuralı, her bilinmeyen piksel, özellik değeri ile ilgili olduğu paralelyüz içine atanır. Paralelyüz sınıflandırma yöntemi, uygulaması hızlı ve kolay olmasına rağmen; her bir örnekleme seti için özelliklerin yalnızca minimum ve maksimum değerleri kullanılması nedeniyle, gerçek spektral sınıfların iyi temsil edilememesine yol açmaktadır. Diğer bir sakınca ise, sınıf üyeliklerinin öncül olasılıklarının dikkate alınmamasıdır (Verblya, 1995; Canty, 2010; Jong ve Meer 2001).

3.4.3 Görüntü Sınıflandırmasının Doğruluk Değerlendirmesi

Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırmalarında doğruluk, bir piksele tahsis edilen sınıf etiketi ile “gerçek” sınıf arasındaki uygunluğu gösterir. Gerçek sınıf, gerek hava fotoğraflarından gerekse de mevcut harita ve planlardan doğrudan veya dolaylı olarak gözlenebilir. Doğruluk değerlendirmesinde çok kullanılan yöntem hata matrislerinin (confusion matrix, contingency table) hazırlanmasıdır (Şekil 2.10). Hata matrisleri sınıf bazında referans verileri (gerçek-yersel veriler) ile otomatik sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişkiyi karşılaştırır. Matrisin sütun elemanları örnekleme veri setine ilişkin değerleri gösterirken, satır elemanları sınıflandırılmış piksel verilerini göstermektedir.

Doğru arazi örtüsüne sınıflandırılmış örnekleme veri seti pikselleri ana köşegen (diagonal) üzerinde bulunmaktadır. Hata matrislerinden çeşitli sınıflandırma doğruluk kıstasları türetilir. “Toplam doğruluk” (overall accuracy), doğru biçimde sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) referans piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir. Matrisin köşegeni üzerinde bulunmayan elemanları “ihmal hatası” veya “dahil etme hatası” (comission error)’ nı temsil eder. “Üretici doğruluğu” (producer’s accuracy), her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısını, bu sınıf için kullanılan örnekleme veri seti pikselleri sayısına bölerek bulunur ve verilen bir arazi örtü türünün örnekleme seti piksellerinin ne kadar iyi sınıflandırılabilirdiğini gösterir. “Kullanıcı doğruluğu” (user’s accuracy), her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısını, bu kategori içinde sınıflandırılan piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur ve “dahil etme hatası” nı gösteren bir ölçüdür. Bu doğruluk değeri, herhangi bir sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir (Oruç, 2004).

		Örnekleme Veri Seti										
		S1	S2	S3	.	.	.	.	.	.	Sn	
Sınıflandırılmış Görüntü Verileri	S1	D1										Σr1
	S2		D2									Σr2
	S3			D3								Σr3
	.				Σ							Σ
	.					Σ						Σ
	.						Σ					Σ
	.							Σ				Σ
	.								Σ			Σ
	.									Σ		Σ
	.										Σ	Σ
	Sn										Dn	Σm
		Σc1	Σc2	Σc3	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σt

Şekil 3.9. Hata Matrisi

3.4.4 Kappa Katsayısı

Cohen'in kappa katsayısı iki değerleyici arasındaki karşılaştırmalı uyuşmanın güvenilirliğini ölçen bir istatistik yöntemidir. Cohen'in kappa ölçüsü her biri N tane maddeyi C tane birbirinden karşılıklı hariç olan kategoriye ayıran iki değerleyicinin arasında bulunan uyuşmayı ölçer. Ortaya çıkan kategorik değişken olduğu için bir parametrik olmayan istatistik türüdür. Cohen'in kappa ölçüsü bu uyuşmanın bir şans eseri olabileceğini de ele aldığı için basit yüzde orantı olarak bulunan uyuşmadan daha güçlü bir sonuç verdiği kabul edilir (Anon, 2009).

Ancak Cohen'in kappa ölçüsü sadece iki tane değerleyiciyi ele alır. Eğer değerleyici sayısı ikiden çoksa Fleiss'in Kappa'ya benzer Fleiss'in kappa katsayısı kullanılmalıdır.

Eğer $Pr(a)$ iki değerleyici için gözlemlenen uyuşmaların toplama orantısı ise ve $Pr(e)$ ise bu uyuşmanın şans eseri ortaya çıkma olasılığı ise, Cohen'in kappa katsayısı bulunması için kullanılacak formül şu olur:

$$\kappa = \frac{Pr(a) - Pr(e)}{1 - Pr(e)}, \quad (2.2)$$

Kappa için şu değerler hemen yorumlanır:

- $\kappa=1$: İki değerleyici tümüyle birbirine uyuşmaktadırlar.
- $\kappa=0$: İki değerleyici için uyuşma sadece şansa ile belirlenmiştir ve diğer hallerde hiç bir uyuşma yoktur
- Landis ve Koch(1977) elde edilen κ değerlerini yorumlamak için Çizelge 3.7'yi sunmuşlardır.

Çizelge 3.7. Kappa Katsayısı Yorumlama

κ	Yorum
< 0	Hiç uyuşma olmaması
0.00 — 0.20	Önemsiz uyuşma olması
0.21 — 0.40	Orta derecede uyuşma olması
0.41 — 0.60	Ekseriyetle uyuşma olması
0.61 — 0.80	Önemli derecede uyuşma olması
0.81 — 1.00	Neredeyse mükemmel uyuşma olması

3.5 Uzaktan Algılama ile Değişim Tespiti

Değişim tespiti farklı zamanlarda gözlemlenen bir olay veya nesnenin durumundaki değişikliklerin tanımlanmasıdır (Singh, 1989). Değişim tespitinde genellikle eldeki çok zamanlı veri setlerinin niceliksel analizi yapılarak, gerçekleşen olayların bu veriler üzerindeki etkileri ortaya konur. Uzaktan algılama verileri olan uydu görüntülerinin aynı yerin geniş alanlarda ve farklı zamanlarda görüntülerini elde edebilme, bilgisayarda işlenmeye uygun olma gibi üstünlükleri sayesinde değişim analizi uygulamalarında son zamanlarda çok tercih edilen bir veri kaynağı olduğunu görmekteyiz. Toprak kullanımı ve örtüsü, orman alanı ve bitki örtüsü değişimi, orman ömrü, orman yangını zarar tespiti, ağaçlanma ve çölleşme tespitleri, ıslak alan değişimi, yeryüzü değişimi, şehirleşme ve bunun etkilerinin incelenmesi, çevresel değişimlerin incelenmesi, kıyı değişimi ve izlemesi uygulamaları, deniz ve okyanus araştırmaları, ekili alan ürün değişimlerinin izlenmesi ve daha birçok alanda uygulamalar yapılmaktadır (Lu ve ark., 2004).

İyi bir değişim tespiti çalışmasının sağlanması gereken üç koşul Lu (2004) tarafından

1. Alan değişimi ve değişim oranı
2. Arazi örtüsü türlerinin değişimlerinin yönü
3. Değişim tespiti sonuçlarının doğruluk değerlendirmesi

olarak sayılmıştır. Çalışmanın ilk adımı ise görüntü işlemedir. Kullanılacak görüntülerin uygunluğuna karar verdikten sonra bunların geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri yapılmalı ve çalışma alanı dağlık ise buna topoğrafik düzeltme de eklenmelidir. Görüntü işleme sürecinden sonra kullanılacak değişim tespiti yöntemine karar verilir. Son aşama ise ortaya çıkan sonuçların doğruluğunun ölçüleceği doğruluk değerlendirmesidir. Ortaya çıkan sonuçların doğruluğu birçok etkene bağlıdır. Bunlar:

- Çok zamanlı görüntülerin geometrik kayıtlarının hassaslığı,
- Çok zamanlı görüntüler arasındaki kalibrasyon ve normalleştirme,
- Kaliteli yer gerçeği verisinin sağlanabilirliği,
- Çalışma bölgesinin karmaşıklık düzeyi,
- Kullanılan değişim tespiti yöntem ve algoritmaları,
- Sınıflandırma ve değişim tespiti şemaları,
- Analizcinin yeterlilik ve tecrübesi,
- Çalışma alanı hakkındaki bilgi düzeyi ve aşinalık,
- Zaman ve maliyet kısıtlamaları

Bütün bu etkenler göz önüne alındığında farklı kişiler tarafından yapılmış değişim tespiti çalışmalarında birbirinden oldukça farklı, hatta birbirinin zıttı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden tüm bu etkenlerin hepsi bir arada düşünülerek ve tüm yöntemler gözden geçirilerek çalışma için en uygun yöntem seçilmelidir. Bu gereklilikten dolayı tezin bu bölümü bu konuda uygulanabilecek çeşitli yöntemlere ayrılmıştır.

Ancak arazi örtüsü değişim tespiti uygulamalarında çalışma aşamasına geçilmeden önce dikkat edilmesi gereken bazı faktörler Lambin ve Strahler (1994) tarafından şöyle özetlenmiştir: iklim koşullarında meydana gelebilecek uzun dönemli doğal değişimler, arazi bozulması ve ormansızlaşma gibi insan nedenli bitki örtüsü

değişiklikleri, yıllar arası iklim değişkenlikleri ve insan etkinlikleri sonucu ortaya çıkan sera etkisi. Uzaktan algılama yöntemi ile yapılacak değişim tespiti analizinin başarılı olabilmesi için ise Jensen (1996), uzaktan algılama sistemi algılayıcıları, çevresel karakteristikler ve görüntü işleme yöntemlerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Weber (2001) ise algılayıcının mekânsal, zamansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğünün uzaktan algılama projelerinin başarımı üzerindeki önemini ortaya koymuştur. Bunu yanında hava koşulları, toprak nem koşulları ve fenolojik özellikler de projenin başarısını etkileyen faktörlerdir (Weber, 2001).

Değişim tespiti çalışmalarında ön işlemler arasında en önemlileri çok zamanlı görüntülerin kaydı, radyometrik ve atmosferik düzeltmelerinin yapılması aşamalarıdır (Townshend ve ark., 1992). Çok zamanlı görüntülerin doğru şekilde kaydedilmemesi ve çalışmaya uygun şekilde seçilmemesi durumunda sahte sonuçların ortaya çıkacak olması açıktır (Dai ve Khorram, 1998). Radyometrik düzeltmeler ise çok zamanlı görüntülerde niceleyici analiz için bir gerekliliktir (Markham ve Barker, 1987). Bunun için geliştirilmiş bazı yöntemler ise göreceli kalibrasyon, karanlık nesne çıkarma ve güneş tayfındaki uydu sinyalinin ikinci benzetimidir (Gilabert ve ark., 1994; Chavez, 1996; Yang ve Lo, 2000; McGovern ve ark., 2002). Eğer çalışma alanı engebeli veya dağlık ise topografik düzeltmeler de gerekli olacaktır (Civco, 1989; Meyer, 1993).

Değişim tespiti analizi uygulamalarına başlanmadan önce

- Çok zamanlı görüntülerin hassas şekilde kaydı
- Çok zamanlı görüntülerin radyometrik ve atmosferik düzeltmelerinin hassasiyetle yapılması veya normalizasyonu
- Çok zamanlı görüntülerin benzer fenolojik özellikte olması
- Eğer mümkünse görüntülerin aynı mekansal ve tayfsal çözünürlükte olması

koşulları sağlanmalıdır (Coppin ve Bauer, 1996). Değişim tespiti çalışmalarının uzaktan algılama ile yapılabilmesi için çok sayıda uzaktan algılama verisi kaynağı mevcuttur. Tarihsel sırası ile Landsat Multi-Spectral Scanner (MSS), TM, SPOT, AVHRR, radar ve hava fotoğrafları en çok kullanılan kaynaklardır. En son kullanıma giren MODIS ve ASTER algılayıcıları ise gelişmiş teknolojik özellikleri ile bu

alandaki önemli çalışmalara kaynak oluşturmaktadır (Lu ve Ark., 2004). Değişim tespiti çalışmaları için görüntü seçimi aşamasında aynı algılayıcının, aynı dönemde hatta mümkünse yılın aynı veya mümkün olduğu kadar yakın tarihli görüntülerini kullanma dışsal etkileri en aza indirmek için çok önemlidir. Dışsal etkiler güneş açısı, sezonluk ve fenolojik etkiler olarak sıralanabilir (Jensen, 1996; Biging ve ark., 1999).

Uygun değişim tespiti yönteminin seçilmesinde değişimin yönü tayini bir diğer önemli faktördür. Görüntü farkı gibi bazı teknikler sadece değişim var/ yok bilgisi verirken, sınıflandırma sonrası karşılaştırma gibi teknikler ise değişim yönünün tamamını gösteren matrisler ortaya koyabilmektedir. Araştırmanın amacına göre, seçilen uygun değişim tespiti yöntemi yüksek kaliteli bir değişim tespiti analizi sonucu verebilmektedir (Lu ve ark., 2004).

3.6 Değişim Tespiti Yöntemleri

3.6.1 Cebirsel Yöntemler

Bu yöntemler görüntü farkı, görüntü regresyonu, görüntü oranlaması, bitkisel indeks farkı, değişim vektörü analizi (CVA) ve arka plan çıkartmadır. Bütün bu algoritmaların ortak yanı değişime uğrayan alanlar için bir değişim eşiği belirleniyor olmasıdır. Ancak CVA bu yaklaşımın dışındadır. Bütün bu yöntemler göreceli olarak kolay, karmaşık olmayan, sonuçları net gösteren ve uygulamaları basit şekilde yapılabilir yöntemlerdir. Ancak değişim bilgisini tamamen gösteren matrisler ortaya koyamazlar. Dolayısı ile analiz sonuçları detaylı bir biçimde bilgi vermekten yoksundur. CVA da ise belirlenen eşikten büyük olan bütün değişiklikler için detaylı değişim bilgisi alınabilir. Cebirsel yöntemlerin bir zorluğu ise değişen alanların tanımlanabilmesi için belirlenecek olana eşiğin seçimidir. Bu yöntemlerin uygulanması sırasında uygun görüntü bantlarının veya bitkisel indekslerin seçimi ve değişen alanları belirleyecek olan eşiğin belirlenmesi yöntemin vereceği sonuçlar açısından iki kritik karardır (Lu ve ark., 2004).

Cebirsel tabanlı yöntemlerden pratikte en çok kullanılan yöntem görüntü farkıdır. Görünür kırmızı bant farkı yöntemi kurak ve yarı kurak alanlarda en uygun yöntem olmakla beraber, nemli veya tropikal alanlarda çok net sonuçlar vermemektedir. Hangi yöntemin daha iyi sonuçlar vereceği çalışma alanı ve eldeki görüntü verisine göre değişmektedir (Lu ve ark., 2004).

3.6.2 Dönüşüm Yöntemleri

Bu yöntemler Temel Bileşenler Analizi (PCA) , Kauth-Thomas dönüşümü, Gram-Schmidt (GS) dönüşümü ve Ki-Kare dönüşümüdür. Bu yöntemin üstün yanlarından biri bantlar arasındaki veri fazlalığını düşürmesi ve türemiş bileşenlerde farklı bilgileri vurgulamasıdır. Bununla birlikte detaylı değişim matrisleri veremezler ve değişim tespiti için eşik seçimi gerektirirler. Diğer bir zorluk ise dönüşmüş görüntülerde değişim bilgisinin etiketlenmesidir.

Sadece değişimin var olup olmadığına bakıldığında en sık kullanılan yöntemler PCA ve KT dönüşümleridir. KT dönüşümünün PCA'ya bir üstünlüğü, KT dönüşüm katsayılarının görüntü sahnelerinden bağımsız oluşudur. PCA'da ise katsayılar görüntü sahnelerine bağlı oluşur. GS ve Ki-kare yöntemleri ise PCA ve KT yöntemlerine göre daha karmaşık oldukları için pratikte daha az tercih edilen yöntemlerdir.

3.6.3 Sınıflandırmaya Dayalı Yöntemler

Bu kategoride sınıflandırma sonrası karşılaştırma, tayfsal- zamansal birleşim analizi, beklenti maksimizasyonu (EM) algoritması değişim tespiti, kontrolsüz değişim algılama, melez değişim tespiti ve yapay sinir ağları (YSA veya ANN) sayılabilir. Bu yöntemler sınıflandırılmış görüntüler kullanılarak uygulanır. İyi sonuçlar elde edebilmek için sayıca ve kalitece iyi eğitim alanları seçilmesi gerekir. Bu yöntemlerin en üstün yanlarından biri değişim bilgisi matrisleri üretebilmeleridir. Ayrıca çok zamanlı görüntülerde atmosferik ve diğer dışsal etkilerin etkisini düşüren

yöntemler olmaları da çalışmalarda üstünlük sağlayan diğer bir yönleridir. Bununla birlikte, sınıflandırma aşamasında yüksek kalite ve yeterli sayıda eğitim alanı seçme gerekliliği yöntemi zor kılan bir taraftır. Sınıflandırma kontrollü veya kontrolsüz yapılsın, her iki durumda da genellikle büyük miktarda eğitim verisine ihtiyaç duyulur. Görüntü dönüşümü, bitkisel indeksler, gelişmiş sınıflandırma yöntemleri, modelleme ve farklı veri kaynaklarının bütünleştirilmesi bu sınıflandırma sonuçlarını geliştirmek için kullanılan yöntemlerdir (Abulgasim ve ark., 1999).

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma pratikte değişim tespiti için sık kullanılan bir yöntem olmakla beraber, tarihsel görüntü verilerini sınıflandırmadaki zorluklar sonuçları ciddi şekilde etkileyebilir (Dai ve Khorram, 1999). Melez değişim tespiti yöntemi ise eşik ve sınıflandırma yöntemlerinin üstün yanlarını birleştiren bir yöntemdir. Eşik yöntemleri, örneğin görüntü farkı yöntemi, değişen alanların tespiti için kullanıldıktan sonra, bulunan sonuçlara sınıflandırma yöntemleri uygulanarak değişim analizi yapılmaktadır (Gopal ve Woodcock, 1999). Tayfsal-zamansal birleşim ve kontrolsüz değişim tespiti yöntemleri değişim izdüşümlerinin etiketlenmesinin ve tanımlanmasının zor oluşu nedeniyle daha az tercih edilen yöntemlerdir. EM yöntemi ise öncül ortak sınıf olasılığının tahmin sürecindeki karmaşıklıklardan dolayı az kullanılmaktadır. YSA tabanlı yöntemler özellikle yüzey örtüsü sınıflarının normal dağılıma uymadığı durumlarda daha iyi değişim tespiti sonuçları veren yaklaşımlardır (Liu ve Lathrop, 2002).

3.6.4 Gelişmiş Modellere Dayalı Yöntemler

Gelişmiş model tabanlı değişim tespiti kategorisinde Li-Strahler yansıtma modeli, tayfsal karışım modelleri ve bio-fiziksel parametre tahmin modelleri başlıca yöntemlerdir. Bu modellerde görüntünün yansıma değerleri genellikle fiziksel tabanlı parametrelere veya doğrusal ve doğrusal olmayan modeller üzerinden fraksiyonlara çevrilir. Çevrilmiş parametreler, tayfsal imzalara göre çıkarım yapmanın daha kolay olduğu ve bitkisel bilginin daha kolay elde edildiği veriler sağlar. Gelişmiş doğrusal ve doğrusal olmayan modeller üzerinden fraksiyonlara çevrilir. Çevrilmiş parametreler, tayfsal imzalara göre çıkarım yapmanın daha kolay olduğu ve bitkisel

bilginin daha kolay elde edildiği veriler sağlar. Gelişmiş yöntemlerin zayıflığı zaman alıcı olmaları ve görüntü yansıtma değerlerinin bio-fiziksel parametrelere dönüşümü için kurulacak olan modellerin geliştirilmesinin zor oluşudur.

Yeterli bitkisel ölçüm bilgilerinin sağlanabildiği alanlarda Li-Strahler kanopi modeli ve bio-fiziksel parametre tahmini yöntemleri niceliksel bitkisel değişim tespiti için uygun yollardır. Bununla birlikte, her iki modelin uygulaması da zaman alıcı ve zordur. Ayrıca sadece bitkisel alanların değişimini belirtip, bitkisel olmayana alanlar hakkında bilgi sağlayamazlar.

3.6.5 CBS Tabanlı Yöntemler

Coğrafi bilgi sistemi tabanlı değişim algılama kategorisinde bütünleşik CBS ve uzaktan algılama ile sadece CBS nin kullanıldığı yöntemler mevcuttur. Değişim tespiti çalışmalarında CBS kullanım farklı veri kaynaklarından yararlanma üstünlüğü sağlamaktadır. Ancak farklı kaynaklardan gelen verilerin eşleştirilmesi ve birlikte kullanılması aşamasında veri biçimlerinin farklılığı ve doğrulukları değişim tespiti sonuçlarını etkileyebilmektedir. Daha önce CBS kullanılarak yapılan çalışmaların çoğu şehirsiz alanların değişim tespitini yapmaya yönelik olmuştur. Bunun başlıca sebebi, geleneksel değişim tespiti yöntemlerinin şehirsiz alanların karmaşıklığından dolayı bu alanlarda kolay uygulanamamasıdır. Ayrıca bu yöntemlerde çok kaynaklı veriler etkili şekilde kullanılamamaktadır. CBS tabanlı yöntemlerde ise çok kaynaklı verilerin etkili şekilde kullanılabilmesini sağlayan araçlar mevcuttur.

3.6.6 Görsel Analiz Yöntemleri

Görsel analiz kategorisinde çok zamanlı birleşmiş görüntülerin görsel yorumlanması ve değişen alanların ekranda sayısallaştırılması yöntemleri sayılabilir. Bu yöntemin başarısı yüksek oranda analizcinin yeteneği ve deneyimi ile ilgilidir. Görsel yorumlama sırasında arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin tanımlanması için görüntünün ana unsurları olan doku, şekil, boyut ve desen

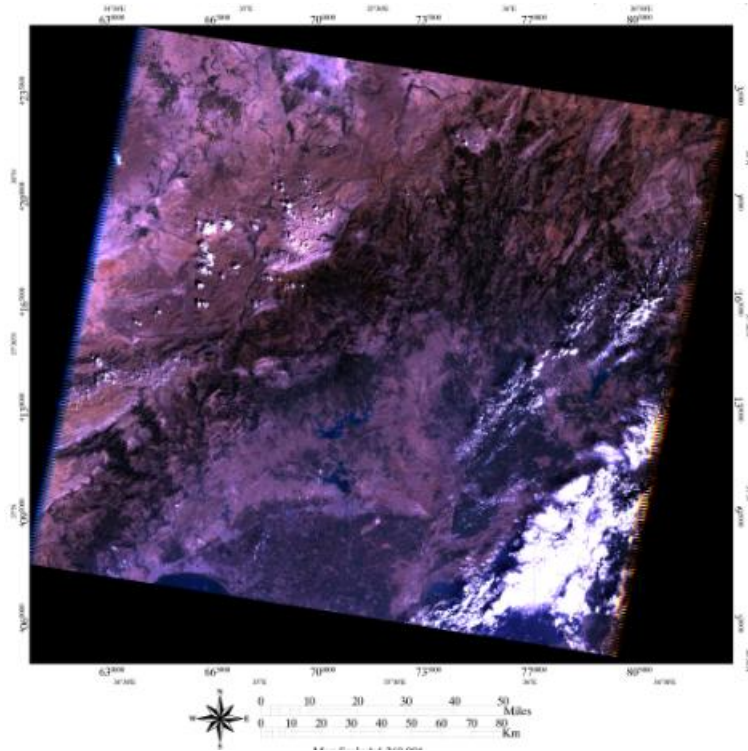
unsurları kullanılır. Bu unsurlar sayısal değişim tespiti çıkarımlarının kolay olmaması nedeniyle sıklıkla kullanılmazlar. Ancak yetenekli bir analizci arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimi tespiti yaparken tüm bu unsurları kullanabilir. Bu zorluklardan dolayı özellikle geniş alan çalışmalarında zamanlı sonuçlar alınamadığı için uygun bir yöntem değildir. Ayrıca değişim izdüşümlerini elde etmek de bu yöntemle zordur. Görsel analiz yöntemleri 1970 yılından önce henüz sayısal uydu verileri ve bilgisayarların görüntüleri işlemek için yeterli kapasitesi olmadığından sadece orman envanteri gibi çok kısıtlı çalışma alanlarında kullanılmaktaydı. Bilgisayar teknolojisi ve sayısal görüntü kaynaklarındaki hızlı ilerleme sayesinde görüntü analizi teknikleri bu alanda kullanılabilir hale gelmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

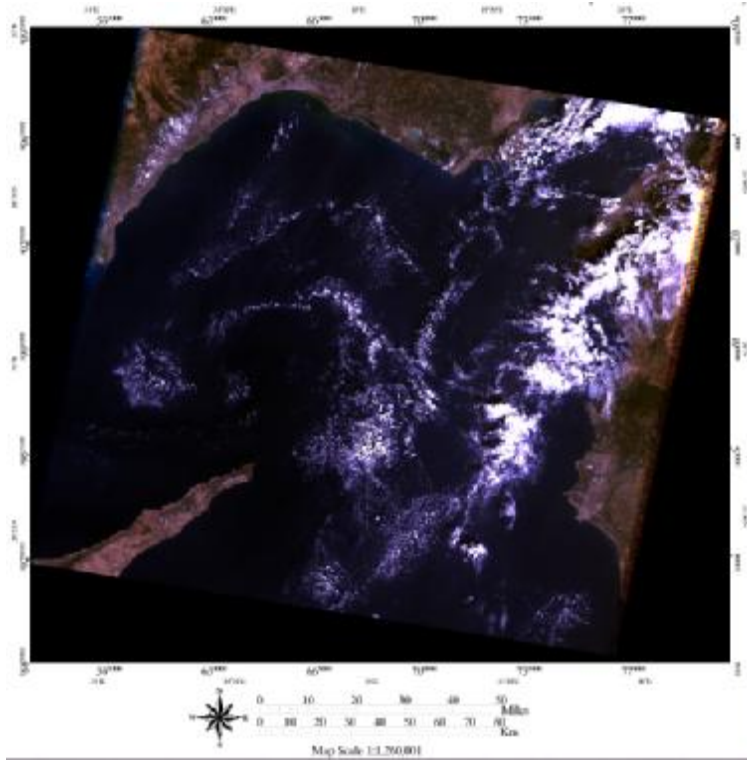
4.1 Görüntü İşleme

Çalışma başlangıcında eldeki görüntülerin analiz için hazırlanması sürecinde yapılan ilk işlem görüntülerin kayıtlarının dikkatli şekilde yapılmasıydı. Bu işlem için her bandı farklı 7 dosya olarak elde edilen 4 kare görüntünün, her biri için katman yığma işlemi uygulandı. Böylece her görüntünün her bandı için gelen 7 dosya, katmanlar halinde tek dosyada birleştirilmiş oldu. 4 tane 7 katmanlı dosya elde edildi (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4).

Elde edilen görüntüler her tarih için çalışma bölgesini kapsayan 2'şer görüntüden oluşuyordu. Sonraki aşamada bu 2'şer görüntü birleştirilerek Her tarih için 7 katmanlı tek bir görüntü oluşturulmuş oldu. Sonuçta elde 7 katmanlı 2 görüntü kaldı (Şekil 4.5, Şekil 4.6).



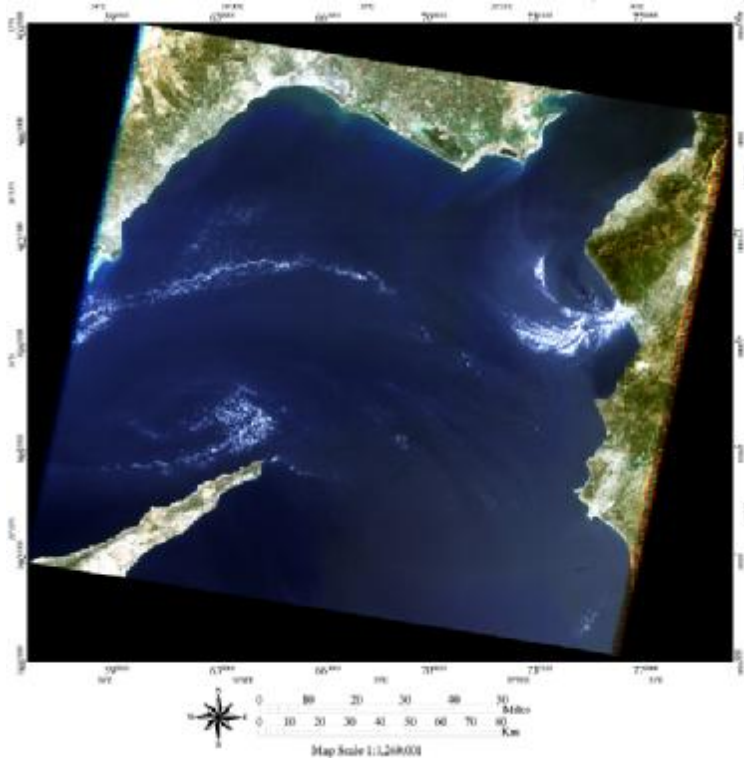
Şekil 4.1. 25.08.2006 Tarihli Frame 34 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi



şekil 4.2. 25.08.2006 Tarihli Frame 35 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi



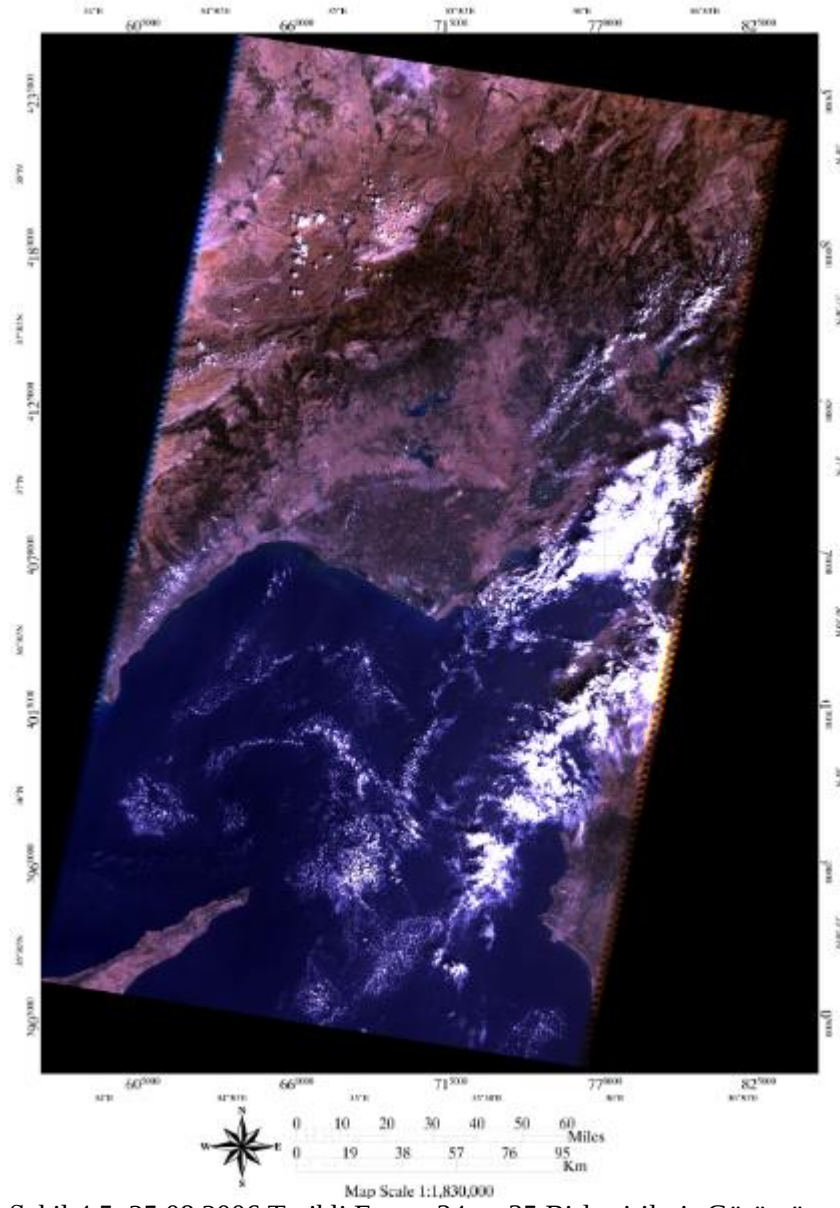
şekil 4.3. 20.08.2010 Tarihli Frame 34 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi



Şekil 4.4. 20.08.2010 Tarihli Frame 35 Görüntüsünün 3-2-1 Band Birleşimi

İki görüntü oluşturulduktan sonra bu görüntülerin geometrik düzeltmelerini yapabilmek için iki görüntü üzerinden bilgisayar yardımı ile koordinat noktaları seçildi ve bu koordinatlar yardımıyla geometrik kayıtları yenilenen görüntüler hazır hale getirildi.

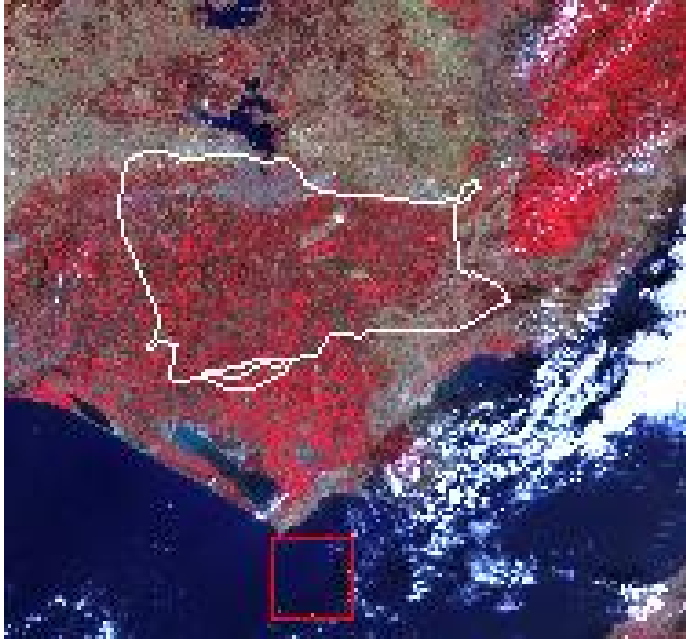
Geometrik düzeltmeleri yapılan görüntülerden çalışmada kullanılacak alanın kesilmesi için çalışma alanının sınırlarını kullanarak bir vektör dosyası oluşturuldu (Şekil 4.7). Bu vektör dosyası ENVI programında kullanılmak üzere ROI uzantısına çevrildi. ENVI kullanılarak açılan görüntülerde çalışma bölgesini tüm görüntüden vektör dosyası yardımıyla kesildi (Şekil 4.8, Şekil 4.9). Kesilen bu görüntüler ve vektör dosyası kullanılarak çalışma alanı sınırları dışında kalan yerleri kapatmak için bir maske oluşturuldu. Her iki tarihli görüntüye de uygulanan bu maske ile sadece çalışma alanının görüntüde kalması sağlanmış oldu (Şekil 4.10, Şekil 4.11).



Şekil 4.5. 25.08.2006 Tarihli Frame 34 ve 35 Birleştirilmiş Görüntü



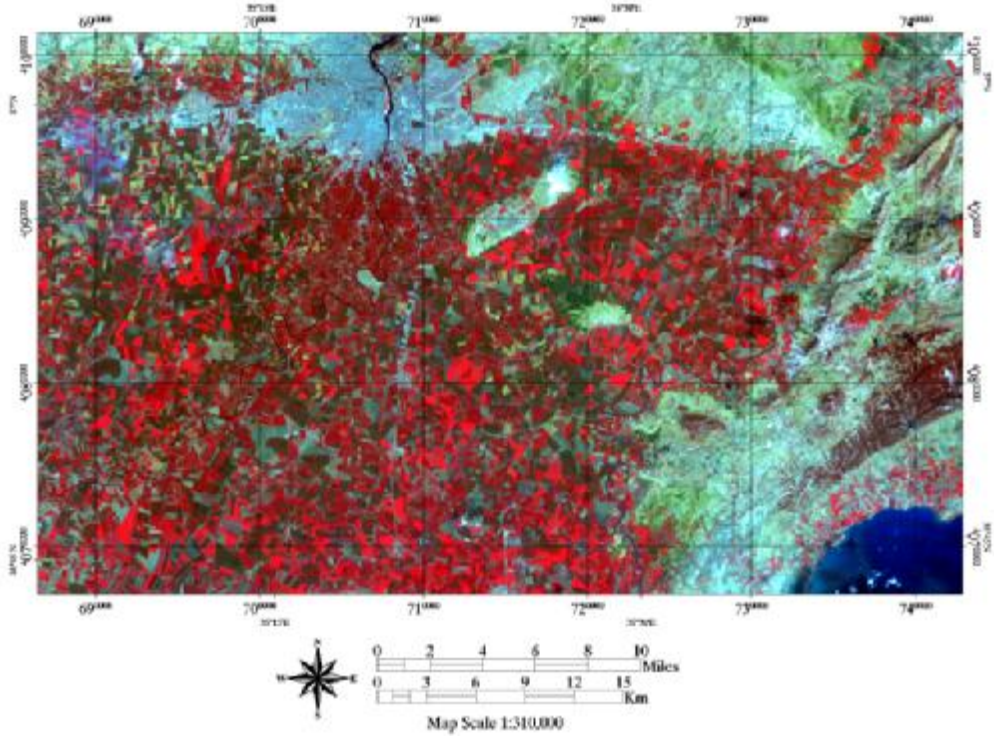
Şekil 4.6. 20.08. 2010 Tarihli Frame 34 ve 35 Birleştirilmiş Görüntü



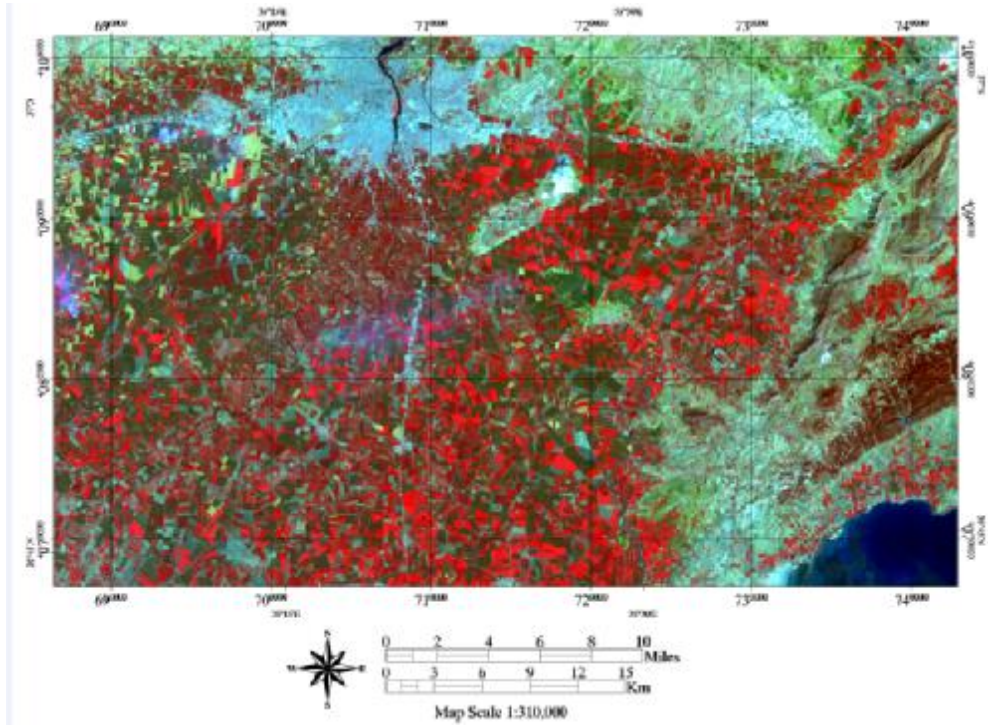
Şekil 4.7. Çalışma Bölgesi için hazırlanan vektör

Çalışma sırasında görüntülere uygulanan kontrollü sınıflandırma aşamalarında dağlık alanların diğer sınıflarla karışması sonucunda sınıflar için hesaplanan alanlarda yanlışlıklar tespit edildi. Hem sınıflandırma sonuçlarını hem de değişim tespiti sonuçlarını etkileyen bu sorundan dolayı çalışma alanındaki dağlık, çorak alanların oluşturulacak bir maske ile kapatılarak sınıflandırma yapılmasına karar verildi. Maskeyi oluşturmak için görüntü üzerindeki dağlık ve çorak alanlar seçilerek bu alanların hepsini tek bir sınıfta toplayan bir ROI dosyası oluşturuldu (Şekil 4.12). Bu dosya kullanılarak dağlık ve çorak bölgeleri çalışma alanından çıkartan bir maske elde edildi.

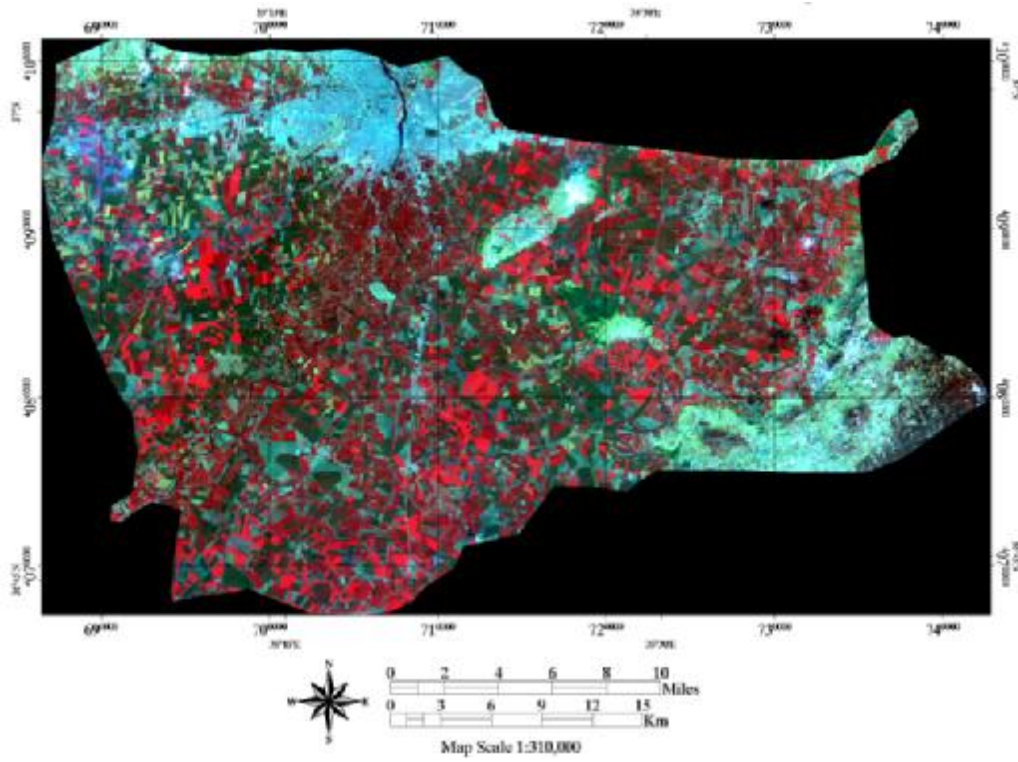
Daha önce çalışma alanının sınırlarını belirleyen ve dağlık, çorak alanları gösteren maskelerin ikisi de eldeki görüntülere uygulanarak, her iki tarih için de 7 katmanlı, çalışma alanı sınırlarını gösteren ve dağlık, çorak alanların görüntüden çıkartıldığı dosyalar elde edildi. Çalışma bu dosyalar üzerinden yürütüldü (Şekil 4.13, Şekil 4.14). Bu görüntü işleme aşamalarından sonra sınıflandırma aşamasına geçildi.



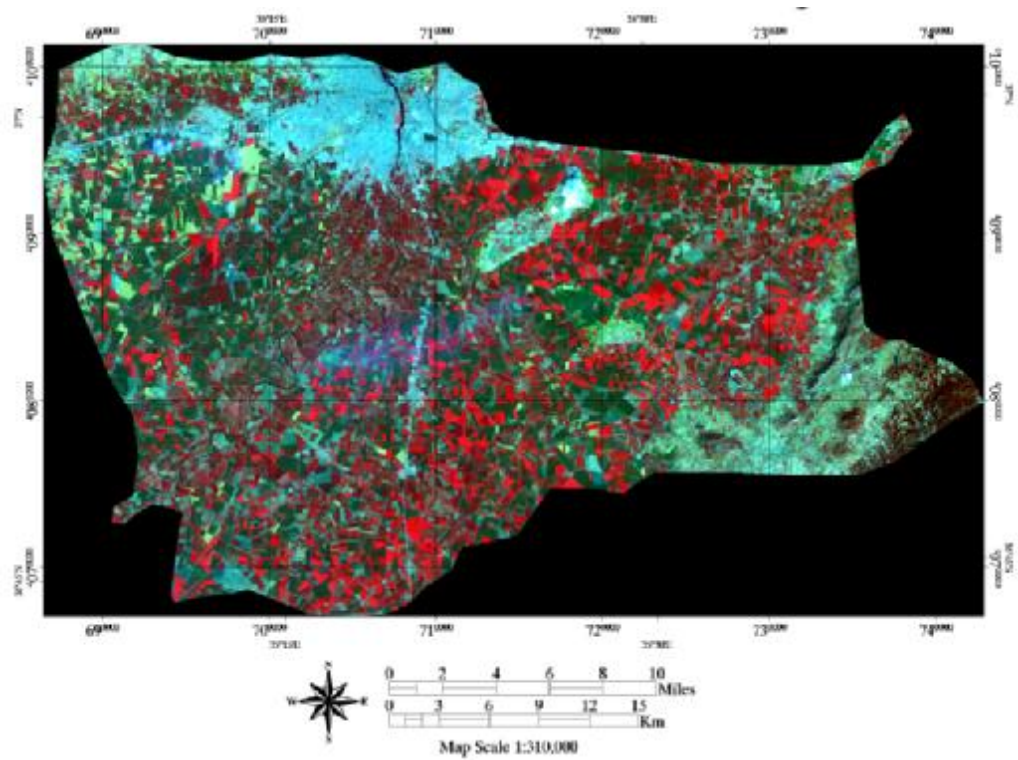
Şekil 4.8. 25.08.2006 Tarihli kesilmiş görüntü



Şekil 4.9. 20.08.2006 Tarihli kesilmiş görüntü



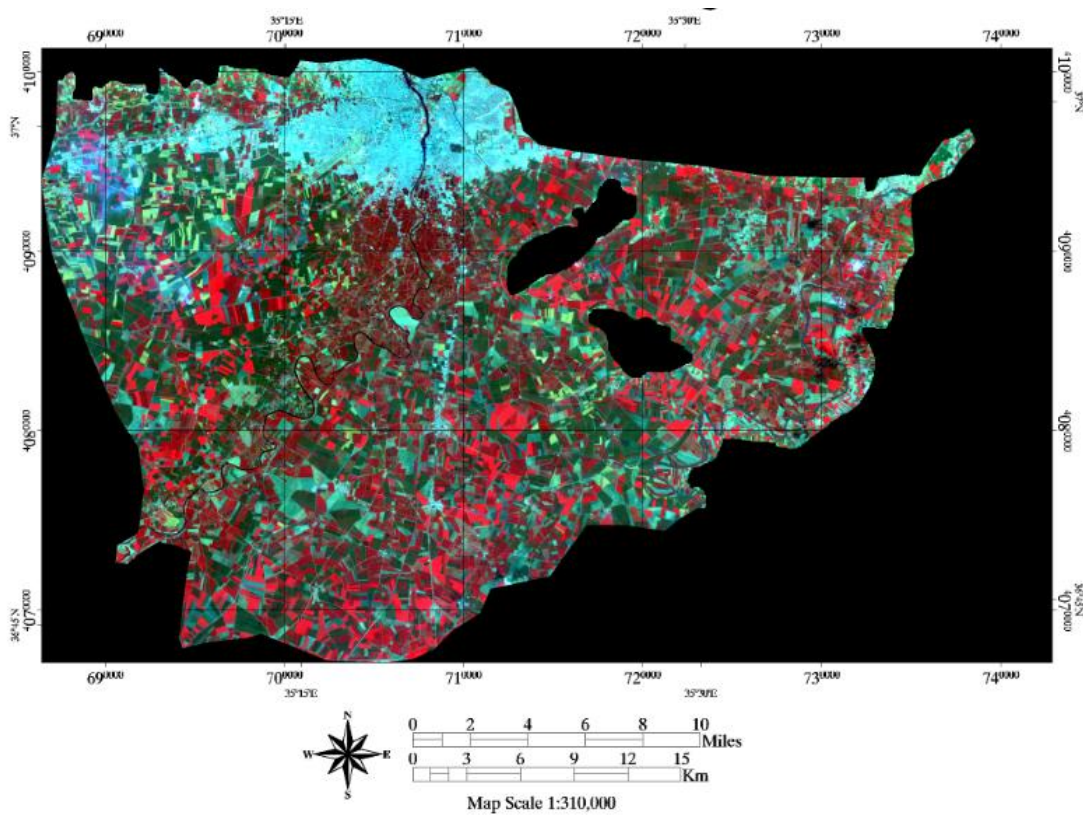
Şekil 4.10. 25.08.2006 Tarihli maskelenmiş görüntü



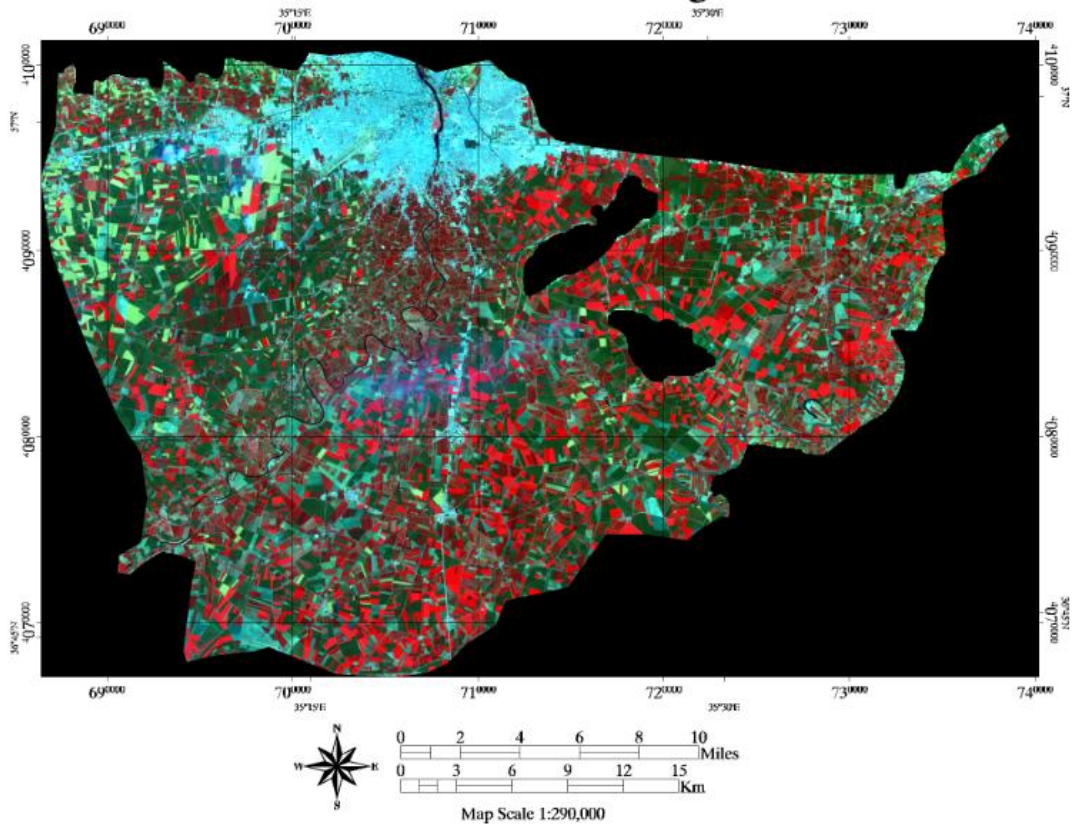
Şekil 4.11. 20.08.2010 Tarihli maskelenmiş görüntü



Şekil 4.12. Dağlık ve Çorak alanlar



Şekil 4.13. 25.08.2006 Tarihli Çalışma alanı ve Dağ maskesi uygulanmış görüntü



Şekil 4.14. 20.08.2010 Tarihli Çalışma alanı ve Dağ maskesi uygulanmış görüntü

4.2 Sınıflandırma

Sınıflandırma aşamasında eldeki yer gerçeği görüntüleri yardımıyla tüm çalışma alanındaki ekili ürünleri, yerleşim yerlerini ve boş alanları tespit etmek hedeflenmiştir. Sınıflandırma aşaması, görüntü işleme aşaması sonucunda elde edilen 25.08.2006 ve 20.08.2010 tarihli uydu görüntüleri üzerinde, her görüntü için ayrı yürütülmüştür.

Bu aşamada öncelikle eldeki sulama birliği haritaları incelenmiştir. 2006 yılına ait 8 adet Yenigök sulama birliği haritası incelendiğinde bunlardan bir tanesinin sulama şebekesine dahil, diğer 7 tanesinin sulama şebekesi dahilinde olmayan bölgelere ait olduğu görülmüştür. Bu açıdan bakıldığında şebekeye dahil olan alanlar ile olmayan alanlarda ürünlerin ağırlıklarının farklılaştığı tespit edilmiştir. Şebekeye dahil olan bölgenin haritasında tüm alana ait örnekler olan mısır 1.ürün, mısır 2. ürün, pamuk, soya, hububat, bakliye, ağırlıklı olarak narenciye ağaçlarından oluşmuş

meyve ağaçları tespit edilmiştir. Şebekeye dahil olmayan alanlarda ise ağırlıklı olarak hububat ve pamuk ekili alanların varlığı tespit edilmiştir.

2010 yılına ait 4 adet Kadıköy sulama birliği haritasında bulunan alanların hepsi sulama şebekesine dahil olan alanları içermektedir. Bu haritalar üzerinde de 1. Ürün, mısır 2. Ürün, pamuk, soya, hububat, bakliye, ağırlıklı olarak narenciye ağaçlarından oluşmuş meyve ağaçları tespit edilmiştir.

Sulama birliği haritalarında tespit edilen ürünler çalışmanın esas alındığı tarih olan 20 ve 25 ağustosta tek tek değerlendirildiğinde, bölgede 1 ürün mısır olgunlaşmış şekilde gözlemlenmektedir. Hububat ekili olan alanlar bu tarihlerden önce biçilmiş olduğu için ya boş ya da ikinci bir ürünle doldurulmuş görülmektedir. 2. ürün olarak genellikle mısır, pamuk, soya ve bakliyat tercih edilmiştir. 2. ürün mısır, pamuk ve soya gerçek renkli görüntülerde yeşil olarak görülebilmektedir. Meyve ağacı ekili alanlar ise ağaçların yaşına ve cinsine göre değişen şekillerde gözlemlenmektedir.

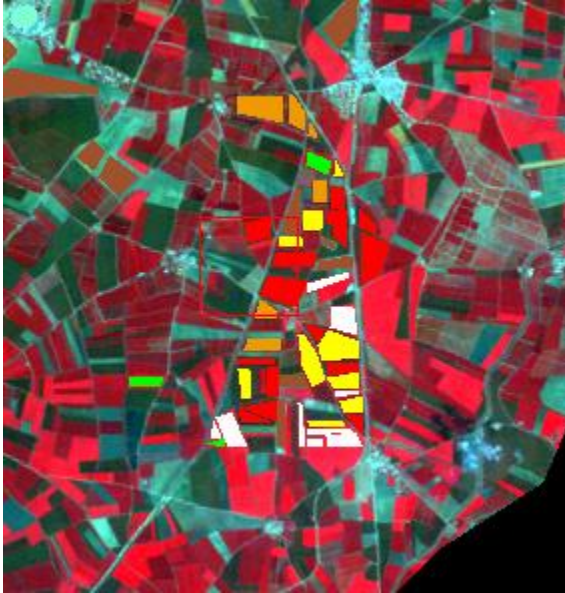
Boş alanlar toprak cinsine göre değişen tonlarda gözlemlenmiştir. Sınıflandırma aşamasında yapılan kontrollü sınıflandırma denemelerinde bu ton farkından kaynaklanan bazı sınıf karışmalarına rastlandığından sınıflar belirlenirken 2 farklı toprak sınıfı belirlenmiş daha sonra bunlar tek bir sınıfta birleştirilmiştir.

Sınıflandırma aşamasında sınıfların belirlenmesi sürecinde sınıfların birbirlerinden ayrılabilirliği devamlı olarak gözlemlenmiştir. Bu gözlem ENVI programında “class seperability statistics” modülü ile takip edilmiştir. Ayrılabilirliğin 1 e yaklaştığı sınıflarda bu oranı 2 ye yaklaştırmak için ilgili alanlardan daha fazla örnek kontrol alanına dahil edilmiştir. Sınıfların karşılıklı eşleşmelerinde oran mümkün olduğu kadar 2 ye yaklaştırılmaya çalışılarak sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu artırılmaya çalışılmıştır.

Sınıflandırma aşamasının ilk bölümünde oluşturulacak sınıflara karar verilmiştir. Buna göre her iki tarihli görüntülerde de eldeki kontrol alanlarının tüm alanı yansıtacak şekilde seçildiği gözlemlenmiştir. İki tarihte de seçilen sınıflar 1. Ürün mısır, 2. Ürün mısır, pamuk, soya, meyve ağacı, yerleşim, su ve boş_alan 1 ve boş_alan 2 olarak 9 farklı sınıfta toplanmıştır.

Sınıflar belirlendikten sonra sulama birliği haritaları ile uydu görüntüleri kullanılarak bu sınıfları gösteren kontrol alanları oluşturulmuştur. Bu alanlar ROI dosyaları olarak kaydedilmiştir. Her tarihli görüntü için aynı sınıfları ancak farklı bölgeleri kapsayan 2 ROI dosyası oluşturulmuştur. Bunlardan biri sınıflandırma aşamasında diğeri de doğruluk değerlendirmesi aşamasında kullanılmak üzere saklanmıştır.

2006 tarihli görüntüde yapılan kontrol alanlarının oluşturulması aşamasında belirlenen sınıflar farklı renklerle gösterilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. 2006 Tarihli görüntüde kontrol alanlarının oluşturulması

2006 tarihli görüntü için oluşturulan kontrol alanlarında izlenen ayrılabilirlik oranları her sınıf için diğer sınıflarla karşılaştırılarak elde edilen tablolara göre sınıflar için alınan örnek sayısı artırılmıştır veya sınıflar birleştirilmiştir.

Bu tablolara göre Meyve_Agac sınıfı altında sınıflandırılan ağaçlık alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Bos_Alan, Su, Yerleşim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Mısır_2, Soya ve Pamuk eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Meyve_Agac sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Meyve_Agac [Orange2] 2311 points:	Mısır_1	(1.98527940	1.99873107)
	Mısır_2	(1.66017440	1.84706415)
	Soya	(1.98157480	1.99949319)
	Pamuk	(1.99085536	1.99998095)
	Bos_Alan_2	(1.99987608	1.99999937)
	Yerlesim	(1.99794167	1.99999999)
	Su	(1.99980836	2.00000000)

Mısır_1 sınıfı altında sınıflandırılan mısır 1. ürün ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Soya, Pamuk, Su sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Meyve_Agac, Bos_Alan, Yerleşim eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Mısır_1 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Mısır_1 [Red] 1594 points:	Meyve_Agac	(1.98527940	1.99873107)
	Mısır_2	(1.99712595	1.99990274)
	Soya	(1.99999931	2.00000000)
	Pamuk	(1.99987585	2.00000000)
	Bos_Alan_2	(1.98988130	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99581674	2.00000000)
	Su	(1.99987313	2.00000000)

Soya sınıfı altında sınıflandırılan soya ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Bos_Alan, Su, Yerleşim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Mısır_2, Pamuk, Meyve_Agac eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Soya sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Soya [Green] 204 points:	Meyve_Agac	(1.98157480)	1.99949319)
	Mısır_1	(1.99999931)	2.00000000)
	Mısır_2	(1.81432432)	1.91929234)
	Pamuk	(1.97402696)	1.99791636)
	Bos_Alan_2	(2.00000000)	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99999954)	2.00000000)
	Su	(1.99999991)	2.00000000)

Pamuk sınıfı altında sınıflandırılan pamuk ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Su, Bos_Alan, Yerleşim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Soya, Mısır_2, Meyve_Agac eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Pamuk sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Pamuk [White] 714 points:	Meyve_Agac	(1.99085536)	1.99998095)
	Mısır_1	(1.99987585)	2.00000000)
	Mısır_2	(1.98919955)	1.99427297)
	Soya	(1.97402696)	1.99791636)
	Bos_Alan_2	(1.99999304)	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99995898)	2.00000000)
	Su	(1.99999839)	2.00000000)

Bos_Alan sınıfı altında sınıflandırılan ekili olmayan ve boş alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Soya, Mısır_2, Pamuk sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Yerleşim, Mısır_1, Su eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Boş alan sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Bos_Alan_2 [Sienna2] 6237 points:	Meyve_Agac	(1.99987608	1.99999937)
	Mısır_1	(1.98988130	2.00000000)
	Mısır_2	(1.99999729	2.00000000)
	Soya	(2.00000000	2.00000000)
	Pamuk	(1.99999304	2.00000000)
	Yerlesim	(1.91075000	1.98197416)
	Su	(1.99839667	1.99998909)

Yerlesim sınıfı altında sınıflandırılan yerleşim bölgesi olan alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Soya, Pamuk, Mısır_2 sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Bos_Alan, Su, Mısır_1 eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Yerlesim sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Yerlesim [Aquamarine] 3691 points:	Meyve_Agac	(1.99794167	1.99999999)
	Mısır_1	(1.99581674	2.00000000)
	Mısır_2	(1.99988171	2.00000000)
	Soya	(1.99999954	2.00000000)
	Pamuk	(1.99995898	2.00000000)
	Bos_Alan_2	(1.91075000	1.98197416)
	Su	(1.99081765	1.99982772)

Su sınıfı altında sınıflandırılan nehir, deniz ve göl gibi sulak alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Soya, Pamuk, Mısır_2 sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Yerlesim, Bos_Alan, Meyve_Agac eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.7).

Tüm sınıflar arasındaki ayrılabilirlik oranlarını değerlendirdiğimizde 2006 için kontrol bölgesinde sınıflandırma yapabilmek için seçilen sınıfların birbirinden rahatça ayrılabilirliğini söyleyebiliriz. 2006 için en düşük ayrılabilirlik oranı Meyve_Agac ve Mısır_2 sınıfları arasındaki 1.660174 orandır. Diğer oranların hepsi ayrılabilirlik oranında 2 ye oldukça yakın oranlardır (Çizelge 4.8)

Çizelge 4.7. Su sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2006)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Su [Blue] 347 points:	Meyve_Agac	(1.99980836	2.00000000)
	Mısır_1	(1.99987313	2.00000000)
	Mısır_2	(1.99999505	2.00000000)
	Soya	(1.99999991	2.00000000)
	Pamuk	(1.99999839	2.00000000)
	Bos_Alan_2	(1.99839667	1.99998909)
	Yerlesim	(1.99081765	1.99982772)

Çizelge 4.8. 2006 için tüm sınıfların sıralı ayrılabilirlik oranı(azdan çoğa)

Meyve_Agac	Mısır_2	1,660174
Mısır_2	Soya	1,814324
Bos_Alan_2	Yerlesim	1,910750
Soya	Pamuk	1,974027
Meyve_Agac	Soya	1,981575
Meyve_Agac	Mısır_1	1,985279
Mısır_2	Pamuk	1,989200
Mısır_1	Bos_Alan_2	1,989881
Yerlesim	Su	1,990818
Meyve_Agac	Pamuk	1,990855
Mısır_1	Yerlesim	1,995817
Mısır_1	Mısır_2	1,997126
Meyve_Agac	Yerlesim	1,997942
Bos_Alan_2	Su	1,998397
Meyve_Agac	Su	1,999808
Mısır_1	Su	1,999873
Mısır_1	Pamuk	1,999876
Meyve_Agac	Bos_Alan_2	1,999876
Mısır_2	Yerlesim	1,999882
Pamuk	Yerlesim	1,999959
Pamuk	Bos_Alan_2	1,999993
Mısır_2	Su	1,999995
Mısır_2	Bos_Alan_2	1,999997
Pamuk	Su	1,999998
Mısır_1	Soya	1,999999
Soya	Yerlesim	2,000000
Soya	Su	2,000000
Soya	Bos_Alan_2	2,000000

2010 tarihli görüntüde yapılan kontrol alanlarının oluşturulması aşamasında belirlenen sınıflar farklı renklerle gösterilmiştir (Şekil 4.15).



Çizelge 4.9. 2010 Tarihli görüntüde kontrol alanlarının oluşturulması

2010 tarihli görüntü için oluşturulan kontrol alanlarında izlenen ayrılabilirlik oranları her sınıf için diğer sınıflarla karşılaştırılarak elde edilen tablolara göre sınıflar için alınan örnek sayısı artırılmıştır veya sınıflar birleştirilmiştir.

Mısır_1 sınıfı altında sınıflandırılan mısır 1. ürün ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Su, Pamuk, Soya sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Bos_Alan, Meyve_Agac, Yerleşim eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Mısır_1 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Mısır_1 [Red] 1511 points:	Mısır_2	(1.99999575	2.00000000)
	Pamuk	(1.99999995	2.00000000)
	Soya	(1.99999984	2.00000000)
	Meyve_Agac	(1.99931217	1.99998303)
	Bos_Alan2	(1.96181627	1.99999980)
	Yerlesim	(1.99990663	2.00000000)
	Su	(1.99999998	2.00000000)

Mısır_2 sınıfı altında sınıflandırılan mısır 2. ürün ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Su, Bos_Alan, Yerlesim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Meyve_Agac, Soya, Pamuk eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.11Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Mısır_2 sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Mısır_2 [Yellow] 313 points:	Mısır_1	(1.99999575	2.00000000)
	Pamuk	(1.99996255	2.00000000)
	Soya	(1.94789935	1.99999996)
	Meyve_Agac	(1.83409424	1.97162777)
	Bos_Alan2	(2.00000000	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99999825	2.00000000)
	Su	(2.00000000	2.00000000)

Pamuk sınıfı altında sınıflandırılan pamuk ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Su, Bos_Alan, Mısır_1 sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Meyve_Agac, Soya, Mısır_2, eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Pamuk sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Pamuk [White] 532 points:	Mısır_1	(1.99999995	2.00000000)
	Mısır_2	(1.99996255	2.00000000)
	Soya	(1.99887238	1.99976169)
	Meyve_Agac	(1.99284622	1.99938171)
	Bos_Alan2	(1.99999999	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99999975	2.00000000)
	Su	(2.00000000	2.00000000)

Soya sınıfı altında sınıflandırılan soya ekili alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Bos_Alan, Su, Yerleşim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Mısır_2, Meyve_Agac, Pamuk eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Soya sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Soya [Green] 472 points:	Mısır_1	(1.99999984	2.00000000)
	Mısır_2	(1.94789935	1.99999996)
	Pamuk	(1.99887238	1.99976169)
	Meyve_Agac	(1.97179209	1.99561823)
	Bos_Alan2	(2.00000000	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99999994	2.00000000)
	Su	(2.00000000	2.00000000)

Meyve_Agac sınıfı altında sınıflandırılan ağaçlık alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Su, Bos_Alan, Yerleşim sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Mısır_2, Soya ve Pamuk eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Meyve_Agac sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Meyve_Agac [Orange1] 1036 points:	Mısır_1	(1.99931217	1.99998303)
	Mısır_2	(1.83409424	1.97162777)
	Pamuk	(1.99284622	1.99938171)
	Soya	(1.97179209	1.99561823)
	Bos_Alan2	(1.99989289	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99952043	2.00000000)
	Su	(1.99999454	2.00000000)

Bos_Alan sınıfı altında sınıflandırılan ekili olmayan alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Mısır_2, Soya, Pamuk sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Mısır_1, Yerlesim, Su eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Bos_Alan sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları(2010)

		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
Bos_Alan2 [Sienna2] 3124 points:	Mısır_1	(1.96181627	1.99999980)
	Mısır_2	(2.00000000	2.00000000)
	Pamuk	(1.99999999	2.00000000)
	Soya	(2.00000000	2.00000000)
	Meyve_Agac	(1.99989289	2.00000000)
	Yerlesim	(1.97517827	1.99919261)
	Su	(1.99835133	2.00000000)

Yerlesim sınıfı altında sınıflandırılan yerleşim bölgesi olan alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Soya, Pamuk, Mısır_2 sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Bos_Alan, Meyve_Agac, Mısır_1 eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Yerlesim sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

Yerlesim [Aquamarine] 2621 points:		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
	Mısır_1	(1.99990663	2.00000000)
	Mısır_2	(1.99999825	2.00000000)
	Pamuk	(1.99999975	2.00000000)
	Soya	(1.99999994	2.00000000)
	Meyve_Agac	(1.99952043	2.00000000)
	Bos_Alan2	(1.97517827	1.99919261)
	Su	(1.99996810	2.00000000)

Su sınıfı altında sınıflandırılan nehir, deniz ve göl gibi sulak alanların en yüksek ayrılabilirlik oranını sırası ile Mısır_2, Pamuk, Soya sınıfları ile gösterirken en düşük oranların sırası ile Bos_Alan, Yerlesim, Meyve_Agac eşleşmeleriyle gerçekleştiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.17)

Çizelge 4.17. Su sınıfı ile diğer sınıfların ayrılabilirlik oranları (2010)

Su [Blue] 163 points:		Jeffries-Matusita	Transformed Divergence
	Mısır_1	(1.99999998	2.00000000)
	Mısır_2	(2.00000000	2.00000000)
	Pamuk	(2.00000000	2.00000000)
	Soya	(2.00000000	2.00000000)
	Meyve_Agac	(1.99999454	2.00000000)
	Bos_Alan2	(1.99835133	2.00000000)
	Yerlesim	(1.99996810	2.00000000)

Tüm sınıflar arasındaki ayrılabilirlik oranlarını değerlendirdiğimizde 2010 için kontrol bölgesinde sınıflandırma yapabilmek için seçilen sınıfların birbirinden rahatça ayrılabilceğini söyleyebiliriz. 2006 için en düşük ayrılabilirlik oranı Meyve_Agac ve Mısır_2 sınıfları arasındaki 1.834094 orandır. Diğer oranların hepsi ayrılabilirlik oranında 2 ye oldukça yakın oranlardır (Çizelge 4.18).

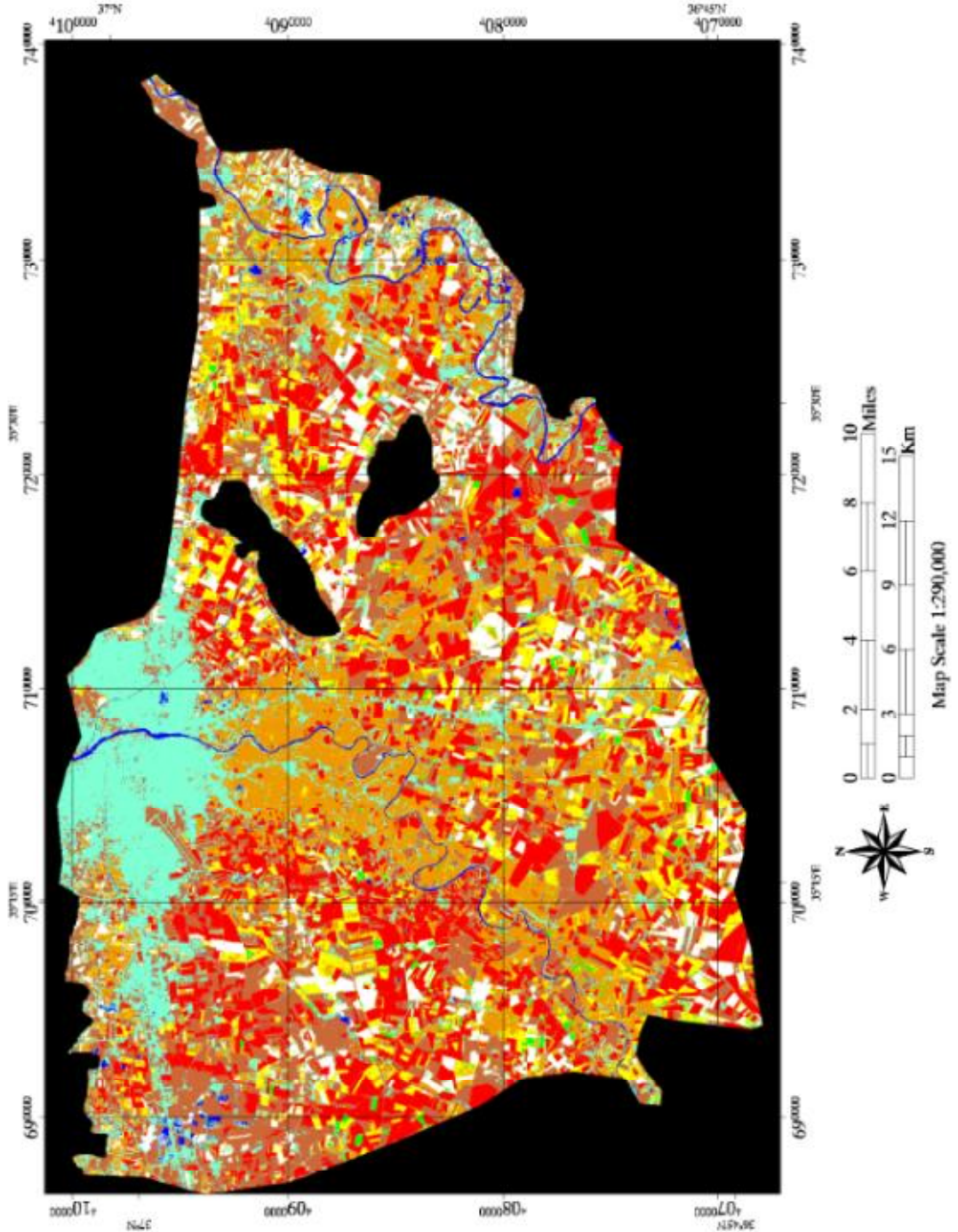
Çizelge 4.18. 2010 için tüm sınıfların sıralı ayrılabilirlik oranı

Mısır_2	Meyve_Agac	1,834094	Meyve_Agac	Su	1,999995
Mısır_2	Soya	1,947899	Mısır_1	Mısır_2	1,999996
Mısır_1	Bos_Alan2	1,961816	Mısır_2	Yerlesim	1,999998
Soya	Meyve_Agac	1,971792	Pamuk	Yerlesim	2,000000
Bos_Alan2	Yerlesim	1,975178	Mısır_1	Soya	2,000000
Pamuk	Meyve_Agac	1,992846	Soya	Yerlesim	2,000000
Bos_Alan2	Su	1,998351	Mısır_1	Pamuk	2,000000
Pamuk	Soya	1,998872	Mısır_1	Su	2,000000
Mısır_1	Meyve_Agac	1,999312	Pamuk	Bos_Alan2	2,000000
Meyve_Agac	Yerlesim	1,999520	Soya	Su	2,000000
Meyve_Agac	Bos_Alan2	1,999893	Soya	Bos_Alan2	2,000000
Mısır_1	Yerlesim	1,999907	Mısır_2	Bos_Alan2	2,000000
Mısır_2	Pamuk	1,999963	Pamuk	Su	2,000000
Yerlesim	Su	1,999968	Mısır_2	Su	2,000000

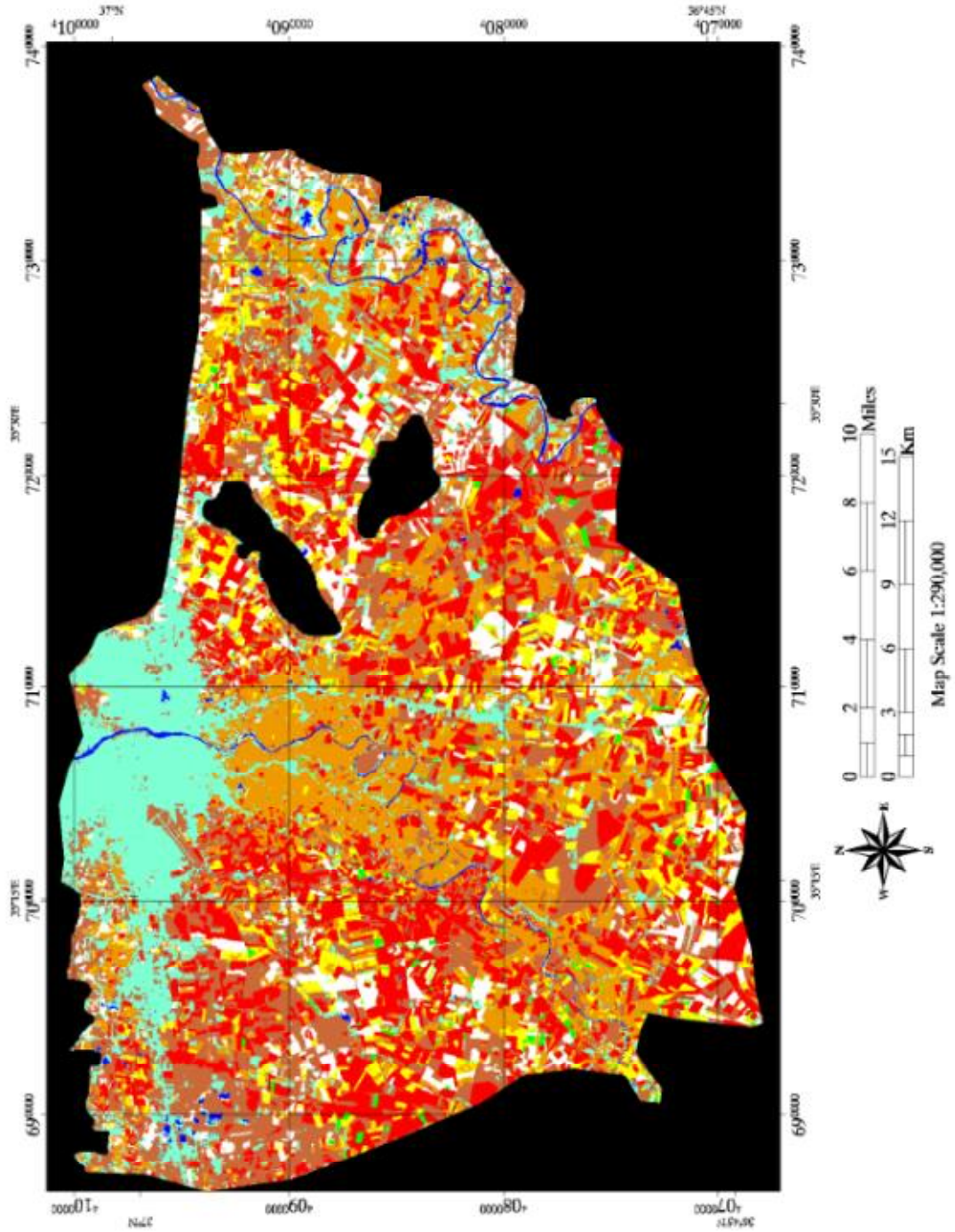
Her iki tarihli görüntü için de 8 farklı sınıfta ROI dosyaları oluşturulduktan sonra bu dosyalar yardımı ile iki görüntüye de kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır. Uygulanan yöntem en çok olabilirlik yöntemi olup her piksel tek tek ele alınıp olasılığın en yüksek olduğu sınıfa atanmaktadır.

Bu aşamada sınıflandırma işlemi istenen doğruluğa ulaşmaya kadar tekrarlanmıştır. İlk uygulamada karşılaşılan en büyük problem dağlık ve çorak alanların ağaçlık alanlar ve yerleşim başta olmak üzere diğer sınıflarla karışması olmuştur. Bu sorunu engellemek için görüntü işleme aşamasında anlatılan yöntemlerle dağlık ve çorak alanlar görüntü üzerinde maskelenmiştir. Sonraki sınıflandırma işlemi üzerine yapılan incelemelerde ise boş alanlar diğer sınıflarla karışmıştır. Görüntü üzerindeki arazilerin toprak yapılarının farklılığından dolayı çok geniş bir aralıkta yansıma üretmeleri bunun başlıca sebebi olarak değerlendirilmiştir. Bu karışmaları engellemek amacıyla görüntünün farklı bölgelerinden 1 yerine 2 farklı sınıf altında toplanan kontrol alanları ile sınıflandırma yapılmış, yüksek oranda doğruluk sonuçları veren bu sınıflar daha sonra tek bir sınıf altında birleştirilerek kaydedilmiştir. Daha önce de açıklandığı gibi kontrol alanları seçimi yapılırken sınıfların birbirleri ile olan ayrılabilirlik oranları devamlı izlenmiştir. Ayrılabilirliğin düşük kaldığı sınıflarda kontrol bölgesinden daha çok örnek seçilerek oran artırılmıştır.

2006 tarihli görüntü sınıflandırıldığında tarlalar içindeki bazı piksellerin diğer sınıflar ile karıştığı görülmüştür (Şekil 4.16). Bu durumu düzeltmek için sınıflandırılmış görüntüye 3x3 medyan filtresi uygulanmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.16. 2006 Tarihli sınıflandırılmış görüntü



Şekil 4.17. 2006 Tarihli medyan filtresi uygulanmış sınıflandırılmış görüntü

2006 tarihli görüntü sınıflandırıldıktan sonra görüntü üzerinde belirlenen sınıfların kapladıkları alanlar hektar ve yüzde oran olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.19). Bu hesaplama göre en çok alanı %22.5 ile Meyve_Agac sınıfı kaplarken, Bos_Alan %21.8 ile bu sınıfı takip etmektedir.

Çizelge 4.19. 2006 Tarihli sınıflandırılmış görüntüde sınıfların kapladıkları alan

SINIF	RENK	ORAN(%)	ALAN(Hektar)
Meyve_Agac	[Orange2]	22,5	23748
Mısır_1	[Red]	20,0	21114
Mısır_2	[Yellow]	7,1	7460
Soya	[Green]	1,1	1194
Pamuk	[White]	9,0	9550
Bos_Alan_2	[Sienna2]	21,8	23060
Yerlesim	[Aquamarine]	17,1	18110
Su	[Blue]	1,3	1408
		TOPLAM	105644,0

2006 tarihli görüntü sınıflandırılmış görüntüye 3x3 medyan filtresi uygulandıktan sonra görüntü üzerinde belirlenen sınıfların kapladıkları alanlar hektar ve yüzde oran olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20). Bu hesaplama göre en çok alanı %24.1 ile Bos_Alan sınıfı kaplarken, %22 ile Mısır_1 bu sınıfı takip etmektedir. Medyan görüntü uygulanması sayesinde tarla alanlarında yanlış sınıflandırılan pikseller büyük oranda engellenmiştir.

Çizelge 4.20. 2006 Tarihli medyan filtreli görüntüde sınıfların kapladıkları alan

SINIF	RENK	Oran (%)	ALAN (Hektar)
Meyve_Agac	[Orange2]	19,7	20801
Mısır_1	[Red]	22,0	23237
Mısır_2	[Yellow]	7,8	8279
Soya	[Green]	1,1	1201
Pamuk	[White]	9,7	10209
Bos_Alan_2	[Sienna2]	24,1	25503
Yerlesim	[Aquamarine]	14,4	15237
Su	[Blue]	1,1	1177
		TOPLAM	105644

2010 tarihli görüntü sınıflandırıldığında tarlalar içindeki bazı piksellerin diğer sınıflar ile karıştığı görülmüştür (Şekil 4.18). Bu durumu düzeltmek için sınıflandırılmış görüntüye 3x3 medyan filtresi uygulanmıştır Şekil 4.19).

2010 tarihli görüntü sınıflandırıldıktan sonra görüntü üzerinde belirlenen sınıfların kapladıkları alanlar hektar ve yüzde oran olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Bu hesaplama göre en çok alanı %28.8 ile Meyve_Agac sınıfı kaplarken, Mısır_1 %21.5 ile bu sınıfı takip etmektedir.

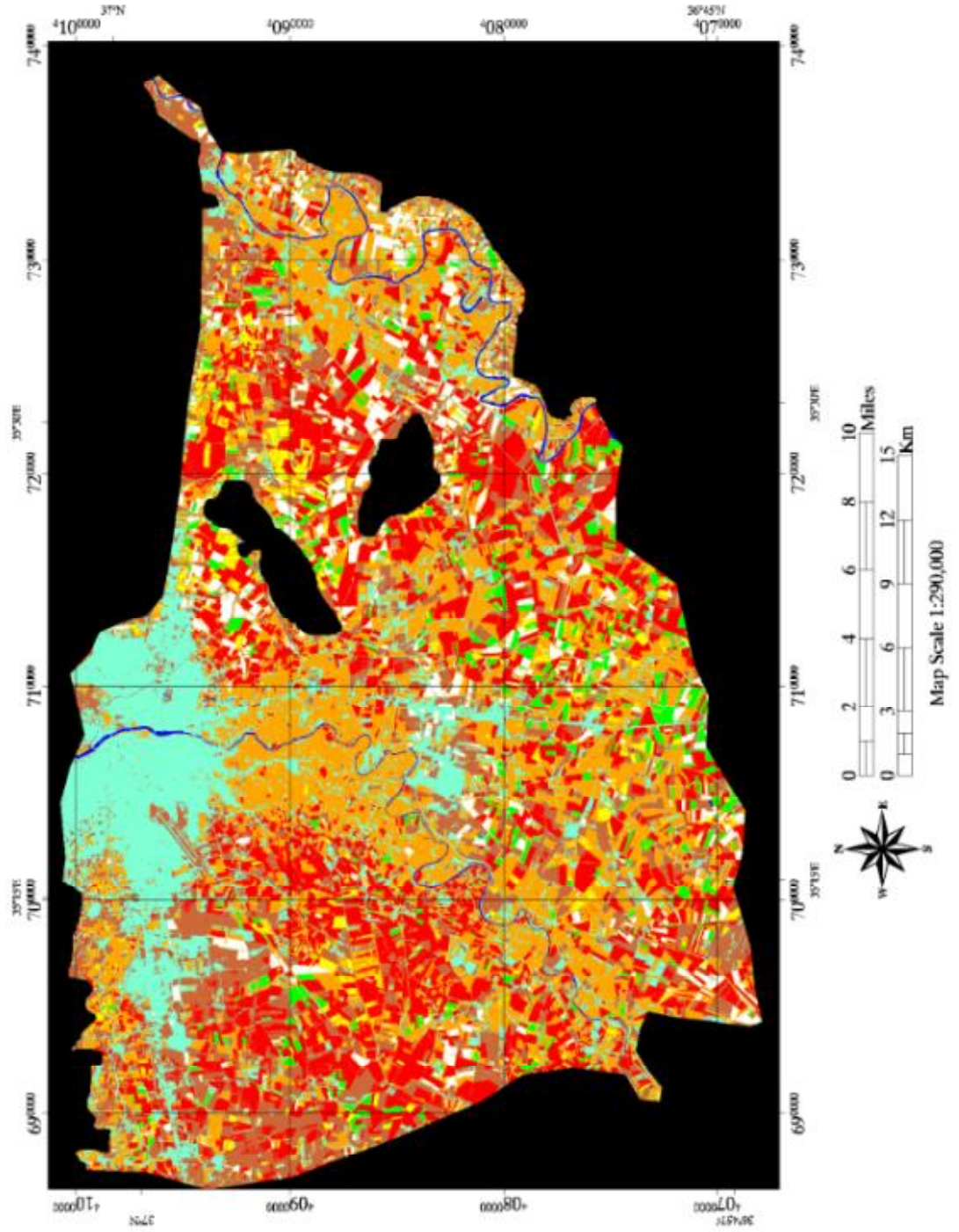
Çizelge 4.21. 2010 Tarihli sınıflandırılmış görüntüde sınıfların kapladıkları alan

SINIF	RENK	ORAN(%)	ALAN(Hektar)
Mısır_1	[Red]	21,5	22703
Mısır_2	[Yellow]	2,7	2827
Pamuk	[White]	5,6	5944
Soya	[Green]	3,6	3785
Meyve_Agac	[Orange1]	28,8	30469
Bos_Alan2	[Sienna2]	18,8	19815
Yerlesim	[Aquamarine]	18,3	19361
Su	[Blue]	0,7	743
		TOPLAM	105647

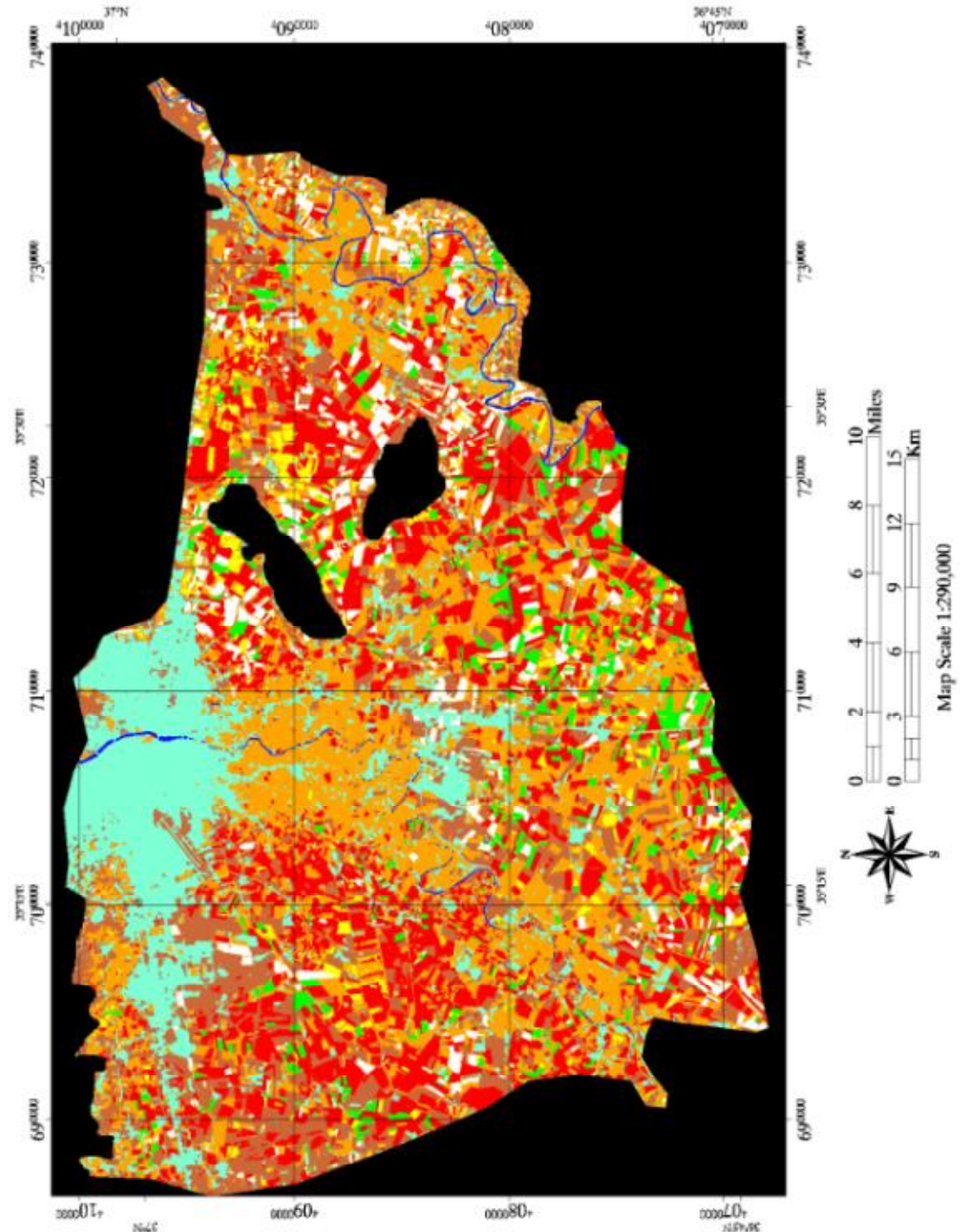
2010 tarihli görüntü sınıflandırılmış görüntüye 3x3 medyan filtresi uygulandıktan sonra görüntü üzerinde belirlenen sınıfların kapladıkları alanlar hektar ve yüzde oran olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.22). Bu hesaplama göre en çok alanı %29.6 ile Meyve_Agac sınıfı kaplarken, %21 ile Mısır_1 bu sınıfı takip etmektedir. Medyan görüntü uygulanması sayesinde tarla alanlarında yanlış sınıflandırılan pikseller büyük oranda engellenmiştir.

Çizelge 4.22. 2010 Tarihli medyan filtreli görüntüde sınıfların kapladıkları alan

SINIF	RENK	ORAN(%)	ALAN(Hektar)
Mısır_1	[Red]	21,0	22171
Mısır_2	[Yellow]	2,5	2654
Pamuk	[White]	5,8	6105
Soya	[Green]	4,2	4466
Meyve_Agac	[Orange1]	29,6	31240
Bos_Alan2	[Sienna2]	20,5	21708
Yerlesim	[Aquamarine]	15,8	16647
Su	[Blue]	0,6	657
		TOPLAM	105647



Şekil 4.18. 2010 Tarihli sınıflandırılmış görüntü



Şekil 4.19. 2010 Tarihli medyan filtresi uygulanmış sınıflandırılmış görüntü

Görüntü sınıflandırma işlemleri sonucunda her iki tarihli görüntü de 8 sınıfta, kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden en çok olabilirlik algoritması ile sınıflandırılmış ve her iki görüntüye de medyan filtresi uygulanmıştır. Medyan

filtresi uygulanmış bu görüntülerde bu 8 sınıfın kapladıkları alanlar hesaplanmış ve kaplanan alanlar yüzde olarak ifade edilmiştir.

Sınıflandırma aşamasından sonra yapılan sınıfların doğruluk oranlarını tespit edebilmek için doğruluk değerlendirmesi aşamasına geçilmiştir.

4.3 Doğruluk Değerlendirmesi

Bu aşamada kontrol bölgesinden daha önce her iki tarihli görüntü üzerinde seçilerek kaydedilen ROI dosyaları kullanılmıştır. Sınıflandırma için kullanılanlardan farklı olarak seçilen bu bölgeler, yer gerçeğini yansıtan kontrol bölgeleri olarak kullanılmıştır. Sınıflandırılmış görüntü ile yer gerçeği verisinin karşılaştırılması ile her iki tarih için birer hata matrisi oluşturulmuş ve her görüntü için kappa katsayıları hesaplanmıştır.

Buna göre 2006 tarihli görüntünün yer gerçeği ile sınıflandırılmış görüntüsü arasında yapılan karşılaştırmada kontrol bölgesinden seçilen pikseller ile sınıflandırılan pikseller Çizelge 4.23 de karşılaştırılmış ve ayrıca bunların yüzde oranlarını ifade eden bir çizelge de oluşturulmuştur (Çizelge 4.24).

Ayrıca dahil etme ve ihmal etme hatalarını gösteren çizelge hazırlanmıştır (Çizelge 4.25). Bu çizelgeye göre 2006 tarihli sınıflandırılmış görüntüde en yüksek dahil etme hatası %13.44 le Mısır_2 sınıfında görülmüştür. En yüksek ihmal etme hatası ise %7.7 ile yine aynı sınıfa aittir.

Sonuca bakıldığında ise

Çizelge 4.26 da 2006 tarihli görüntü için kullanıcı ve üretici doğrulu oranları hesaplanmıştır. Bu çizelgede de görüldüğü gibi üretici doğruluğu oranı tüm sınıflar için %90 ın üzerinde hesaplanmıştır. Kullanıcı doğruluğu oranlarında ise Mısır_2 sınıfı hariç bütün sınıfların doğruluk oranı %90 ı geçmiştir. Mısır_2 sınıfı da %86.56 lık oranla gerçeğe oldukça yakın oranda sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.23. 2006 tarihli görüntü hata matrisi (piksel sayısı)

Ground Truth (Pixels)									
Class	Meyve_Agac	Mısır_1	Mısır_2	Soya	Pamuk	Bos_Alan_2	Yerlesim	Su	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meyve_Agac [O	1339	11	36	0	10	9	0	2	1407
Mısır_1 [Red]	1	1210	5	0	0	3	0	0	1219
Mısır_2 [Yell	87	0	599	6	0	0	0	0	692
Soya [Green]	1	0	8	197	1	0	0	0	207
Pamuk [White]	0	0	1	1	512	0	0	0	514
Bos_Alan_2 [S	0	1	0	0	0	5209	19	2	5231
Yerlesim [Aqu	3	2	0	0	2	112	2946	7	3072
Su [Blue] 347	0	0	0	0	0	0	0	182	182
Total	1431	1224	649	204	525	5333	2965	193	12524

Çizelge 4.24. 2006 tarihli görüntü hata matrisi (yüzde)

Ground Truth (Percent)									
Class	Meyve_Agac	Mısır_1	Mısır_2	Soya	Pamuk	Bos_Alan_2	Yerlesim	Su	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meyve_Agac [O	93,57	0,9	5,55	0	1,9	0,17	0	1,04	11,23
Mısır_1 [Red]	0,07	98,86	0,77	0	0	0,06	0	0	9,73
Mısır_2 [Yell	6,08	0	92,3	2,94	0	0	0	0	5,53
Soya [Green]	0,07	0	1,23	96,57	0,19	0	0	0	1,65
Pamuk [White]	0	0	0,15	0,49	97,52	0	0	0	4,1
Bos_Alan_2 [S	0	0,08	0	0	0	97,67	0,64	1,04	41,77
Yerlesim [Aqu	0,21	0,16	0	0	0,38	2,1	99,36	3,63	24,53
Su [Blue] 347	0	0	0	0	0	0	0	94,3	1,45
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Çizelge 4.25. 2006 Tarihli görüntü dahil etme ve ihmal etme hataları

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Meyve_Agac [O	4,83	6,43	68/1407	92/1431
Mısır_1 [Red]	0,74	1,14	9/1219	14/1224
Mısır_2 [Yell	13,44	7,7	93/692	50/649
Soya [Green]	4,83	3,43	10/207	7/204
Pamuk [White]	0,39	2,48	2/514	13/525
Bos_Alan_2 [S	0,42	2,33	22/5231	124/5333
Yerlesim [Aqu	4,1	0,64	126/3072	19/2965
Su [Blue] 347	0	5,7	0/182	11/193

Çizelge 4.26. 2006 Tarihli görüntü üretici ve kullanıcı doğruluğu oranları

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Meyve_Agac [O	93,57	95,17	1339/1431	1339/1407
Mısır_1 [Red]	98,86	99,26	1210/1224	1210/1219
Mısır_2 [Yell	92,3	86,56	599/649	599/692
Soya [Green]	96,57	95,17	197/204	197/207
Pamuk [White]	97,52	99,61	512/525	512/514
Bos_Alan_2 [S	97,67	99,58	5209/5333	5209/5231
Yerlesim [Aqu	99,36	95,9	2946/2965	2946/3072
Su [Blue] 347	94,3	100	182/193	182/182

2010 tarihli görüntünün yer gerçeği ile sınıflandırılmış görüntüsü arasında yapılan karşılaştırmada kontrol bölgesinden seçilen pikseller ile sınıflandırılan pikseller Çizelge 4.27 de karşılaştırılmış ve ayrıca bunların yüzde oranlarını ifade eden bir çizelge de oluşturulmuştur (Çizelge 4.28). Ayrıca dahil etme ve ihmal etme hatalarını gösteren çizelge hazırlanmıştır (Çizelge 4.29). Bu çizelgeye göre 2010 tarihli sınıflandırılmış görüntüde en yüksek dahil etme hatası %4.14 le Su sınıfında görülmüştür. En yüksek ihmal etme hatası ise %2.24 ile Mısır_2 sınıfına aittir.

Sonuca bakıldığında ise Çizelge 4.30 da 2010 tarihli görüntü için kullanıcı ve üretici doğrulu oranları hesaplanmıştır. Bu çizelgede de görüldüğü gibi üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu oranları tüm sınıflar için %90 ın üzerinde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.27. 2010 tarihli görüntü hata matrisi (piksel sayısı)

Ground Truth (Pixels)									
Class	Mısır_1	Mısır_2	Pamuk	Soya	Meyve_Agac	Bos_Alan2	Yerlesim	Su	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır_1 [Red]	1500	0	0	0	0	10	0	0	1510
Mısır_2 [Yell]	0	306	0	1	12	0	0	0	319
Pamuk [White]	0	0	528	0	1	0	0	0	529
Soya [Green]	0	0	0	468	0	0	0	0	468
Meyve_Agac [O	6	7	2	3	1021	4	0	0	1043
Bos_Alan2 [Si	4	0	0	0	0	3079	5	1	3089
Yerlesim [Aqu	1	0	2	0	2	24	2616	0	2645
Su [Blue] 163	0	0	0	0	0	7	0	162	169
Total	1511	313	532	472	1036	3124	2621	163	9772

Çizelge 4.28. 2010 tarihli görüntü hata matrisi (yüzde)

Ground Truth (Percent)									
Class	Mısır_1	Mısır_2	Pamuk	Soya	Meyve_Agac	Bos_Alan2	Yerlesim	Su	Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır_1 [Red]	99,27	0	0	0	0	0,32	0	0	15,45
Mısır_2 [Yell]	0	97,76	0	0,21	1,16	0	0	0	3,26
Pamuk [White]	0	0	99,25	0	0,1	0	0	0	5,41
Soya [Green]	0	0	0	99,15	0	0	0	0	4,79
Meyve_Agac [O	0,4	2,24	0,38	0,64	98,55	0,13	0	0	10,67
Bos_Alan2 [Si	0,26	0	0	0	0	98,56	0,19	0,61	31,61
Yerlesim [Aqu	0,07	0	0,38	0	0,19	0,77	99,81	0	27,07
Su [Blue] 163	0	0	0	0	0	0,22	0	99,39	1,73
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Çizelge 4.29. 2010 Tarihli görüntü dahil etme ve ihmal etme hataları

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
Mısır_1 [Red]	0.66	0.73	10/1510	11/1511
Mısır_2 [Yell]	4.08	2.24	13/319	7/313
Pamuk [White]	0.19	0.75	1/529	4/532
Soya [Green]	0	0.85	0/468	4/472
Meyve_Agac [O]	2.11	1.45	22/1043	15/1036
Bos_Alan2 [Si]	0.32	1.44	10/3089	45/3124
Yerlesim [Aqu]	1.1	0.19	29/2645	5/2621
Su [Blue] 163	4.14	0.61	7/169	1/163

Çizelge 4.30. 2010 Tarihli görüntü üretici ve kullanıcı doğruluğu oranları

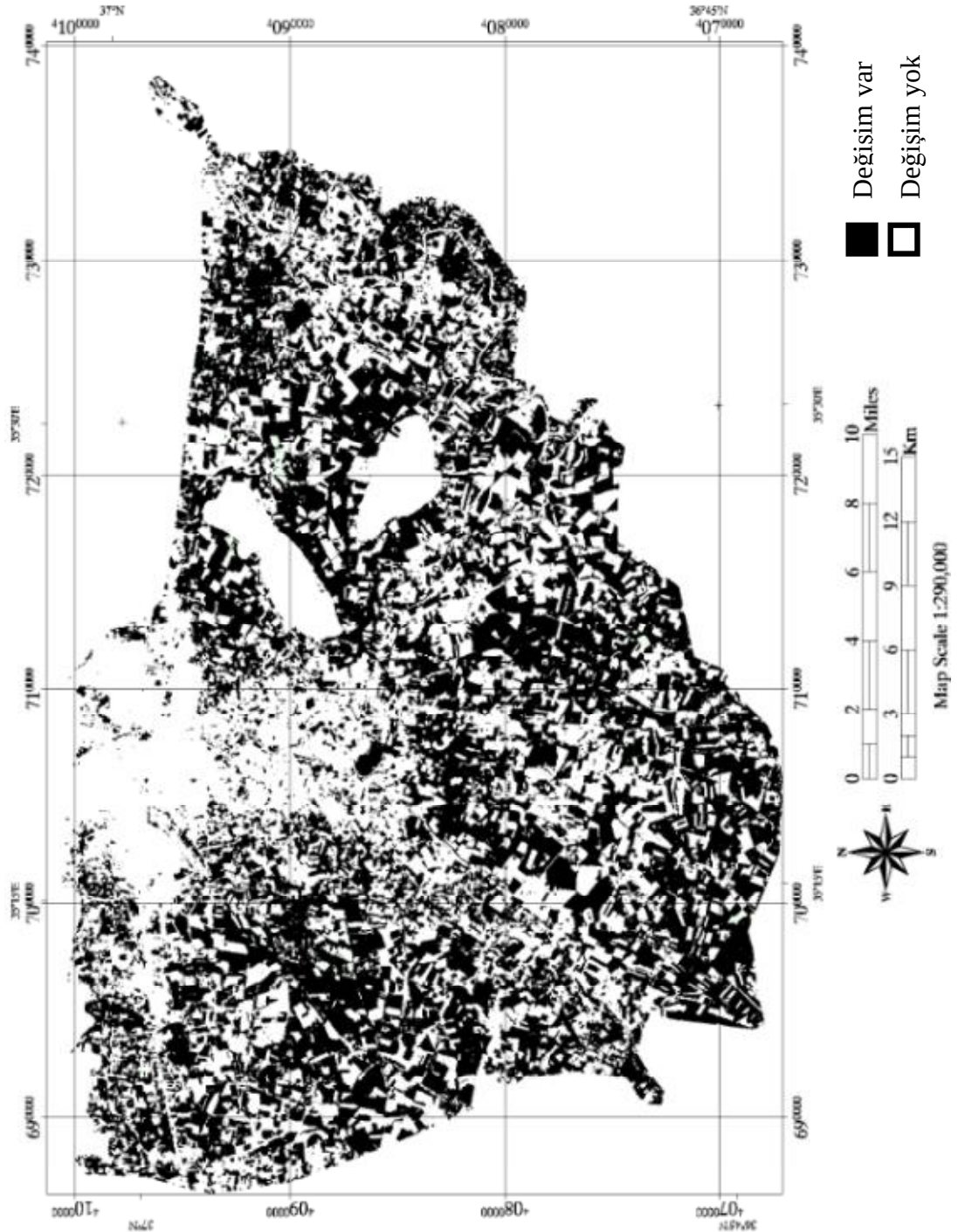
Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Mısır_1 [Red]	99.27	99.34	1500/1511	1500/1510
Mısır_2 [Yell]	97.76	95.92	306/313	306/319
Pamuk [White]	99.25	99.81	528/532	528/529
Soya [Green]	99.15	100	468/472	468/468
Meyve_Agac [O]	98.55	97.89	1021/1036	1021/1043
Bos_Alan2 [Si]	98.56	99.68	3079/3124	3079/3089
Yerlesim [Aqu]	99.81	98.9	2616/2621	2616/2645
Su [Blue] 163	99.39	95.86	162/163	162/169

Sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde her iki tarih içinde neredeyse tüm sınıflar yer gerçeği ile %90 oranından fazla bir oranla başarılı şekilde sınıflandırılmıştır. Sonraki aşamada bu sınıflandırmaya dayalı olarak iki tarih için değişim oranları ve değişimin yönü tespit edilmiştir.

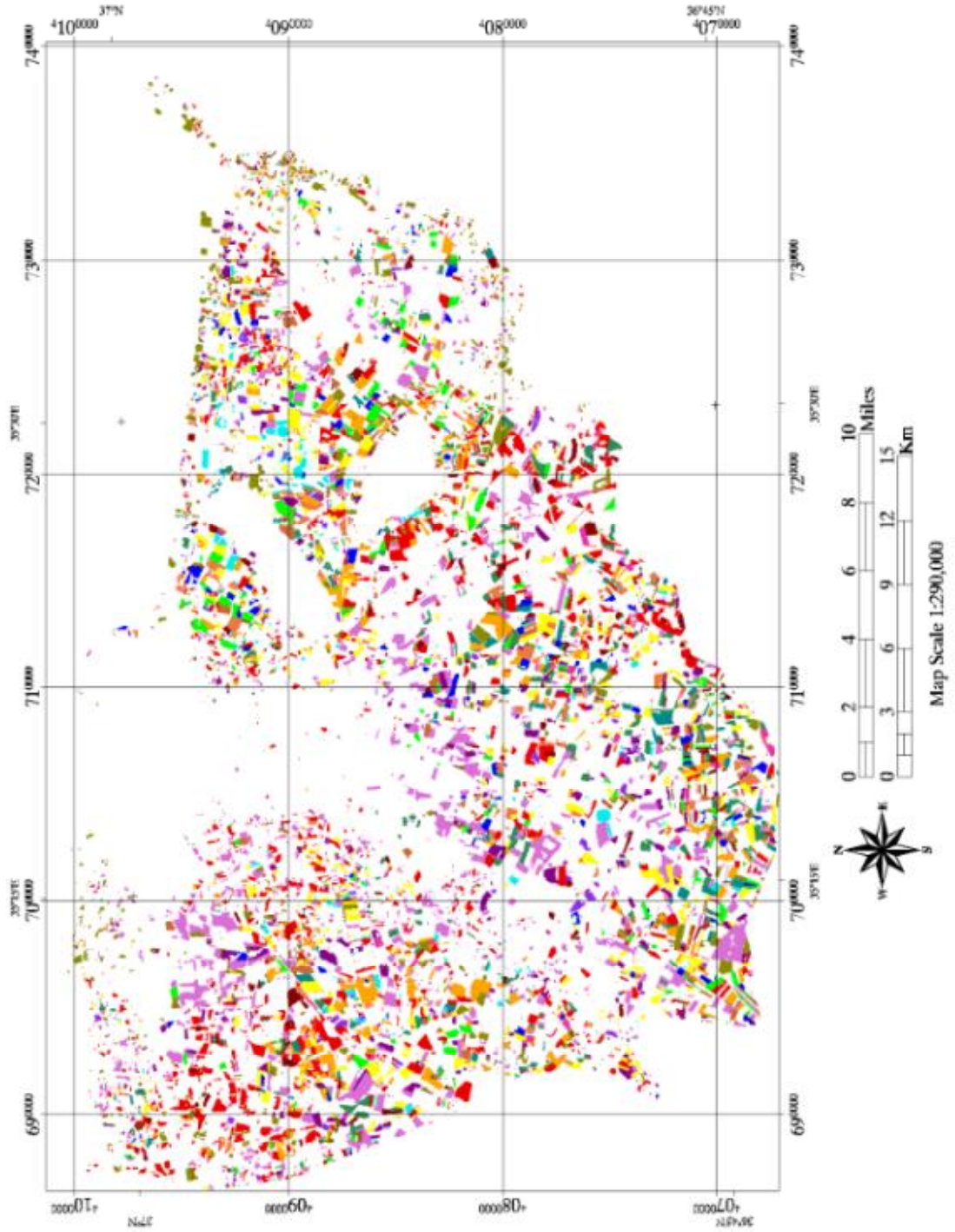
4.4 Değişim Tespiti

Bu aşamada öncelikle değişim olan ve değişim olmayan alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan Mısır, Pamuk, Soya ve Boş alanların her iki sınıflandırılmış görüntüdeki değişim oranları incelenmiş ve tüm sınıflar için değişen ve değişmeyen alanlar Şekil 4.20 de gösterilmiştir. Bu şekilde siyah ile gösterilen alanlar 2006 dan 2010 a kadar ekili üründe değişime uğrayan, beyaz

alanlar ise değişime uğramayan ve 2006 ve 2010 da aynı ürünün ekili olduğu alanları göstermektedir.



Şekil 4.20. Değişim gösteren ve göstermeyen alanların haritası



Şekil 4.21. Değişen tüm alanların değişim yönü

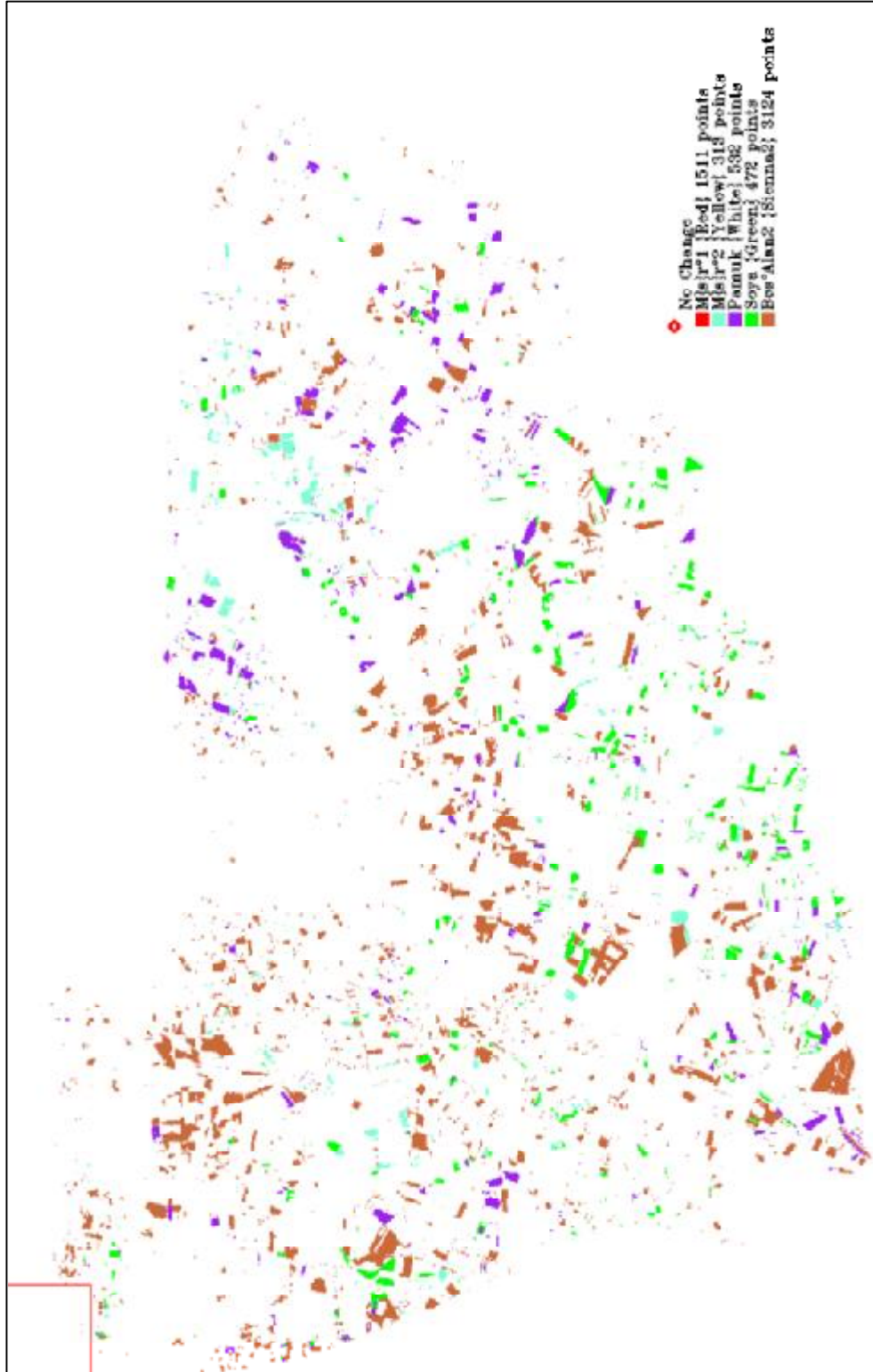
Çizelge 4.31. Değişim yönü renk çizelgesi

from 'Mısır'1 {Red} 1594 points' to 'Mısır'2 {Yellow} 313 points'
from 'Mısır'1 {Red} 1594 points' to 'Pamuk {White} 532 points'
from 'Mısır'1 {Red} 1594 points' to 'Soya {Green} 472 points'
from 'Mısır'1 {Red} 1594 points' to 'Boş Alan'2 {Sienna2} 3124 points'
from 'Mısır'2 {Yellow} 921 points' to 'Mısır'1 {Red} 1511 points'
from 'Mısır'2 {Yellow} 921 points' to 'Pamuk {White} 532 points'
from 'Mısır'2 {Yellow} 921 points' to 'Soya {Green} 472 points'
from 'Mısır'2 {Yellow} 921 points' to 'Boş Alan'2 {Sienna2} 3124 points'
from 'Soya {Green} 204 points' to 'Mısır'1 {Red} 1511 points'
from 'Soya {Green} 204 points' to 'Mısır'2 {Yellow} 313 points'
from 'Soya {Green} 204 points' to 'Pamuk {White} 532 points'
from 'Soya {Green} 204 points' to 'Boş Alan'2 {Sienna2} 3124 points'
from 'Pamuk {White} 714 points' to 'Mısır'1 {Red} 1511 points'
from 'Pamuk {White} 714 points' to 'Mısır'2 {Yellow} 313 points'
from 'Pamuk {White} 714 points' to 'Soya {Green} 472 points'
from 'Pamuk {White} 714 points' to 'Boş Alan'2 {Sienna2} 3124 points'
from 'Boş Alan'2 {Sienna2} 6237 points' to 'Mısır'2 {Yellow} 313 points'
from 'Boş Alan'2 {Sienna2} 6237 points' to 'Pamuk {White} 532 points'
from 'Boş Alan'2 {Sienna2} 6237 points' to 'Soya {Green} 472 points'

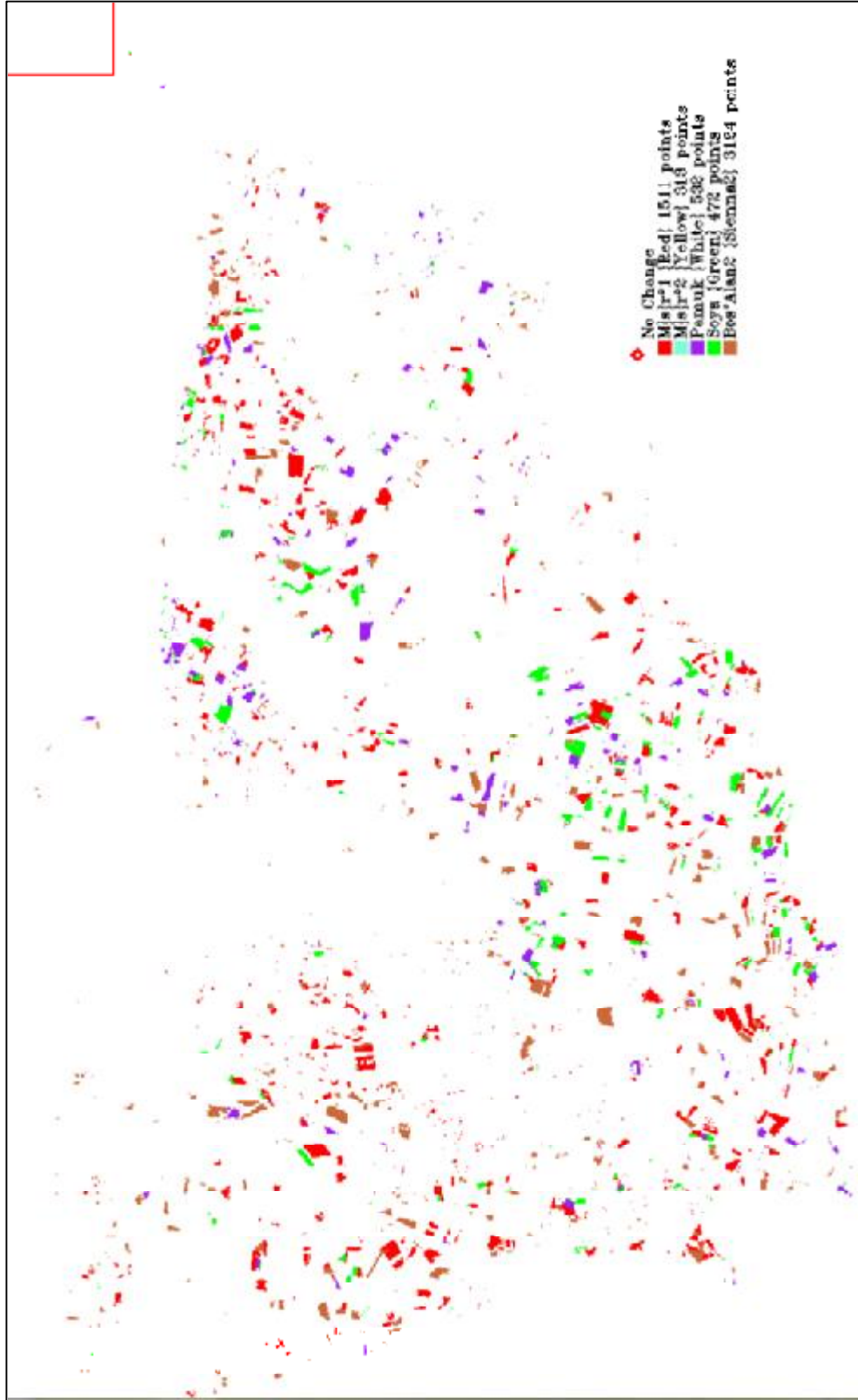
Değişen ve değişmeyen alanların tespitinden sonra değişen alanlar için tüm sınıfların değişim yönü sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile bulunmuş (Şekil 4.21) ve her değişim farklı bir rengi temsil edecek şekilde gösterilmiştir (Çizelge 4.31).

Ayrıca çalışmaya konu olan Mısır 1. ve 2. ürün, soya, pamuk ve boş alan sınıflarının 2006 dan 2010 a değişim haritaları çıkartılmıştır. Bu haritada her sınıfın değişiminin hangi sınıfa doğru olduğu detaylı şekilde gösterilmiştir.

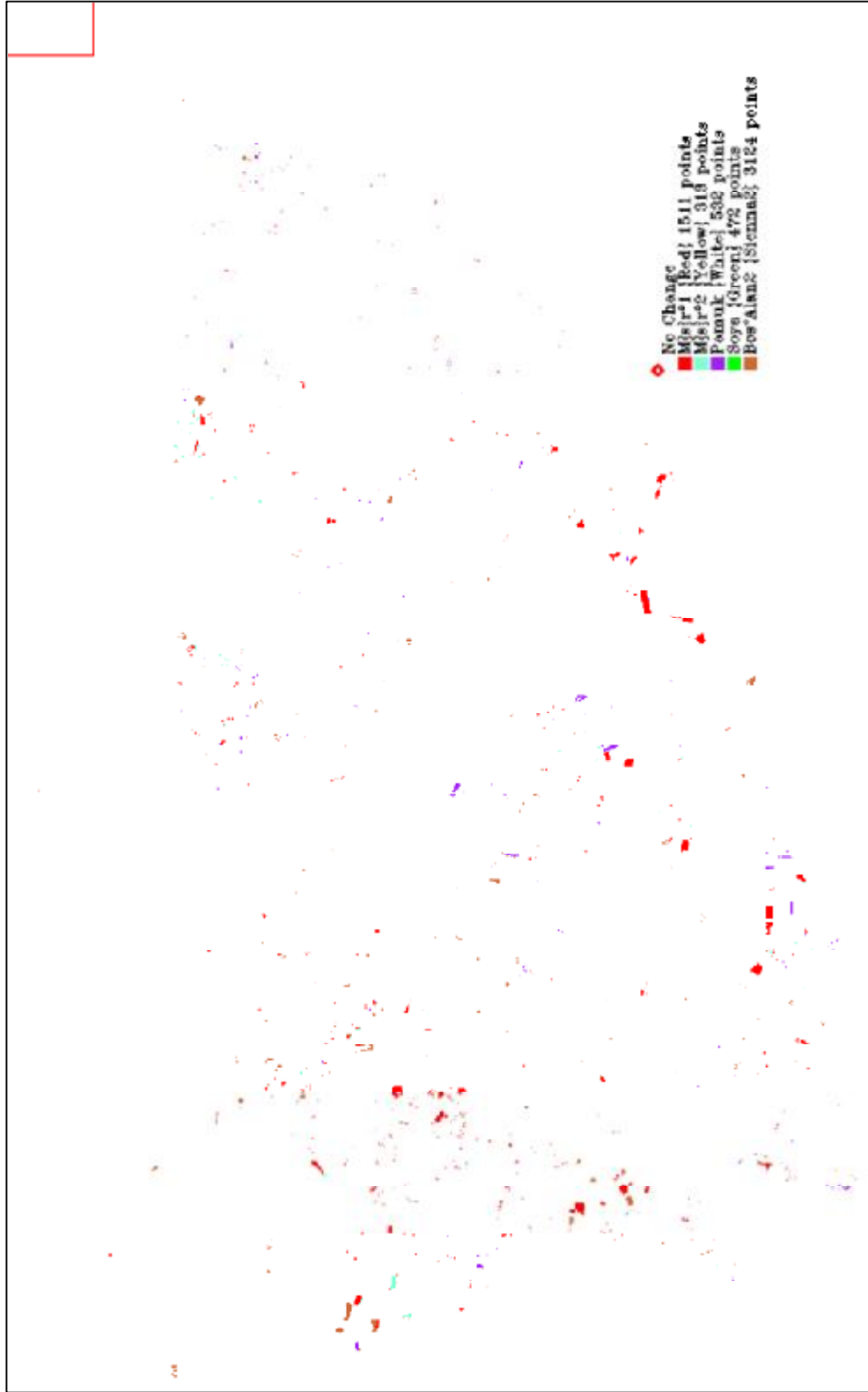
Şekil 4.22 de mısır_1 değişim haritası, Şekil 4.23 de mısır_2 değişim haritası, Şekil 4.24 soya değişim haritası, Şekil 4.25 de pamuk değişim haritası ve Şekil 4.26 boş alan değişim haritası gösterilmiştir. Bu haritalarda 2006 da ilgili ürünün yerine 2010 yılında ne ekildiğini görebilmek mümkündür. Böylece her sınıf için ayrı ayrı değişimin hangi yönde olduğunu görebilmekteyiz.



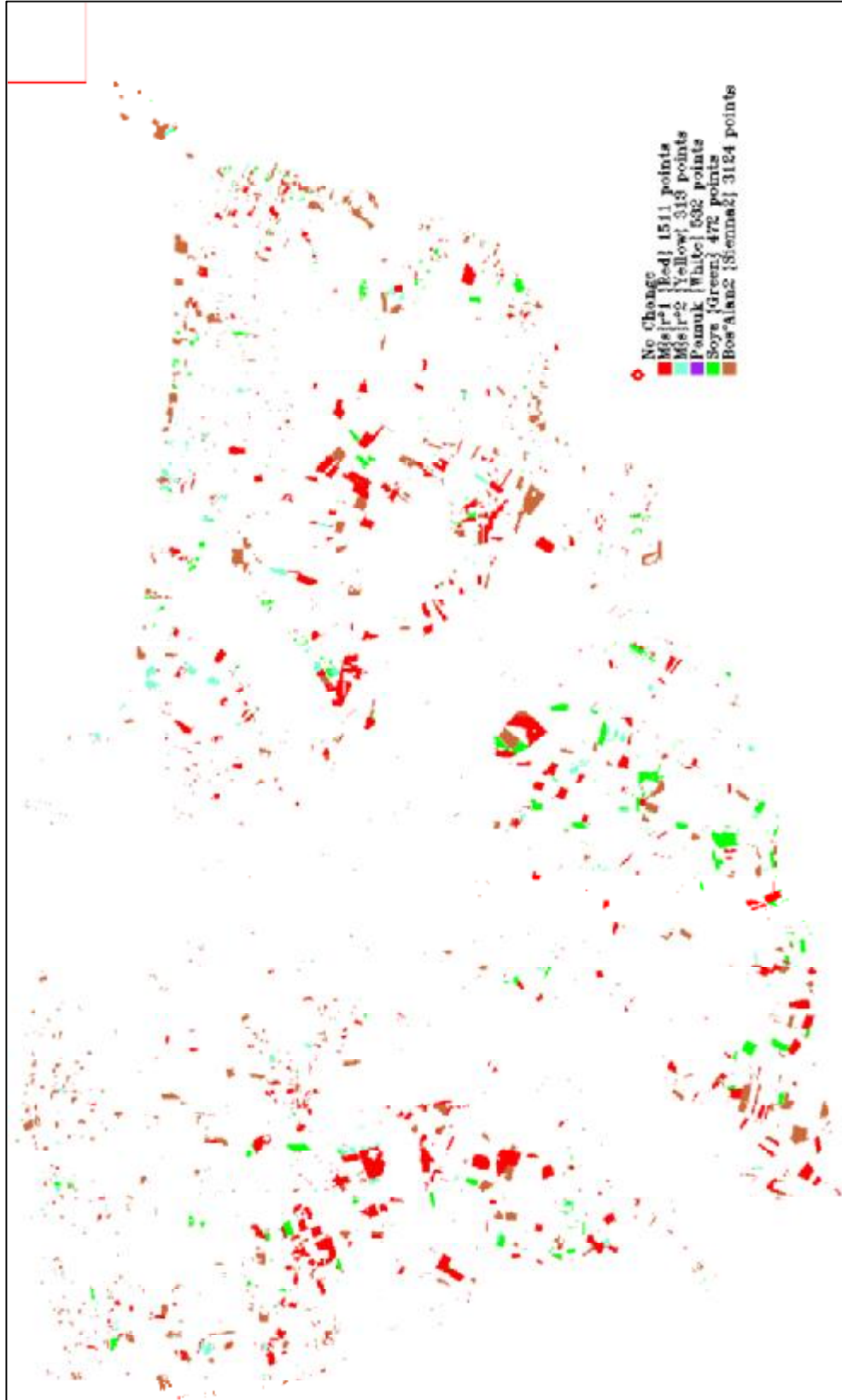
Şekil 4.22. Mısır_1 değişim haritası



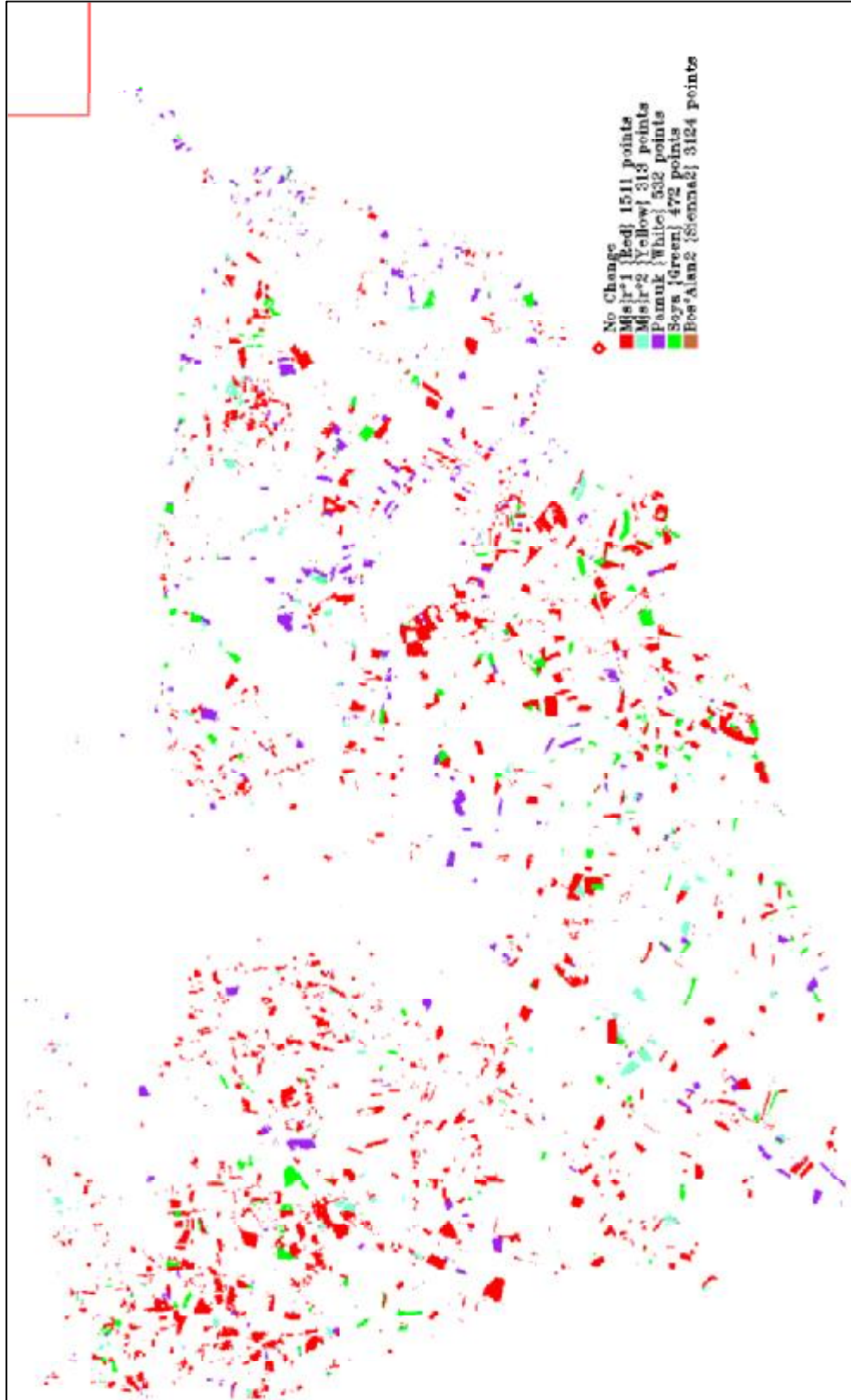
Şekil 4.23. Mısır_2 değişim haritası



şekil 4.24. Soya değişim haritası



Şekil 4.25 Pamuk değişim haritası



Şekil 4.26. Boş Alan değişim haritası

En son aşamada ise çalışmaya konu olan ürünlerin 2006 yılı ile 2010 yılındaki değişim matrisleri oluşturulmuştur (Çizelge 4.32, Çizelge 4.33, Çizelge 4.34).

Çizelge 4.32. Değişim matrisi (piksel)

	Pixel Counts	2006						
		Mısır_1	Mısır_2	Soya	Pamuk	Bos Alan_2	Row Total	Class Total
2010	Mısır_1	116357	26269	4111	26905	55729	229371	246342
	Mısır_2	8001	8004	505	4264	6231	27005	29486
	Pamuk	15803	8816	1044	22454	13505	61622	67830
	Soya	15966	10046	1426	8036	10349	45823	49620
	Meyve_Agac	37732	19197	3728	25729	57304	143690	347116
	Bos Alan2	56642	17837	1983	22100	107176	205738	241203
	Yerlesim	7662	1775	547	3914	33018	46916	184962
	Su	29	45	4	35	65	178	7301
	Class Total	258192	91989	13348	113437	283377	0	0
	Class Changes	141835	83985	11922	90983	176201	0	0
	Image Difference	-11850	-62503	36272	-45607	-42174	0	0

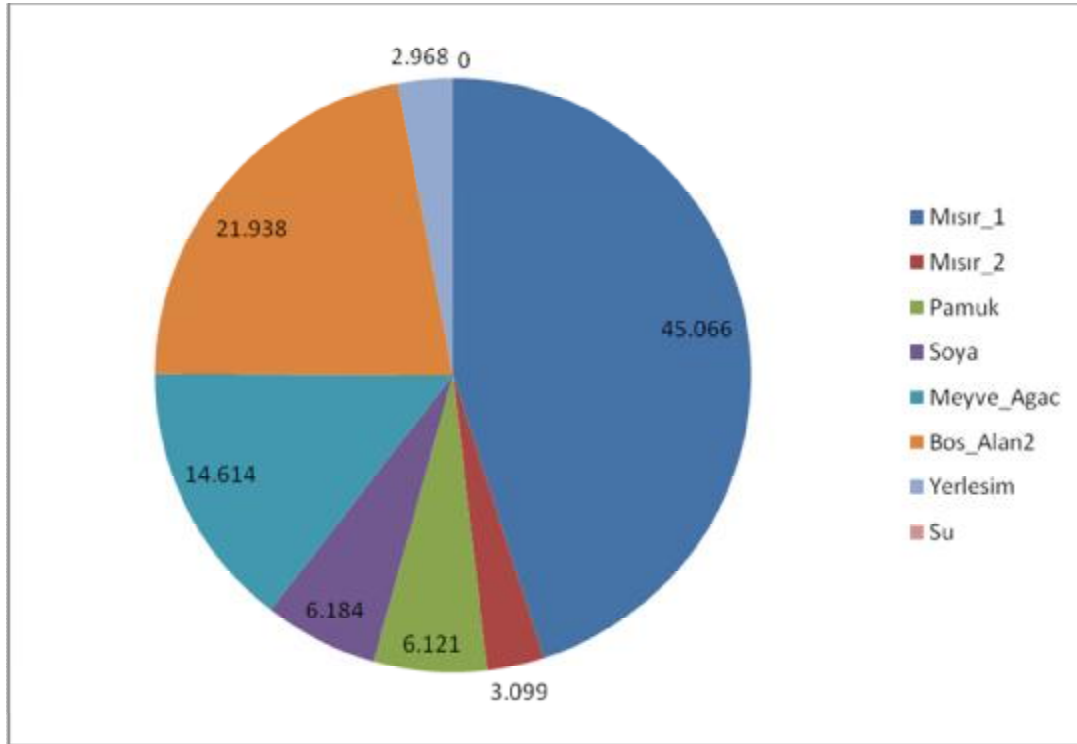
Çizelgelerdeki sütunlar 2006 yılı, satırlar ise 2010 yılı verilerini temsil etmektedir. Sütunlara sadece çalışma konusu olan mısır, pamuk, soya ve boş alanların verileri alınırken, satırlarda, yani son durumu temsil eden 2010 verisinde tüm sınıflar gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Değişim matrisi (yüzde)

	2006						
	Mısır_1	Mısır_2	Soya	Pamuk	Bos_Alan_2	Row Total	Class Total
2010	Mısır_1	45.066	28.557	30.799	23.718	19.666	93.111
	Mısır_2	3.099	8.701	3.783	3.759	2.199	91.586
	Pamuk	6.121	9.584	7.821	19.794	4.766	90.848
	Soya	6.184	10.921	10.683	7.084	3.652	92.348
	Meyve_Agac	14.614	20.869	27.929	22.681	20.222	41.395
	Bos_Alan2	21.938	19.390	14.856	19.482	37.821	85.297
	Yerlesim	2.968	1.930	4.098	3.450	11.652	25.365
	Su	0.011	0.049	0.030	0.031	0.023	2.438
	Class Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000
	Class Changes	54.934	91.299	89.317	80.206	62.179	0.000
	Image Differen ce	-4.590	-67.946	271.741	-40.205	-14.883	0.000

Sınıflar arası değişimler tek tek incelendiğinde değişikliği en az olan ürünün mısır_1 olduğu görülmektedir. Değişimin en fazla olduğu ürün ise mısır_2 olarak gerçekleşmektedir.

Mısır_1 ürünü için değişimin yönünü incelersek, çalışma konusu ürünlerden %3.099 oranında mısır_2, %6.121 pamuk, %6.184 soya ve % 21.938 oranında boş alana yönelim vardır. Buna göre en fazla yönelim boş alana doğru gerçekleşmiştir. Boş alan olarak sınıflandırılan yerler ise hububat ekildikten sonra boş bırakılan ya da karpuz veya sebze olarak ekildikten sonra boş kalan yerlerdir (Şekil 4.27).

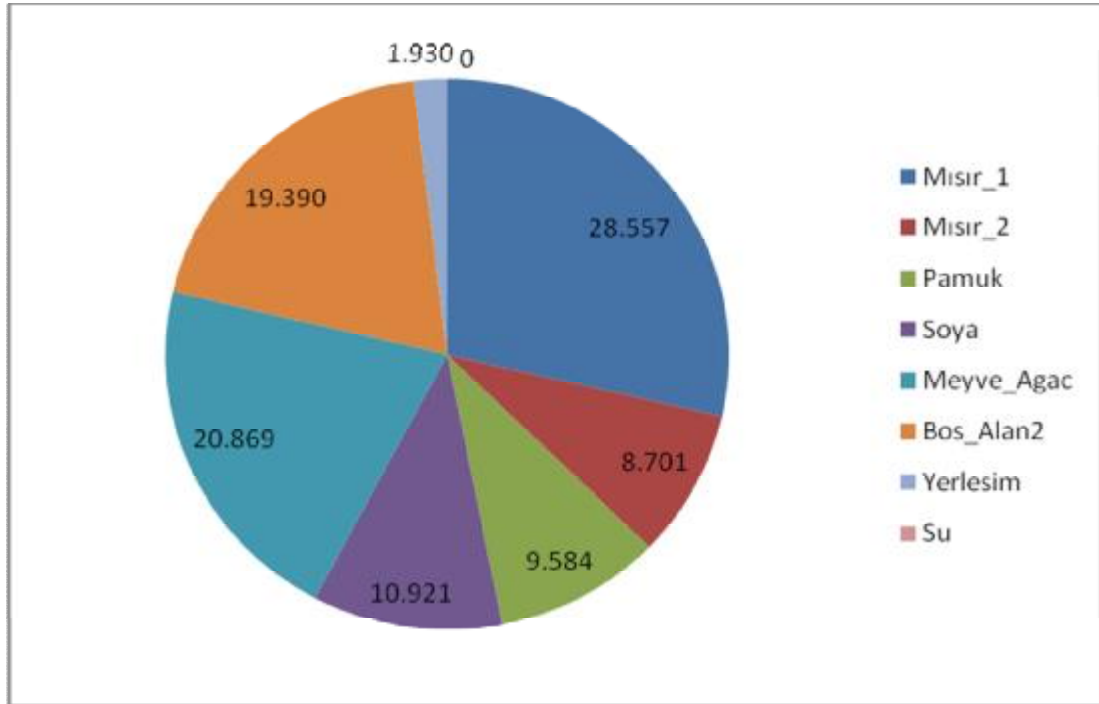


Şekil 4.27. 2006-2010 Yılları Arası Mısır-1 Ekili Alanların Değişim Grafiği

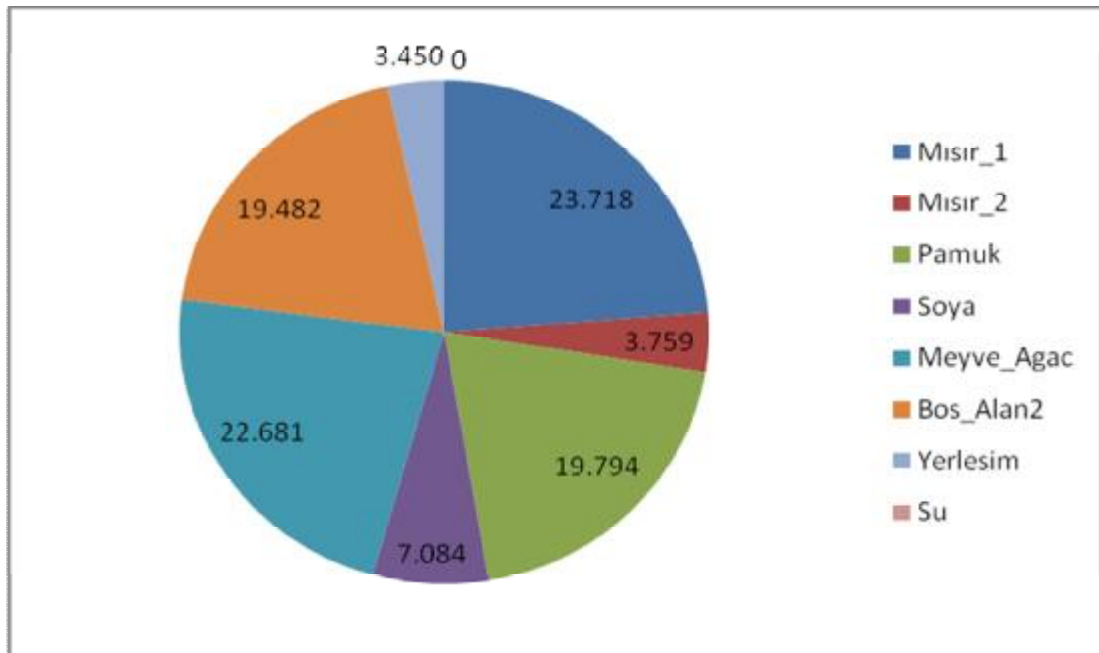
Mısır_2 ürünü için %28.557 ile en fazla yönelim Mısır_1 ürününe olmuştur. Bu ürünü %19.390 ile boş alanlar, %10.921 ile soya ve % 9.584 ile pamuk takip etmektedir (Şekil 4.28).

Soya incelendiğinde, 2006 yılından 2010 yılına gelindiğinde %30.799 oranında mısır_1 e yönelmiş olduğu görülür. %14.856 boş alan, %7.821 pamuk ve %3.783 oranında mısır_2 ürünlerine yönelim vardır (Şekil 4.30).

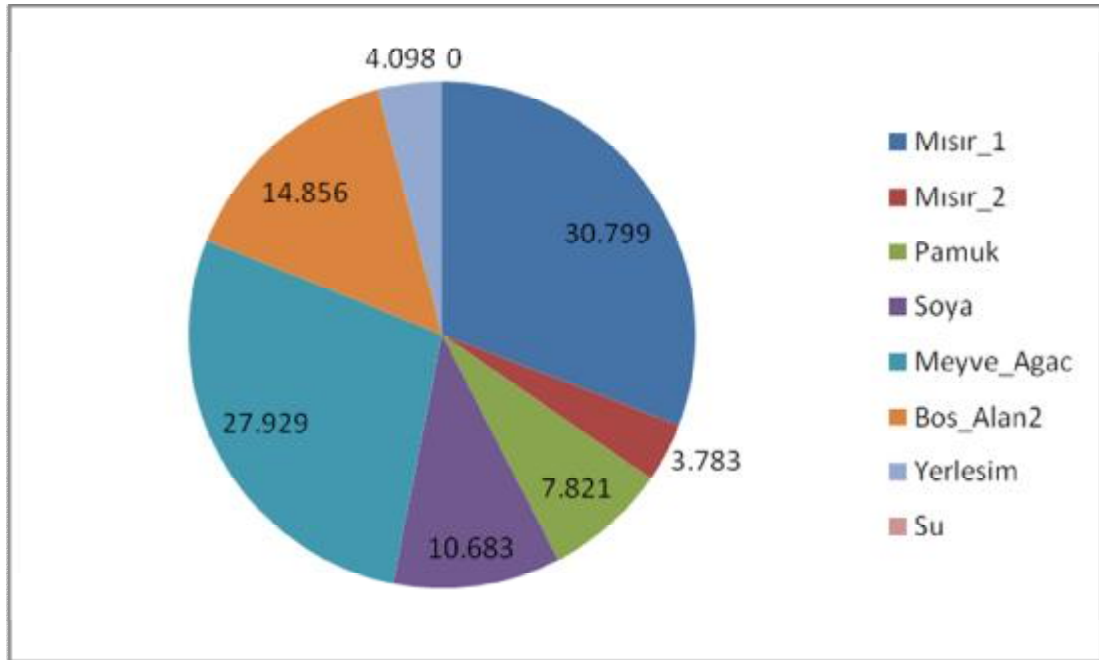
Çalışmaya konu son ürün olan pamuk için çizelgeyi incelediğimizde bu üründen mısır_1 e yönelimin %23.718 ile başı çekmekte olduğunu görmekteyiz. Bunu %19.482 ile boş alan, %7.084 ile soya ve %3.759 ile mısır_2 izlemektedir (Şekil 4.29).



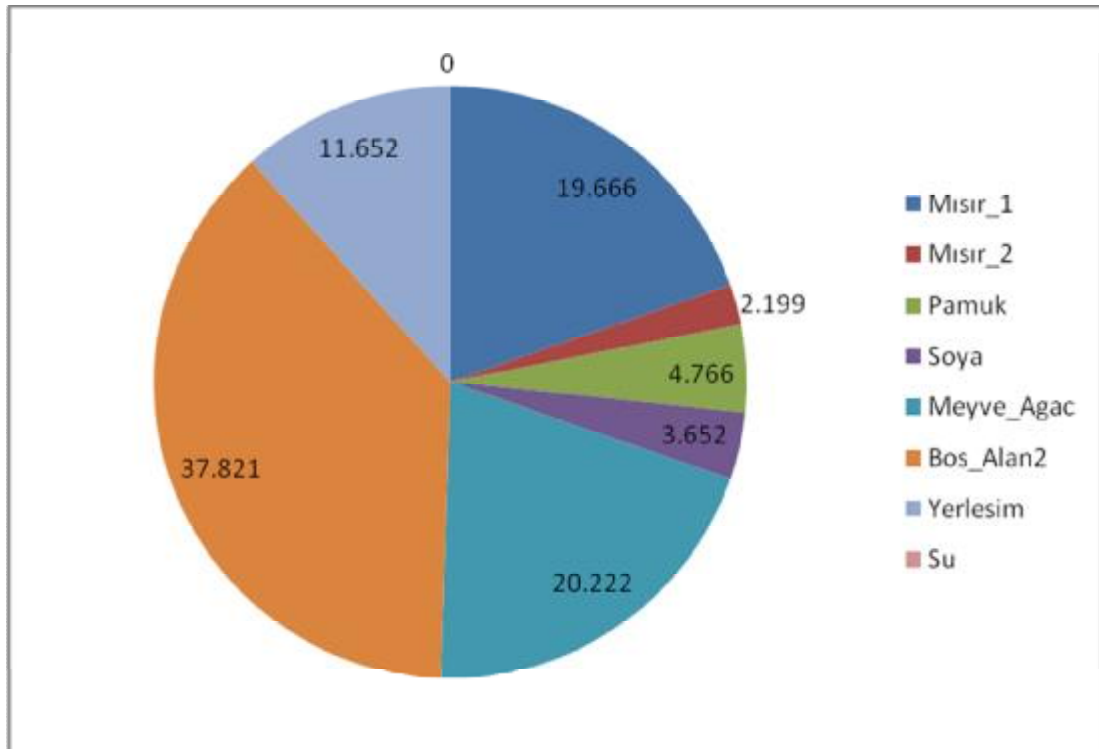
Şekil 4.28. 2006-2010 Yılları Arası Mısır-2 Ekili Alanların Değişim Grafiği(%)



Şekil 4.29. 2006-2010 Yılları Arası Pamuk Ekili Alanların Değişim Grafiği (%)



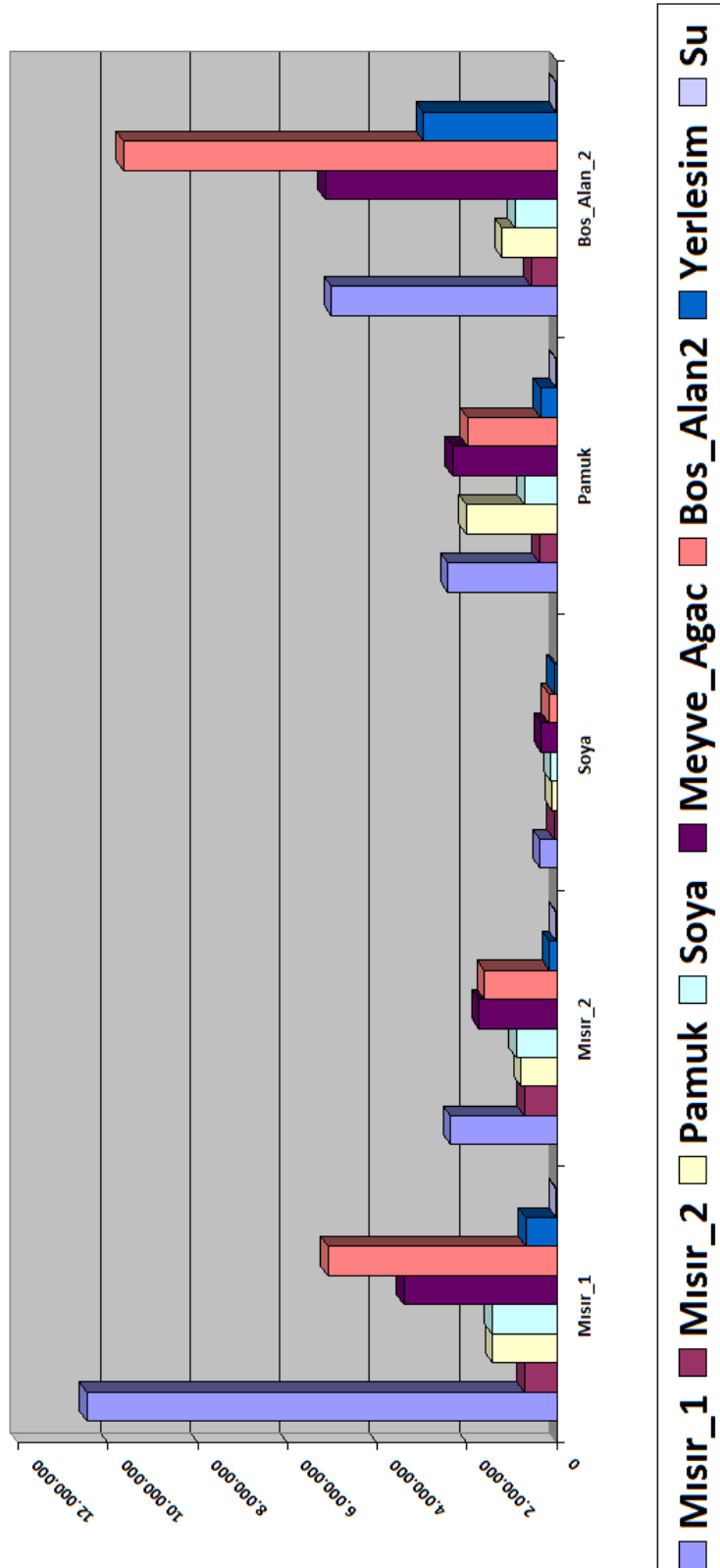
Şekil 4.30. 2006-2010 Yılları Arası Soya Ekili Alanların Değişim Grafiği (%)



Şekil 4.31. 2006-2010 Yılları Arası Boş Alanların Değişim Grafiği (%)

Çizelge 4.34. Değişim matrisi (hektar)

		2006						
		Mısır_1	Mısır_2	Soya	Pamuk	Bos_Alan_2	Row Total	Class Total
2010	Mısır_1	10472.130	2364.210	369.990	2421.450	5015.610	20643.390	22170.780
	Mısır_2	720.090	720.360	45.450	383.760	560.790	2430.450	2653.740
	Pamuk	1422.270	793.440	93.960	2020.860	1215.450	5545.980	6104.700
	Soya	1436.940	904.140	128.340	723.240	931.410	4124.070	4465.800
	Meyve_Agac	3395.880	1727.730	335.520	2315.610	5157.360	12932.100	31240.440
	Bos_Alan2	5097.780	1605.330	178.470	1989.000	9645.840	18516.420	21708.270
	Yerlesim	689.580	159.750	49.230	352.260	2971.620	4222.440	16646.580
	Su	2.610	4.050	0.360	3.150	5.850	16.020	657.090
	Class Total	23237.280	8279.010	1201.320	10209.330	25503.930		
	Class Changes	12765.150	7558.650	1072.980	8188.470	15858.090		
	Image Difference	-1066.500	-5625.270	3264.480	-4104.630	-3795.660		



Şekil 4.32. 2006-2010 Yılları Arasında Sınıfların Alansal Değişim Grafiği()

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma sonunda 2006 yılı ve 2010 yılında çalışma bölgesinde ekili olan mısır 1. Ürün, mısır 2. Ürün, pamuk ve soya bitkilerinin birbirleri ile bu yıllar arasında olan değişimleri oransal ve alansal olarak ortaya konmuştur. Bu bitkiler dışında boş alanların bu bitkiler ile olan değişimi de gözlemlenmiştir. Çalışma bölgesi olan Yüreğir ve Seyhan ilçeleri ülkemizin en verimli bölgelerinden biri olan Çukurova'nın büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Hem Seyhan hem de Ceyhan nehirleri tarafından sulanan bu bölge neredeyse engebesiz yapısı ve verimli toprakları ile çok büyük bir tarımsal potansiyele sahiptir. Bu faktörler göz önüne alındığında yılda birden fazla ürün yetiştirilebilen bu bölgedeki boş alanlar çalışma zamanı olan Ağustos ayından önce hasat edilmiş bölgeleri temsil etmektedir.

Boş alanlarında değişimi dahil edildiğinde çalışma konusu ürünlerin 2006 yılı ve 2010 yılında kapladıkları alanlar ve birbirlerine dönüşüm oranları hesaplandığında Mısır_1 ürünü için, çalışma konusu ürünlerden %3.099 oranında mısır_2, %6.121 pamuk, %6.184 soya ve % 21.938 oranında boş alana yönelim vardır. Buna göre en fazla yönelim boş alana doğru gerçekleşmiştir. Boş alan olarak sınıflandırılan yerler ise hububat ekildikten sonra boş bırakılan ya da karpuz veya sebze olarak ekildikten sonra boş kalan yerlerdir.

Mısır_2 ürünü için %28.557 ile en fazla yönelim Mısır_1 ürününe olmuştur. Bu ürünü %19.390 ile boş alanlar, %10.921 ile soya ve % 9.584 ile pamuk takip etmektedir.

Soya incelendiğinde, 2006 yılından 2010 yılına gelindiğinde %30.799 oranında mısır_1 e yönelmiş olduğu görülür. %14.856 boş alan, %7.821 pamuk ve %3.783 oranında mısır_2 ürünlerine yönelim vardır.

Çalışmaya konu son ürün olan pamuk için çizelgeyi incelediğimizde bu üründen mısır_1 e yönelimin %23.718 ile başı çekmekte olduğunu görmekteyiz. Bunu %19.482 ile boş alan, %7.084 ile soya ve %3.759 ile mısır_2 izlemektedir.

Sınıflandırma sonrası sonuçlara bakıldığında, 2006 ve 2010 yılları arasında Mısır 1. Ürün en çok ekili ürünlerin başında gelmektedir. Mısır bitkisinin karlılığı, bölgenin iklim koşullarının bu bitkinin verimliliğini yüksek tutması, destek

politikaları gibi sebeplerden dolayı üretici tarafından tercih edilen bir üründür. Tüm bu sebepler bir araya geldiğinde TÜİK verilerine göre dane mısır üretiminin %20 den fazla miktarı sadece bu bölgede yetişmektedir. Bölgede mısırı işleyerek endüstride kullanılır hale getiren girişimlerin giderek artması bölgede bu ürünün ekili ürünler arasındaki liderliğini sürdürecektir olmasının bir göstergesi kabul edilebilir.

Pamuk bitkisinin ekili alan bazında 2006 ile 2010 yılları arasında düşüş yaşadığı gözlemlenmiştir. Çalışma dışındaki istatistikler incelendiğinde ise 2006 yılından sonra gelen düşüşün ara yıllarda devam ettiği ancak 2010 yılına gelindiğinde yeniden yükselişe geçtiği tespit edilmiştir. Bu düşüşün ana nedenlerinden birinin mekanizasyon olduğu düşünülmektedir. Mısır gibi bitkilerin insan gücü gerektirmeden makineler aracılığı ile yürütülen yetiştirme ve biçme süreçleri pamuk için daha zor uygulanabilir ve verim konusunda istenen noktaya gelememiş yöntemlerdir. Ancak verilen destekler ve uluslararası piyasalarda bu ürüne olan talebin artması ile ilerleyen yıllarda ekili alan miktarının ve üretimin artacağı öngörülmüştür.

İncelenen tüm ürünler arasında ekili alan artışı oransal olarak en fazla soyada gerçekleşmiştir. Yaklaşık olarak 4 katına çıkan soya ekili alanı, bölgede ürüne olan ilginin gitgide artmakta olduğunu göstermiştir.

Ekili ürün olmaması nedeniyle çalışmaya konu olmayan ancak sınıflandırmalar sonrasında, detaylı olmasa da, kaplanan alan bilgisi ortaya çıkan meyve ağaçlarının ise hem çalışma sonucunda hem de incelenen istatistiklerde bölgede %50 civarında alan artışı gösterdiği ortaya çıkmıştır. Üretim sürecinde gelişen tekniklerle niteliği artan bu ürünlerin dış piyasalarda talep edilmeleri sebebiyle üretici tarafından tercih edilirliliği artmaktadır. Bu konuda daha detaylı çalışmalar yapabilmek için ise çalışmada kullanılan uydu görüntülerinden daha yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılmalıdır. Ayrıca CBS tabanlı yöntemleri de beraberinde kullanarak, bölge için giderek önemi artan meyvecilik için nitelikli çalışmalar ortaya konulabilir.

Çalışmada sulama birliği haritaları yer gerçeği verisi için kullanılmıştır. Çalışma sırasında dikkat edilen hususlardan bir tanesi de bu haritalar üzerindeki bölünmenin çeşitli sebeplerden dolayı oldukça fazla olmasıdır. Tahminen miras paylaşımı sebebiyle git gide küçülen tarım alanlarının, her kişinin farklı ürüne yönelmesinden

dolayı sınıflandırma sürecinde zorluklar ortaya çıkmıştır. Yersel çözünürlüğü daha yüksek görüntüler kullanılarak aşılabilecek bu sorunun, tarımsal işletmelerin verimleri konusunda da sorun çıkarttığı düşünülmektedir. Küçük alanlarda yan yana bulunan araziler üzerine çok farklı bitkileri ekmenin, bu bitkileri gelişim, hastalıklar ve verim yönünden olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir. Bir arazi toplulaştırması veya bölgeye ekilecek ürünlerin belirlenmesi için bir karar destek mekanizmasının kurulması gerekliliği yapılabilecek öneriler arasındadır.

Çalışmada değişim tespiti yöntemleri incelenerek ekili alanların değişimi için bir uygulama yapılmış ve bu yöntemlerin daha sayısız uygulama alanı olduğu vurgulanmıştır. Ancak bir üstteki paragrafta önerilen karar destek sistemine entegre edilmiş bir bitki ve toprak değişimi izleme modülünün bu sistemi çok daha verimli kılacağı düşünülmektedir. Ürün ekimi kararını alırken yıllar içinde toprak yapısı, bitki türleri, bu bitkilerin sağlık durumu değişimlerini uzaktan algılama ile izleyebilecek sistemler kurulabilir.

Çalışma sırasında değişim tespiti üzerine birçok kaynak incelenmiş ve değişim tespiti yöntemleri ve uygulamaları detaylı şekilde araştırılmıştır. Değişim tespitin tarımsal çalışmalar dışında, kentleşme, sanayi bölgeleri, hava kirliliği, orman ve bitki örtüsü, deniz ve okyanus, afet ve yangın gibi birçok alanda teorik ve pratik düzeyde gitgide artan hızda uygulamalara sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmaların birçoğunun yabancı dilde oluşu nedeniyle bu konuda çalışmaya başlayacak araştırmacıların hızlı şekilde değişim tespiti yöntemleri üzerinde bilgilere ulaşması gerekliliği düşünülürse bu çalışmanın iyi bir başlangıç noktası olması beklenmektedir.

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, 208–22
- 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.
- BARRET, E.C., 1976, *Introduction To Environmental Remote Sensing*, Chapman And Hall, London, P.P. 336
- BIGING, G. S., CHRISMAN, N. R., COLBY, D. R., CONGALTON, R. G., DOBSON, J. E., FERGUSON, R. L., GOODCHILD, M. F., JENSEN, J. R., and MACE, T. H., 1999, Accuracy assessment of remote sensing-detected change detection. *Monograph Series*, edited by S. Khorram, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), MD, USA.
- CANTY M. J., 2010, *Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing, with Algorithms for ENVI/IDL (2. b.)*, CRC Press.
- CCRS (CANADA CENTER FOR REMOTE SENSING), 2003, *Fundamentals Of Remote Sensing*, Canada
- CHAVEZ, P.S.JR, 1996, Image-based atmospheric corrections—revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 1025–1036.
- 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.

- COPPIN, P. R., and BAUER, M. E., 1996, Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote Sensing Reviews*, 13, 207–234.
- CIVCO, D. L., 1989, Topographic normalization of Landsat Thematic Mapper digital imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, 1303–1309.
- 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.
- 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.
- ERDAS FIELD GUIDE, Seven Edition , Erdas Inc. , Atlanta, Usa, 2003.
- EROL, H., 2005, A Method For Statistical Data Fusion On Paper-Field Basis, . *International Journal Of Remote Sensing*, 26, 3309- 3319
- EROL, H., AKDENIZ, F., 1995, A Statistical Approach For Ground Cover Modelling According To The Spectral Brightness. *International Journal Of Remote Sensing*, 16, 1599–1616.
- EROL, H., AKDENIZ, F., 1996, A Multispectral Classification Algorithm For Classifying Parcels In An Agricultural Region. *International Journal Of Remote Sensing*, 17, 3357–3371.
- EROL, H., AKDENIZ, F., 1998, A New Supervised Classification Method For Quantitative Analysis Of Remotely Sensed Multispectral Data. *International Journal Of Remote Sensing*, 19, 775–782.
- EROL, H., 2000, A Practical Method For Constructing The Mixture Model For A Spectral Class, *International Journal Of Remote Sensing*, 21, 823-830
- FUNG, T., 1990, An assessment of TM imagery for land-cover change detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28, 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.
- 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., 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.
- 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.
- JENSEN, J. R., 1996, *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).
- JENSEN, J. R., and TOLL, D. L., 1982, Detecting residential land use development at the urban fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48, 629–643.
- JONG, S. M. and MEER F., 2001, *Remote Sensing image analysis: including the spatial domain*, Dordrecht, Springer.
- 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 change-vector analysis in multitemporal space at coarse spatial scales. *International Journal of Remote Sensing*, 15, 2099–2119.
- 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.

- 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.
- LILLESAND, T., KIEFER, R. W., & CHIPMAN, J. W. ,2004, *Remote Sensing and Image Interpretation* (5 b.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- 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.
- LU, D., MAUSEL, P., BRONDÍZIO, E. and MORAN, E.(2004) 'Change detection techniques', *International Journal of Remote Sensing*, 25: 12, 2365 — 2401
- MAKTAV, D., SUNAR, F., 1991. *Uzaktan Algılama: Kantitatif Yaklaşım*. Hürriyet Ofset A.Ş. Çeviri Kitap.
- MARKHAM, B.L. ve BARKER, J.L. (1987), Thematic Mapper Bandpass Solar Exatmospheric Irradiances, *International Journal of Remote Sensing*, 8:3, 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
- MEYER, P., ITTEN, K. I., KELLENBERGER, T., SANDMEIER, S., and SANDMEIER, R., 1993,Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data inalpine environment. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48, 17–28.
- NASA,2003, The Remote Sensing Tutorial [online], <http://rst.gsfc.nasa.gov> [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2010]
- ORUÇ, M. (2004). *Uzaktan Algılamada Görüntü Sınıflandırması ve Doğruluk Değerlendirmesi*. [Online], http://jeodezi.karaelmas.edu.tr/linkler/akademik/marangoz/marangoz_files/DersNotlari/UZALG/UZALG_07B.pdf [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2010]
- ÖZDEN, D. M. ,2000, *Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımının Belirlenmesi*.

- 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.
- 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.
- ROGAN, J., and YOOL, S. R., 2001, Mapping fire-induced vegetation depletion in the Peloncillo Mountains, Arizona and New Mexico. *International Journal of Remote*
- SABINS, F. ,1997, *Remote Sensing Principles and Interpretation* (3 b.). Newyork: W.H.Freeman and Company.
- SCHOWENGERDT, R.A., 1997. *Remote Sensing: Models And Methods For Image Processing*. Academic Press, San Diego.
- SESÖREN, A., 1999, *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*, Mart Matbaası.
- SHORT, N., ,2009, *The Remote Sensing Tutorial*, National Aeronautics And Space Administration
- SIMONETT, D.S., *The Development and Principles of Remote Sensing*, Manual of Remote Sensing, 1-35
- SINGH, A., 1989, Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989–1003.
- 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.
- 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.
- UHUZAM. ,2003, UZAKTAN ALGILAMA. 12 01, 2009 tarihinde İTÜ Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi : <http://www.cscrs.itu.edu.tr/page.tr.php?id=10> adresinden alındı
- USGS, 2010, Earth Resources Observation and Science Center (EROS) [online], <http://glovis.usgs.gov>. [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2010]

- USGS, 2010, Land Remote Sensing Program [online], <http://remotesensing.usgs.gov/index.php> [Ziyaret Tarihi :15 Aralık 2010]
- USGS, 2010, Landsat-5 Mission [online], http://landsat.usgs.gov/about_lansat5.php [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2010]
- UZAKTAN ALGILAMA LİSANÜSTÜ YAZ OKULU, 1986, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enst, Adana
- VERBYLA, D. L. 1995. Satellite Remote Sensing of Natural Resources. CRC Press. Boca Raton, FL.
- 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.
- 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.
- 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.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında doğdu. Lisans derecesini ODTÜ matematik bölümünde 2004 yılında aldı. 2006 yılında Türkiye İstatistik Kurumunda uzman yardımcısı olarak göreve başladı. 2010 yılında aynı kurumda uzmanlık tezini yazarak TÜİK Uzmanı unvanını aldı. Halen aynı kurumda görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.