



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HOTAMIŞ GÖLÜ ÇEVRESİNİN ARAZİ KULLANIMININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA ZAMANSAL ANALİZİ

Elif KIRTILOĞLU

YÜKSEK LİSANS

Şubat-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Elif KIRTILOĞLU

20.02.2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HOTAMIŞ GÖLÜ ÇEVRESİNİN ARAZİ KULLANIMININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA ZAMANSAL ANALİZİ

Elif KIRTILOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan KARABÖRK

2014, 87 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hakan KARABÖRK

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

Doç. Dr. Semih EKERCİN

Uzaktan algılama kavramı genel anlamda bir nesne ya da olgu hakkında, nesneye herhangi bir fiziksel temas olmaksızın bilgi edinme olarak açıklanabilmektedir. Bu kavram günümüzde genellikle yeryüzü ve yeryüzü üzerindeki nesneler hakkında doğru ve hassas bilgilere ulaşmak için kullanılan uydu alıcı teknolojilerini ifade etmektedir. Uzaktan algılama teknolojileri farklı konumsal ve spektral çözünürlüklerde, değişik zaman aralıklarında yeryüzünü görüntüleyebilme kabiliyetine sahip olduğundan bu bilgilerin elde edilmesinde önemli bir kaynak durumundadır. Bu geniş çalışma alanı içerisinde uzaktan algılamanın en yoğun olarak kullanıldığı alan, arazi örtüsü ve arazi kullanımının belirlenmesidir. Arazi örtüsü değişiminin konumu ve dağılımının izlenmesi, insanların çevre üzerine etkilerinin araştırılması ve gelecekteki arazi kullanımı aktiviteleri arasındaki bağlantının belirlenebilmesi için oldukça önemlidir. Uydular aracılığı ile elde edilen verilerden arazi örtüsü ve kullanımına ait öznitelik bilgilerinin çıkarımı ve tematik haritalarının üretiminde en sık kullanılan yöntem, farklı özelliklere sahip yeryüzü nesnelerinin sınıflandırılmasıdır. Bir bölgeye ait farklı zamanlarda elde edilen uydu görüntülerinden yararlanılarak sınıflandırma algoritmaları yardımıyla değişimlerin izlenmesi mümkün olmaktadır.Landsat verisi küresel ölçekte, orta mekânsal çözünürlükte, yeryüzüne ait yer gözlem verisinin en uzun süreli kaydını oluşturmaktadır. Bunun bir sonucu olarak geniş çalışma bölgelerinde yürütülen orta mekânsal çözünürlüklü (10-50m) uydu görüntüleri kullanan arazi örtüsü değişim izleme çalışmaları için geliştirilen mevcut yöntemler genellikle Landsat verisinin kullanımı üzerinedir.

Bu tez çalışmasında İç Anadolu Bölgesinde, Konya ili sınırları içerisinde yer alan Hotamış Gölü'nün son 35 yıl içerisinde değişiminin izlenmesi ve bu değişimin gölü çevreleyen alanlarda arazi kullanımı ve yeryüzü örtüsünde meydana getirdiği etkilerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Hotamış Gölü'nün su gövdesi zaman içerisinde sürekli değişken bir karakteristiğe sahip olup zaman zaman taşarak çevre köylerde tarımsal ve ekili alanları kullanılamaz hale getirmiş, zaman zaman çekilerek yeni tarımsal ve ekilebilir alanların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Buradaki temel amaç Hotamış Gölü ve çevresinin

arazi kullanımının uzaktan algılama teknikleri ve coğrafi bilgi sistemi araçları kullanılarak zamansal analizinin gerçekleştirilmesidir.Uygulamada 12 Eylül 1975 tarihli Landsat MSS görüntüsü, 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 02 Temmuz 1987, 25 Ekim 1988, 16 Ağustos 1989, 08 Haziran 1990, 11 Nisan 1998, 02 Eylül 1998 tarihli Landsat TM görüntüleri, 11 Mayıs 2000, 16 Eylül 2000, 17 Mayıs 2002 tarihli Landsat ETM görüntüleri, 1993 tarihli SPOT 2 görüntüsü, 1976 ve 1979 tarihli CORONA görüntüleri kullanılmıştır. Landsat uydu görüntülerisınıflandırma işlemleri için SPOT ve CORONA uydu görüntüleriise sınıflandırmanın eğitim verilerinin seçiminde kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemleri sonucunda yapılan doğruluk analizi işlemlerinde genel doğruluk değerleri %91.06-72.76aralığında, genel Kappa istatistik değerleri ise 0.6146-0.8725 aralığında elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 1975 yılından 2010 yılına kadar geçen süreçte göl alanının tamamen kuruduğu ve sulanan tarım arazilerinin yaklaşık on kat büyüdüğü tespit edilmiştir. Göl alanındaki azalış iklim parametreleri ile açıklanamamaktadır. Bu durum gölün beşeri sebepler ile yok olduğunu göstermektedir. Yer altı suyuna dayalı yapılan vahşi sulama bölgenin önemli bir sorunudur. Sulanan tarım alanlarının yüksek oranlarla artışı sulama fazlalığına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı, Hotamış Gölü,Landsat, sınıflandırma, uydu görüntüsü, uzaktan algılama, zamansal analiz.

ABSTRACT

MS THESIS

GEO-TEMPORAL ANALYSIS OF HOTAMIS LAKE AND SURROUNDING WITH THE HELP OF SATELLITE IMAGERY

Elif KIRTILOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCEOF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN GEOMATICS ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan KARABÖRK

2014,87Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Assoc. Prof. Dr. Semih EKERCİN

Remote sensing is the acquisition of information about an object or phenomenon without making physical contact with the object. In modern usage, the term remote sensing generally refers to the use of satellitesensorto achieve accurate information about Eart or objects on Earth Having a capability of monitoring the Earth's surface at various spatial and temporal scales, the remote sensing technology is the only source providing suchinformation.Within this wide application area determination of land cover and land use information has been is the most concentrated issue in remote sensing fieldMonitoring the locations and distributions of land-cover changes is important for establishing links between the effects of human activities on environment and future land use activities.The extraction of attribute information and thematic layers of land use/cover from the data obtained by satellites, the most frequently used method is the classification of ground objects with different characteristics. Using multidate satellite imagery of a region makes possible to monitoring changes with the help of different classification algorithms. Landsat data constitute the longest record of global-scalemediumspatial resolution earth observation data. As a result, the current methods for large area monitoring of land cover change using medium spatial resolution imagery (10–50 m) typically employ Landsat data.

The aim of this study is to monitor the changes of Hotamış Lake which is located within Konya province in Central Anatolia region for past 35 years and to analyze the effects of these changes on

surrounding areas in terms of land use and land cover. The Hotamış Lake water body has revealed a contuniously varying characteristics over time. The main objective of this study is to realize temporal and spatial analysis of Hotamış Lake and surrounding land cover and land use by integrating remote sensing techniques and geographical information system tools. For analysis and classification processes multidate Landsat MSS image of 12 September 1975, Landsat TM images of 10 April 1986, 15 May 1987, 02 July 1987, 25 October 1988, 16 August 1989, 08 June 1990, 11 April 1998, 02 September 1998, Landsat ETM images of 11 May 2000, 16 September 2000, 17 May 2002, SPOT image of 1993, and CORONA images of, 1976 ve 1979 were used.WhileLandsat multidate images have been used for classification, SPOT and CORONA images have been used for producing trainig data set. The overall detection accuracy and overall Kappa values are ranged %91.06-72.76 and 0.6568-0.8725 respectively. The analysis that have been realized for 1975 and 2000 time period showed the water body of Hotamis Lake has been completely dry and agriculture areas growed in this time period about ten times. The decrease in the lake water body can not be explained by climatic parameters and can be explained by human reasons. The major problem in this area is violent irrigation based on groundwater resources. The high rate of increase in irrigated land refers to irrigation excess.

Keywords: Classification, Hotamis Lake, Landsat, Land use, remote sensing, satellite imagery, temporal analysis.

ÖNSÖZ

"Hotamış Gölü Çevresinin Arazi Kullanımının Uydu Görüntüleri Yardımıyla Zamansal Analizi" başlıklı bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez konusu seçim aşamasından çalışmanın tamamlanmasına kadar geçen süreçte, çalışmalarımla yakından ilgilenen, sabırlı ve yol gösterici tutumuyla beni her konuda destekleyen sayın tez danışmanım Doç. Dr. Hakan KARABÖRK'e, tezin sonuçlanmasında destek ve emeklerini esirgemeyen jüri üyelerim sayın Prof. Dr. Ferruh YILDIZ ve sayın Doç. Dr. Semih EKERCİN hocalarıma ve hayatımın her döneminde desteği ile her zaman yanımda olan sevgili eşim Osman Sami KIRTILOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elif KIRTILOĞLU

KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
YÜKSEK LİSANS TEZİ ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
ÖNSÖZ ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**
1 GİRİŞ **1**
2 KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
2.1 Çalışma Bölgesi ile İlgili Önceki Çalışmalar 17
3 UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL ESASLARI **20**
3.1 Uzaktan Algılama 20
3.2 Uzaktan Algılamada Görüntü Analiz Sistemleri 20
3.2.1 Ön işlem 21
3.2.2 Görüntü iyileştirme 22
3.2.3 Görüntü dönüşümleri 24
3.2.4 Görüntü sınıflandırma ve analiz 25
3.3 Görüntü Sınıflandırma 26
3.3.1 Kontrolsüz sınıflandırma 27
3.3.1.1 ISODATA yöntemi 29
3.3.2 Kontrollü sınıflandırma 31
3.3.2.1 En çok benzerlik sınıflandırma algoritması (Maximum likelihood) 34
3.4 Sınıflandırmada Doğruluk Analizi 37
3.5 CORINE Veritabanı 40
4 UYGULAMA **42**
4.1 Çalışma Bölgesi 42
4.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar 43
4.3 Uygulama Aşamaları 44
4.3.1 Arazi örtüsü sınıfları ve eğitim alanlarının belirlenmesi 45
4.3.2 Uydu görüntülerinin sınıflandırılması 46
4.3.2.1 Kontrolsüz sınıflandırma 46
4.3.2.2 Kontrollü sınıflandırma 48

4.3.2.3 Doğruluk analizi 53
4.3.3 Normalleştirilmiş bitki endeksi (NDVI) 55
4.3.4 Göl kıyı çizgisinin çıkarımı 60
4.3.5 Göl alanı karşılaştırmaları 63
4.3.6 İklim verilerinin değerlendirilmesi 66
4.3.6.1 Sıcaklık 66
4.3.6.2 Buharlaşma 67
4.3.6.3 Yağış 68
4.3.6.4 Göl su seviyesi verileri 69
4.3.7 İklim verilerinin karşılaştırılması 70
5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77
KAYNAKLAR 81
ÖZGEÇMİŞ 87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
DEM	: Digital Elevation Model
DSİ	: Devlet Su İşleri
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
GD	: Genel Doğruluk
GNNS	: Global Navigation Satellite System
ISODATA	: Iterative Self-Organizing Data Analysis
KOH	: Karesel Ortalama Hata
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSS	: Multispectral Scanner
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
RGB	: Red Green Blue
SPOT	: Satellite PourI'Observation de la Terre
TM	: Thematic Mapper
UA	: Uzaktan Algılama
USGS	: UnitedStates Geological Survey
UTM	: UniversalTransverseMercator
WGS84	: World Geodetic System 1984
WWF	: World Wildlife Fund for Nature
YSS	: Yüksek Su Seviyesi

1 GİRİŞ

İnsan yaşamı açısından son derece önemli olan su kaynaklarının korunması ve yakın çevresindeki arazi kullanımınınuzaktan algılama (UA) teknikleri ve coğrafi bilgi sistemleri(CBS) araçlarıkullanılarak incelenmesi ve analiz edilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Uzaktan algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleriyle, objelerle fiziksel temasa geçilmeksizin, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir (Sesören, 1999).Ayrıca UA yaklaşımları, su kaynakları ile ilgili çalışmalarda karar alabilme ve yönetebilme olanağı sağlamaktadır.

Zamanla değişime uğrayan alanların değişim oranlarının belirlenmesi, geleceğe yönelik akılcı kararlar almada son derece önemlidir. Zamansal değişimlerin tespiti,eski tarihli veriler ile güncel tarihli verilerin karşılaştırılması, incelenmesi, farklarının belirlenmesi yolu ile mümkün olmaktadır. Bu tespitin UAyöntemleri ile yapılması da mümkün ve akılcıdır.Çalışma alanı olarak seçilen Hotamış Gölü, önemli ekolojik alanlar arasında yer almaktadır. Bu çalışmadaUA'nın Hotamış Ovası içerisindeki sulak alan ve bu alanların yakın çevresindeki arazi kullanımı ile ilgili değişimlerin belirlenmesindeki kullanılabilirliği incelenmiştir. Göl seviyesindeki değişimlerin uzaktan algılama ile ortaya konulması amaçlanmıştır.Yöntemin uygulaması için belirli zaman aralıklarında seçilmiş on beş adet uydugörüntüsü, LandsatMSS (Multispectral Scanner) , Landsat TM (Thematic Mapper) ve Landsat ETM (Enhanced Thematic Mapper),ele alınmıştır. Bu görüntüler, 12 Eylül 1975 ile 19 Eylül 2010 zaman aralığını kapsamaktadır. Bütün görüntüler UTM(Universal Transverse Mercator) projeksiyon sisteminde ve WGS84 (World Geodetic System 1984) referans sisteminde rektifiye edilmiş olarak temin edilmiştir. Arazi örtüsü ve arazikullanım sınıflarının çalışma alanı içerisindeki dağılımının yıllara göre değişimininbelirlenmesi hedeflenmiştir. Sınıflandırma çalışması, kontrolsüz sınıflandırma,kontrollü sınıflandırma ve sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesi adımlarınıiçermektedir.

Sınıflandırma işlemi CORINE (Coordination of Information on theEnvironment)veritabanı temel alınarak yapılmıştır. Kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlem adımlarının ardından CORINEveritabanına göre beş sınıf belirlenmiştir. Bunlar; veritabanı kodlarıyla birlikte,2.1.1 Sulanmayan ekilebilir alanlar,

2.1.2 Sürekli sulanan alanlar, 2.3.1 Meralar, 4.1.1 Bataklıklar ve 5.1.2 Su kütlelerisınıflarıdır. Doğruluğun değerlendirilmesi aşamasında her bir görüntü için doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Toplam doğruluk ve Kappa istatistik değeri hesaplanmıştır.Uydu görüntüleri kullanarakbölgenin arazi kullanım alanları tüm görüntüler için tespit edilmiş ve zamansal değişiklikler görsel ve istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Göl alanında meydana gelen bu değişimlerin sebeplerinin araştırılması amacıyla meteorolojik verilerle ilişkileri de ayrıca ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlarla, göl alanının meteorolojik olaylara, hatalı su kullanımına ve yanlış politikalara bağlı olarak çok büyük değişimlere uğradığı ve zamanla tamamen yok olduğu, değişimin öngörülmez olduğu vegöl havzalarında ve çevresindeki arazilerde planlamanın büyük önem arz ettiği görülmektedir.

Konu ve çalışma alanı ile ilgili daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ikinci bölümde detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın temel materyali olanuzaktan algılamanın temel esaslarına üçüncü bölümde değinilmiştir. Dördüncübölüm çalışmada kullanılan materyal ve yöntemleri detaylıca ele almaktave gerçekleştirilen uygulama tanıtılmaktadır.Elde edilen sonuçlarkarşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

UA teknikleri ile elde edilen verilerden yeryüzüne ait bilgilerin türetilmesi ve bu verilerin insan aktivitelerinin büyük bir bölümünde kullanılması, teknolojide yaşanan gelişmelere paralel olarak artış göstermektedir. UA teknikleri geniş alanlara ait bilgileri kısa zamanda ve düşük maliyette sağladığı için, ilgili alanlarda gerçekleştirilen çalışmalar için önemli bir veri kaynağı durumuna gelmiştir. Bu geniş çalışma alanı içerisinde UA'nın en yoğun olarak kullanıldığı alan, arazi örtüsü ve arazi kullanımının belirlenmesidir. Uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılması arazi örtüsü ve/veya arazi kullanımına ait bilgilerinin elde edilmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritaların analizi ve yorumlanması ile yeryüzüne ait bilgilere ulaşmak mümkün olmaktadır. Doğru ve güncel tematik haritaların kullanımı herhangi bir çalışmanın başarı oranını artırabilmektedir. Literatürde 1972'de ilk uydu görüntüsünün elde edilmesinden günümüze kadar birçok sınıflandırma yöntemi geliştirilmiş ve çeşitli derecelerde başarılar elde edilmiştir (Çölkesen, 2009). Bu alandaki çalışmalar son on yılda teknolojik gelişmelere bağlı olarak artmıştır. Bu bağlamda konu hakkında detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilerekyapılan çalışmalar incelenmiş ve kaynaklar kronolojik sırayla ele alınmıştır. UA tekniklerinin yanında çalışma bölgesine ait daha önce gerçekleştirilen çalışmalar da incelenmiş ve bu bölümde yer verilmiştir.

Oetter ve ark. (2000), batı Oregon'da bulunan Willamette havzasının tarımsal alanları ve arazi örtüsünü karakterize etmek amacıyla tek bir yıla ait beş farklı tarihte üretilmiş Landsat TM veri seti kullanmıştır. Uygulamada görüntü çakıştırma işlemi için otomatik yer kontrol nokta seçim programı kullanılmıştır. Radyometrik normalizasyon işlemi orman, yerleşim alanı ve su sınıflarında değişmeyen piksellerin tanımlanmasına dayanan bir yarı otomatik yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Referans veri olarak mevcut veri setlerinden, 1:25.000 ölçekli hava fotoğraflarından ve yardımcı CBS katmanlarındanyararlanılmıştır. Piksel değerlerini belirleyebilmek amacıyla kontrolsüz sınıflandırma algoritması bir mekânsal iklim kural kümesi ve regresyon analizli ile birleştirilerek kullanılmıştır. 20 sınıftan oluşan bir arazi örtüsü haritası üretilmiştir. Sınıflar tarım bitkileri, meyve bahçeleri, orman ve doğal bitki örtüsü çeşitleri ile kentsel yapılaşma yoğunluklarını içermektedir. Yapılan doğruluk analizi sonucunda %26 hata

oranına sahip final haritalar oluşturmuşlardır. Elde edilen haritalar havza için mevcutve gelecek arazi yapısını modellemek için kullanılmaktadır.

Foody (2002),literatürde yaygın olarak kullanılan ve tavsiye edilen sınıflandırma doğruluk analizlerinin arka planını ve yöntemlerini ele almıştır. UA teknikleri ile üretilen tematik haritaların doğruluğunun analiz edilmesi, belgelenmesi ve kullanılması olanaklarını sınırlandıran mevcut 8 temel problem alanını incelemiştir. Gelecekte doğruluk analizleri üzerindeki araştırmalara yardımcı olabilecek olası önerilerin altını çizmektedir.

Randolph(2003),gerçekleştirdiği çalışmada çevre şartları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkileriUA teknikleri kullanarak araştırmıştır. Arazi kullanımı planlaması aşamaları ve yönetimi konusunda yeni bir yöntem ortaya koymuştur.

Al-Abed ve ark. (2004), çalışmalarında Orta Doğu Coğrafyası'nda yer alan Ürdün'ün su kaynaklarının kullanımına yönelik bir model çalışması ele alınmaktadır. Ürdün'ün kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinden oluşmasına ve ülke için su kaynaklarının gelecek açısından ne kadar önemli olduğuna vurgu yapılarak mutlak suretle su kaynaklarının planlamasının ve yönetiminin uygulamaya geçirilmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır. Çalışmada ana modelleme CBS'ye dayanmaktadır.

Aslan veark. (2004),Bursa Karacabey İnkayaGöleti Havzasında, sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak havza karakteristiklerinin belirlenmesini konu alan çalışmalarında CBS yardımıyla, sayısal yükseklik modelleri kullanarak su kaynakları ile eğim ve yön haritalarının, vadi tabanları ve sırtların ve drenaj ağlarının büyüklük, uzunluk ve eğim gibi özelliklerinin, havza ve alt havza özelliklerinin belirlenmesini incelemektedir.

Dobtowolska(2004), Polonya'ya CBS modellemesi ile su kaynakları yönetimi konusuna değinmiş, aktüel hidrografik verilerin elde edilmesinin son derece gerekli olduğuna vurgu yapmıştır. Çalışmasında CBS ile bu çalışmaları yenileyip geliştirerek çevresel ve havza bazında hidrografik modellerinin oluşturulması gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

Kechagias ve Katsifarakis(2004),Yunanistan'ın Kalymos adasında su kaynakları yönetiminin planlanmasını ele almış, farklı araştırmacılara ait modellemeleri kullanarak adanın su potansiyelini ve değişimini ortaya koymuşlardır. Nüfusun yıllar itibariyle

arttığı buna karşılık gerek yer üstü gerekse yeraltı sularının yıllara göre artan ve azalan değişimlergösterdiği ortaya çıkmıştır.

Korkanç (2004),gerçekleştirdiği çalışmadauluslararası havza teriminin tanımlanması ile sulak alan tiplerini ve türlerini ortaya koymaya çalışmıştır. Sulak alanların başlı başına bir ekosistem olmasına dikkat çeken yazar, sulak alanların işlevlerine de değinmiştir.

Oğuz(2004), Houston metropoliten alanı için gerçekleştirdiği bir çalışmada, 1974, 1984, 1992 ve 2002 yıllarına ait uydu görüntülerinden yararlanarak SLEUTH modeli yardımıyla 2030 yılı için alan kullanım öngörüleri geliştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2030 yılına kadar geçen sürede alankullanım değişimlerine bağlı olarak 2000 km^2 orman alanı, 600 km^2 tarım alanı ve 400 km^2 sulak alan kaybı yaşanacağını ortaya koymuştur.

Sudheer ve Jennifer(2004), ArcGIS yazılımı kullanarak, bölgesel kuraklık dağılımını ve tarımsal sulama ihtiyacının modellenmesine odaklanmıştır. Tarımsal bölgesel sulama ihtiyacı ve planlaması toprak, arazi kullanımı, uzun günlük iklim verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Florida'nın toprak ve iklim verilerinin kullanılması ile model bir çalışma ortaya konulmuştur. Böylece bölgesel anlamda su ihtiyacı ve tarım arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Bethany ve Mustard (2005),kurak ve yarı kurak alanlar için önemli olan arazi örtüsü değişimi analizlerinin değerlendirilmesindeki karmaşıklığı ele almaktadır. Yazarlara görebu gibi alanlarda bazı arazi örtüsü çeşitleri verimlilik konusunda yıllar arasında yüksek derecede değişkenlik göstermektedir. Çalışmalarında, çalışma alanlarında bulunan doğal çalılıklardan farklı olarak, doğal olmayan püsküllü çayır bitkisinin yağmura yıllar arası değerde yüksek tepki verdiği ortaya konmuştur. Bu tepki alçak ve yüksek yağış verilerini dâhil edebilmek için yeterli süreyi kapsayan Landsat ve AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) zaman serilerinde açıkça görülmektedir. Çalışma bölgesi dışında benzer yüksek tepkileri veren alanlarda da püsküllü çayır bitkisinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Püsküllü çayır bitkisinin baskın olduğu bölgelerde olduğu gibi yüksek değişkenlik görülen yıllar arası modeller, daha doğru bir arazi örtüsü sınıflandırma işlemi için dikkate alınmalıdır. Gerçekleştirdikleri çalışma ile elde ettikleri modelde püsküllü çayır bitkilerinin baskın olduğu alanlarda sınıflandırma işlemlerinde kullanılabileceğini ifade etmektedirler.

Portogheseve Vurro(2005), çalışmalarında bölgesel ölçekte CBS ile su kaynaklarının kurak ve yarı kurak sahalarda durumu değerlendirilmiştir. CBS tabanlı hidroloji araçları kullanılarak yeraltı sularının durumu, yüzey suları ve iklim ilişkisine dikkat çekilmiştir. Avrupa Birliği su çevre direktifi yöntem politikaları geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Aynı çalışmada, yeraltı su dengesinin değişim modellemesi ile yeraltı ve yerüstü suyunun modellemesi yapılmıştır. Bu modellemede iklim, buharlaşma, arazi kullanım durumu, vejetasyon formasyonlarının türü, toprak özellikleri ve suyun kullanım durumu ile bunların tüm etkileşimleri hesaplanarak ortaya konulmuştur.

Chen ve ark. (2005),uydu verilerinin, büyük ölçekli arazi örtüsünün zamana bağlı değişimlerinin izlenmesinde rakipsiz bir araç olduğunu belirtmektedir. Sensor karakteristiklerinde, atmosferik koşullarda, güneş açısında ve sensor bakış açısında meydana gelen değişiklikler nedeniyle birlikte düzenlenen çoklu-zamansal görüntüler arasındaki radyometrik tutarlılığı sağlamak oldukça zordur. Çoklu zamansal görüntüler kullanılarak arazi değişiminin doğru şekilde saptanması için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada 9 Haziran 1990 (Landsat 4), 20 Haziran 2000 (Landsat 7) ve 26 Ağustos 2001 (Landsat 7) tarihlerinde elde edilmiş 3 farklı uydu görüntüsü kullanmışlardır. Oluşturdukları yeni yöntemin, radyometrik olarak karşılaştırılabilen veri setlerinin üretilmesinde basit, etkili ve tekrarlanabilir olduğunu ortaya koymaktadırlar. Daha önceki bazı radyometrik normalizasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında bu yeni yöntemin yüksek derecede programcılık ve istatistik düzeyi gerektirmediği ve buna rağmen mevsimsel ve yıllık zaman ölçeklerindeki arazi değişiminin saptanmasında hassas sonuçlar verdiğini belirtmektedirler.

Salihoğlu ve Karaer(2005), "Ulubat Gölü İçin Ekolojik Risk Değerlendirmesi'' adlı çalışmalarında tatlı su kaynağı olan Ulubat Gölü suyunun Bursa ili için düşünülen önemli su kaynaklarından biri olduğuna değinilmektedir. Çalışmada gölün sorunları üzerinde durulmuş ve gölün alanının 14 yılda %12 civarında azaldığı sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmada, ekolojik risklerin tanımlanması hedeflenmiştir. Çalışmada gölün kirlenmesine etki eden faktörler önem derecesine göre sıralanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Şener ve ark.(2005), Burdur Gölünün seviye değişimlerinin uydu görüntüleri ile ortaya konulmasına odaklanmıştır. Göller Bölgesinin en büyük acı su gölü olan Burdur Gölünün farklı yıllara ait uydu görüntülerinden yararlanarak kıyı kenar çizgisi, alan ve

hacim değişimleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada 1975 yılından, 2002 yılına kadar olan 27 yıllık dönemde gölün alanında %27 oranında bir azalma olmuştur. 1975 yılında Burdur Gölünün alanı 210km^2 iken 2002 yılında 153 km^{2,} ye kadar düşmüştür.

Yuan ve ark. (2005), toprak kaynakları ve zamana bağlı değişimlerinin niteliğini ve kapsamını açıklayan doğru ve zamanında elde edilen bilgilerin öneminin, özellikle hızlı büyüyen metropoliten alanlarda arttığını ifade etmektedir. Çalışmalarında araziörtüsü değişiminin haritalanması ve izlenmesi için Minnesota metropoliten alanını kapsayan 1986, 1991, 1998 ve 2002 tarihli, çok zamanlı Landsat TM verisi kullanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Oluşturdukları 7 sınıflı sınıflandırma işlemi için genel doğrulukları 4 yıl için ortalama %94 olarak elde etmişlerdir. Sınıflandırma sonrası değişim saptama yöntemleri ve farklı değerlendirme yaklaşımları kullanarak, arazi örtüsü değişim haritalarında elde ettikleri doğruluğun %80 ile %90 arasında değiştiğini belirtmektedirler. Ürettikleri haritalardan 1986 ve 2002 yılları arasında kentsel ve gelişmiş alanların toplam alana oranla %23.7 değerinden %32.8 değerine yükseldiğini, bununla birlikte kırsal alandaki tarım arazileri, sulu alanlar ve orman alanlarının toplam alana oranla %69.6 değerinden %60.5 değerine düştüğünü ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri sonuçların metropoliten alanlardaki arazi örtüsü değişim modellerinin belirlenmesinde ve arazi kullanımının zamana bağlı değişimlerinin haritalanması ve analiz edilmesi işlemlerinde doğru sonuçlar verebilmesi ve ekonomik olması açısından Landsat verisinin potansiyelini ortaya koyduğunu belirtmektedirler.

Cengiz ve Kahya(2006), ‘‘Türkiye Göl Su Seviyelerinin Eğilim ve Harmonik Analizi’’ adlı çalışmalarında göl su seviyelerinin hidrolik, meteorolojik ve antropojenik şartlardan etkilenmelerini, seçilen 25 gölün eğilimlerini, mevsimsel değişimlerini ve uzun yıllık değişimlerini incelemişlerdir. Aynı zamanda bölgesel değişimlere de dikkat çekilmiştir.

Wu ve ark. (2006), Çin’in mega kentlerinde meydana gelen hızlı arazi kullanımı değişiminin son yıllarda dikkate alınan bir konu olduğunu belirtmektedir. Çalışmalarında bu değişimin belirlenebilmesi için UA ve CBS araçlarını birleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre 1986 ve 2001 yılları arasında tarım alanlarının büyük oranda azalarak yerini kentsel alanlara bıraktığını ortaya koymaktadırlar. Arazi kullanım değişimini daha sonra Markov zinciri ve regresyon analizi kullanarak gelecek 20 yıl için modellemişlerdir. Ayrıca UA ve CBS teknolojileri

ile Markov modeli ve regresyon modelinin entegrasyonu arazi kullanım değişiminin analiz edilmesinde kullanışlı bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Lunetta ve ark. (2006), çalışmalarında politik kararlar, düzenleyici eylemler ve gelecekteki arazi kullanım faaliyetleri arasındaki bağlantıların sağlanmasında arazi kullanım değişimlerinin konumu ve dağılımını izlemenin oldukça önemli olduğundan bahsetmektedir. İki farklı tarihte elde edilen Landsat verisi ile gerçekleştirilen değişim saptama çalışmalarının biyolojik olarak karmaşık sistemlerde yapılan uygulamalarda çok performans elde edilemeyeceğini ifade etmektedirler. Kendi çalışmalarında 250 m çözünürlüklü, çok zamanlı Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS),Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) 16-gün kompozit verisini, otomatikleştirilmiş bir değişim saptama yöntemi geliştirme açısından araştırmışlardır. Değişim saptama doğruluğunu 2002 yılı için 0.67 Kappa değeri ile %88 olarak elde etmişlerdir. Çalışma bölgeleri boyunca yıllık değişim oranını araştırma periyodu kapsamında (2002-2005) yıl başına %0.7 olarak ve %0.4 (2003) ile %0.9 (2004) olarak elde etmişlerdir. Çalışma bölgesinde yıllık %1.6 ile %0.1 oranında bir değişimin halihazırda gelgit suları ve dağ ekolojik bölgelerinde görüldüğünü de belirtmektedirler. Çalışmalarında MODIS NDVI verisinde bulunan kötü (bozuk) değerlerin filtrelenmesi ve daha sonra veri içerisinde bulunan boşlukların farklı Fourier dönüşüm teknikleriyle tahminişlemlerini otomatikleştirmek amacıyla bir uygulama geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu sayede değişim saptama analizlerini destekleyici, yüksek kalitede kesintisiz veri elde edilebileceğini ifade etmektedirler. Kullandıkları yöntemler ve elde ettikleri sonuçların sadece tarımsal olmayan alanlarda kullanılabileceğinin altını çizmektedirler.

Karakaya ve Gönenç (2006), "Türkiye'de Havzalar Arası Su Transferi İçin Bir Karar Destek Sistemi Önerisi'' adlı çalışmalarında mevcut su kaynaklarının sanayi, tarım ve kentsel su ihtiyaçlarını karşılayamaması, su kaynaklarının rotasyonu, kuraklık, mevcut su temin sistemi performansının ve esnekliğinin artırılması, enerji üretimi vb. gerçekler ile Türkiye dâhil birçok ülkede su transfer projeleri hayata geçirilmiş ve geçirilmeye devam etmektedir. Havza içerisinde diğer doğal kaynaklarla birlikte bir bütünü oluşturan su kaynaklarının yapay yollarla bir bölgeden bir başka bölgeye transfer edilmesi, dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gereken çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları da beraberinde getireceğini ifade etmektedirler. Bu nedenle Türkiye su kaynaklarının veri tabanının oluşturulmasını, aynı zamanda su

kaynaklarının kullanımının planlanması ve yönetiminin ciddi bir şekilde ele alınmasının gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Shalaby ve Tateishi (2007), 1987 ve 2001 tarihli Landsat görüntülerine en çok benzerlik kontrollü sınıflandırıcısı ve sınıflandırma sonrası değişim saptama tekniklerini Mısır'ın kuzeybatı kıyı şeridinde meydana gelen arazi örtüsü değişimini izlemek için uygulamıştır. Çalışmalarında kontrollü sınıflandırma işlemi, yeryüzü referans noktaları yardımıyla her iki görüntünün altı yansıtıcı bandına uygulanmıştır. Referans nokta verisi 1998 ve 2002 yıllarında gerçekleştirdikleri altı arazi çalışması ile toplanmış, ayrıca doğruluk analizi sonuçlarını arttırmak amacıyla 1987 arazi örtüsü haritası da kullanmışlardır. CBS yazılımları kullanılarak araziye ait yardımcı veriler ile sınıflandırma sonuçları iyileştirilmiştir. Sınıflandırma sonrası değişiklik saptama tekniği, değişim haritaları oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Farklı arazi örtüsü sınıflarına ait değişim miktarları analiz edilmiştir. Çalışma periyotları boyunca UA teknikleri ve CBS araçlarının arazi örtüsü değişimlerinin izlenmesinde birleştirilerek kullanılmasının, sonuçları nasıl etkileyeceğini incelemişlerdir. Bu iki tekniğin birleştirilmesinin arazi örtüsü değişiminin izlenmesi ve farklı örtü türlerinin mekânsal dağılımının analiz edilmesinde etkili sonuçlar verdiğini ifade etmektedirler.

Nişancı ve ark.(2007), "Su Havzalarına Yönelik CBS Veri Tabanı Modellemesi: Trabzon Galyan Vadisi Örneği'' adlı çalışmalarında, son yıllarda artan çevre kirliliği, insanlığın vazgeçilmez ihtiyacı olan su kaynaklarının koruma altına alınmasını gerekli kıldığı vurgulanmıştır. Özellikle geniş alana yayılan ve idari açıdan farklı birimlerin ilgi alanına giren havzaların korunması, planlaması ve idaresi oldukça güçtür. Bu çalışmada, havzaya yönelik farklı disiplinlere altlık olacak konumsal analizler CBS ortamında gerçekleştirilerek heyelana duyarlı alanlar, eğim grupları, çevresel kirlenmeye maruz kalabilecek risk bölgeleri gibi planlama için gerekli karar parametreleri çalışmada ele almıştır.

Wright ve Gallant (2007), Amerika Birleşik Devletleri sınırları içerisinde bulunan Yellowstone Milli Parkı sulak ve bataklık alanların modellenebilmesi için Landsat TM görüntüleri ile çevreye ait diğer verileri sınıflandırma ağaçlarını kullanarak birleştirmişlerdir. Model eğitim ve test alanları ulusal bataklık envanteri haritalarından tanımlanmış ve sınıflandırma ağaçları yıllık yağış aralıklarını kapsayan yedi yıl için oluşturulmuştur. Başlangıçta arazi kaba olarak bataklık sulak alanlar ve yüksek alanlar olarak ikiye ayrılmıştır. Daha sonra bataklık alanlar kendi içerisinde daha hassas olarak

5 ayrı bölüme ayrılmıştır. Sadece TM verisinden türetilen değişkenler ıslak alanların yüksek alanlardan ayrılmasında nispeten doğru değerler vermekte iken model hata oranları sayısal yükseklik modelinden (DEM) üretilen değişkenlerin ve diğer yardımcı CBS katmanlarının eklenmesiyle kademeli olarak azalmıştır. Sınıflandırma ağaçları için tüm belirleyiciler kullanıldığında genel ortalama test hataları, bataklık sulak alanlar/yüksek alanlar modeli için %7.8 ve bataklık sulak alan türü modeli için %17.0 olarak yıllara göre tutarlı doğruluklarla elde edilmiştir. Bununla birlikte sulak alan modellerinin tahminlerin ötesinde çıktığı belirtilmektedir. Fazla sulak alan tahmini TM alıcısının mekânsal ve spektral sınırlamalarının olası birleşiminden dolayı oluşan sınıf dengesizliği nedeniyle ortaya çıktığı belirlenmiştir. Sulak alan ihtimalli yüzeyler, zorlu sınıflandırma işlemi ile daha bilgilendirici olabilmektedir ve iklim odaklı sulak alan değişim izleme çalışmalarına yanıt verebilecek potansiyele sahiptir. Geliştirilen yöntem kullanışlı, kolay gerçekleştirilebilir ve farklı uyarlamalarla daha geniş alanlara uygulanabilmektedir.

Sun ve ark.(2007), Kanada'nın Calgarybölgesi için gerçekleştirdikleri çalışmada 1985 ve 2001 yılları arası için Landsat görüntüleri yardımıyla alan kullanım değişimlerini incelemişler, sonrasında MarkovChain Analysis ve Cellular Automata özelliklerini kullanarak 2010 yılı için projeksiyon yapmışlardır.

Yuan ve Bauer (2007), NDVI ve sert (geçirimsiz) yüzey alanı yüzdesinin, Landsat görüntüsünde kentsel ısı adası etkisi göstergeleri olarak karşılaştırmasını gerçekleştirmiştir. Bu amaçla yeryüzü sıcaklık değeri (LST), sert yüzey alanı yüzdesi (%ISA) ve NDVI arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Landsat TM ve ETM+ verisi dört farklı mevsimde Minnesota metropoliten alanında yeryüzü sıcaklık değerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Haziran 2002 Landsat TM görüntüsü kullanılarak sert yüzey alanı yüzdesi %7.95'lik bir standart sapma değeri ile elde edilmiş, bu işlem için normalleştirilmiş spektral analizler kullanılmıştır. Analizlerinden elde ettikleri sonuçlara göre yeryüzü yüzey sıcaklığı ile sert yüzey alanı yüzdesi arasında tüm mevsimlerde güçlü bir ilişkinin olduğunu, bununla birlikte yeryüzü yüzey sıcaklığı ile NDVI arasında daha zayıf bir ilişkinin olduğunu ve mevsimden mevsime farklılık gösterdiğini belirtmektedirler. Sonuç olarak sert yüzey alanı yüzdesinin, ısı adası etkisi çalışmalarında mevsimlere bağlı olarak yeryüzü yüzey sıcaklığı analizlerinde geleneksel olarak kullanılan NDVI işlemine tamamlayıcı bir ölçü sağladığını ortaya koymuşlardır.

Wulder ve ark. (2008), mevcut iki Landsat uydusunda yaşanan teknik problemlerin ve geliştirilmelerinde yaşanan gecikmenin Landsat programının sürekliliğinde bir boşluk oluşabileceği olasılığını arttırdığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında Landsat programının geniş alanların ve yeryüzü örtüsünün izlenmesi araştırmalarında anahtar konuları mercek altına almaktadırlar. Bu anahtar konuları bir liste haline getirip mevcut geniş çaplı arazi örtüsü araştırma programları için değerlendirmişlerdir. Daha sonra, büyük alanlı arazi örtüsü uygulamaları için potansiyel alternatif veri kaynaklarını belirlemek için mevcut yeryüzü gözlem uydularını gözden geçirmek için bu listeyi bir temel altlık olarak kullanmışlardır. Geniş alanlarda arazi örtüsünün izlenmesi konularında veri ihtiyacı için bu uyduların değerlendirmesi yapılmıştır.

Jat ve ark. (2008), nüfus yayılımının analiz edilmesinde UA ve CBS araçlarının kullanılmasının oldukça etkili sonuçlar verebilecek potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma alanlarına ait farklı sensörlerden (Landsat MSS, TM, ETM+ ve IRS LISS-III) elde edilen uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında istatistiksel sınıflandırma yaklaşımları kullanmışlardır. Shannon'un entropi ve arazi ölçütleri, kentsel yapıyı belirleyebilmek için mekânsal olarak hesaplanmıştır. Ek olarak çok değişkenli istatistiksel teknikler kentsel yayılım ile bu yayılıma sebebiyet veren faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılabilmesi için kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlar kentsel gelişme bölgelerindeki büyümenin (%160.8) nüfus oranındaki artışa (%50.1) nazaran üç kat daha fazla gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. 25 yıllık periyotta meydana gelen kentsel yayılımın mekânsal dağılımı Shannon'un entropi yaklaşımına bağlı olarak belirlenmiştir.

Sesnie ve ark. (2008), uzaktan algılama görüntülerinin ve görüntü işleme tekniklerinin tropikal orman türlerinin biyolojik çeşitlilik ve çevre değerlendirme işlemleri için izlenmesinde en önemli araç olduğunu ifade etmektedir. Detaylı arazi örtüsü verisi toplama aşamasında sulak tropikal alanlarda bazı özel zorluklarla karşılaşıldığını öne sürmektedirler. Bu amaçla gerçekleştirdikleri çalışmalarında 32 arazi örtüsü çeşidi için karar ağaçları sınıflandırıcısını kullandıklarını belirtmişlerdir. Çok değişkenli QUEST DT yöntemini, entegre bitki örtüsü haritalama ve değişim tespiti için tarafsız sınıflandırma kuralları ve doğrusal ayraç düğüm modelleri ile değerlendirmişlerdir. Hassas arazi örtüsü sınıflandırması işlemi için önemli belirleyici değişkenler, sınıflandırma ağaçlarından istatistiksel olarak türetilen önem indisleri

kullanılarak seçilmiştir. SRTM-DEM arazi değişkenlerinden (WorldClim gridleri ve Landsat TM bandları) türetilen 35 değişkenli bir set, değerlendirilmiştir. Ele alınan tekniklerden QUEST, 12 adet spektral ve mekânsal değişkenin görüntülere eklenmesiyle genel doğruluk değeri olarak %93 şeklinde en yüksek doğruluğu elde etmişlerdir. Sadece spektral değişkenlerle doğruluk en düşük değeri vermiştir (%69). Tüm çalışma alanı için eğitim ve test piksellerinin rastgele seçimi daha düşük bir sınıflandırma doğruluğu (%81) vermiştir. Sınıflandırma sonrası 1986 ve 2001 yılları arasında yaptıkları bir değişim karşılaştırması sonrası iki farklı ağaç türüne sahip ova ormanın tarımsal dönüşüm karşısında savunmasız olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak karar ağaçları sınıflandırıcılarının çoklu kaynaklardan elde edilen verileri birleştirebilme yeteneğine sahip olduğunu ve karmaşık yapıya sahip sulak tropikal bölgelerdeki arazi örtüsü değişim izleme çalışmaları için yüksek derecede uyarlanabilir olduğunu önermektedirler.

Knorn ve ark. (2009), bölgesel ve küresel arazi örtüsü izleme çalışmalarındaki temel kaynağın uydu görüntüleri olduğunu ifade etmektedirler. Bununla birlikte geniş alanlarda orta çözünürlükte bir uydu görüntüsü ile arazi örtüsü haritalama işlemi oldukça masraflı ve genellikle iyi eğitim ve doğrulama verisinin eksikliği ile sınırlı olduğunu belirtmektedirler. Çalışmalarında bu sınırlandırmaların üstesinden gelmek ve zincir sınıflandırmasını test etmek için örnek bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Temel düşünceleri bir Landsat görüntüsünde gerçek bilgileri bilinen bir bölgede sınıflandırma yapıp daha sonra bu sınıflandırma değerini görüntüdeki diğer bölgelerin sınıflandırılması için eğitim verisi olarak kullanmaktır. Zincir sınıflandırma işlemini orman ve orman olmayan bir bölgede test etmişlerdir. Radyometrik düzeltmesi yapılmamış verinin sınıflandırılması için eğitim verilerini QuickBird görüntülerinden elde etmişlerdir. Eğitim verilerinin sınıflandırma doğruluklarını %92.1 ile 98.9 arasında elde etmişlerdir. Bu eğitim verisi ile uydu görüntüsünün komşu bölgelerinde yapılan otomatik sınıflandırma işlemlerinde ortalama %1.9 doğruluk azalması oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Diğer 6 zincir bölgeye uygulandığında ise doğruluk kaybı %5.1 olarak gerçekleşmiştir. Yazarlar zincir sınıflandırma işleminin performansının gayet tatminkâr olduğunu ancak bu yöntemin sadece arazi örtüsü sınıflarının bindirmeli alanlarda iyi görüntülendiği durumlarda uygulanabileceğini önermektedirler. Uydu görüntülerinde bu sınırlandırmalar devam ettiği sürece zincir sınıflandırma işleminin

geniş alanlarda arazi örtüsü izleme çalışmalarında etkili bir araç olarak kullanılabileceğini belirmişlerdir.

Brink ve Eva (2009), çalışma bölgelerinde 25 yıllık bir periyotta arazi örtüsünde meydana gelen değişimi analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu değişimin izlenmesi için 4 adet geniş arazi örtüsü çeşidini değerlendirmişlerdir. Bunlar ormanlar, orman olmayan doğal bitki örtüsü, tarım ve çorak arazi sınıflarıdır. Çalışmalarında yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanmışlardır. Çalışma periyotlarında orman alanlarındaki %57'lik azalmanın kentleşme ve küresel ısınmayla ilişkisini belirlemişlerdir.

Dewan ve Yamaguchi (2009), Bangladeş bölgesinde arazi kullanımı ve değişimi ile kentsel gelişimi sosyo-ekonomik açıdan değerlendirmek üzere 1975 ve 2003 yılları uydu görüntülerini kullanmışlardır. Arazi örtüsü ve kullanım değişiminin mekânsal ve zamansal dinamiklerinin belirlenmesinde üç Landsat görüntüsü ve bir kontrollü sınıflandırma algoritması ile sınıflandırma sonrası değişim saptama tekniğini CBS ile birleştirerek analiz etmişlerdir. Landsat görüntülerinden elde edilen arazi örtüsü haritalarının doğruluk değerleri %85 ve 90 arasında değişmektedir. Gerçekleştirdikleri analizler sonucu çalışma bölgelerindeki yapılaşma alanlarındaki artışın su alanlarının, ekili alanların, bitki örtüsünün ve sulak alanların önemli derecede azalmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Kentsel alanların büyümesinin, nüfus artışı ve ekonomik kalkınma ile önemli ilişkisi olduğu ifade edilmektedir. Elde ettikleri sonuçların Bangladeş açısından gelecekteki büyüme modelleri, arazi örtüsü haritalarının üretilmesi ve sürdürülebilir kentleşme konularında önemli katkıları olacağını belirtmektedirler.

Wang ve ark. (2009), milli parklar ve koruma altındaki alanlarda değişen arazi örtüsü ve değişkenlik gösteren arazi içeriklerinin, bir takım yönetimsel zorlukları da beraberinde getirdiğine dikkat çekmektedir. Gerçekleştirdikleri çalışmada Kuzeydoğu Amerika'da bulunan milli parkların içerisinde ve bitişiğinde meydana gelen arazi örtüsü değişimlerinin izlenebilmesi için çok ölçekli bir protokol geliştirip uygulamaktadırlar. Uygulamada 1970 yılından 2002 yılına kadar bir zaman periyodunda Landsat uydu görüntüleri ve park sınırlarındaki güncel değişimleri izleyebilmek amacıyla da güncel olarak elde edilmiş ve 0.5, 1 ve 5km mesafelik uzaklıklardan alınmış yersel fotoğraflar kullanmışlardır. Araştırmalarının sonucunda tüm çalışma bölgelerinde kentsel alanların arttığını ve park sınırlarına çok yakın bölgelerde orman alanlarının azaldığını ortaya koymaktadırlar. 30 yıl boyunca tüm parklar göz önüne alındığında kentsel alanların 0.5 ve 1km mesafede %172-181 oranında arttığı da görülmüştür. Aynı zaman periyodunda

orman alanlarının sırasıyla %5-6 oranında azaldığını ifade etmektedirler. Bu çalışma ile milli parklar gibi koruma altına alınan bölgelerde arazi kullanım değişiminin izlenmesi için uydu görüntülerinin kullanılabilirliği ortaya konulmaktadır.

Mubea ve ark.(2010), MarkovChain Analysis özelliğini kullanarak alan kullanım değişim olasılıklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. UA ve CBS teknolojilerinin birleşimine dayanılarak gerçekleştirilen çalışmada, 2015 yılına kadar geçen sürede kentsel ve tarımsal alanlarda önemli artışlar öngörüldüğünü bildirmişlerdir.

Peijun ve ark. (2010), Xuzhou kentinde son 20 yılda meydana gelen yerleşim alanları değişimini analiz etmek için arazi örtüsü ve bitki örtüsü değişimini Landsat TM görüntüleri kullanarak incelemiştir. Çalışmalarında belirli sınıflar için farklı öznitelik girdileri kullanan ve sınıflandırma sonrası doğruluğu arttırmak için işleme tabi tutan bir hiyerarşik sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir. Bitki örtüsündeki değişimlerin belirlenmesinde bir NDVI farklılık yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca ön bilgi ve istatistiksel analizlere dayanan bir yanlış değişim bilgisi eleme yaklaşımı geliştirilmiştir. Yazarlar çalışma bölgesinde bitki örtüsü alanlarında son 20 yılda sürekli bir düşüş gözlendiğini belirtmektedir. 1990 yılından itibaren sürdürülen yer altı kömür madenciliğinin bitki örtüsündeki değişime etkileri de ayrıca incelenmiştir.

Bakr ve ark. (2010), farklı tarihlerde elde edilen uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsünün değişiminin izlenmesi işlemlerinin, insanların çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde etkili ve doğru sonuçlar ortaya koyan güçlü bir teknik olduğunu ifade etmektedirler. Çalışma bölgeleri olan Mısır'da, tarımın sosyal üretim ve ekonomi açısından bir anahtar eleman olduğunu ve Mısır Hükümetinin, Nil Deltasının her iki yakasında ekili alanların arttırılması konusunda yeni kanunlar çıkardığını dile getirmişlerdir. Çalışmalarının temel amacı 1984, 1990, 1999, 2004 ve 2008 yıllarında elde edilen Landsat görüntüleri kullanarak bu bölgedeki arazi örtüsü değişimini izlemektir. Zamansal değişimler bir birleştirilmiş sınıflandırma yaklaşımı ile NDVI kullanarak belirlenmiştir. Birleştirilmiş sınıflandırma sonuçları bu alanda 4 farklı arazi örtüsü sınıfının oluştuğunu göstermektedir. Bu sınıflar kentsel alan, tarımsal alanlar, su ve çorak arazi şeklindedir. 1984 ile 1990 yılları arasında çalışma bölgesi çorak araziden ibaretken 1990'lı yıllarda yapılan ıslah çalışmaları sonucunda arazi örtüsünde büyük değişikliklerin oluştuğu ortaya koyulmuştur. Yazarların oluşturdukları tematik haritalarda elde ettikleri doğruluk değerleri %94.5 ile %100 arasında değişmektedir.

Yine yazarlar 1999'dan 2004 yılına kadar geçen sürede arazinin %62 oranında bir değişime uğradığını belirtmektedir. NDVI sonuçları bikri örtüsü alanlarının ıslah çalışmaları ile artış gösterdiğini kanıtlamaktadır. Sonuç olarak %100 oranında çorak arazinin, başarılı ıslah çalışmalarıyla %79 oranında tarım alanına dönüştürüldüğü analizi yapılmıştır.

Akar (2011), Acıgöl ve Urmiye Göllerinin su yüzey değişimini ve arazi kullanımını karşılaştırmış gerekli önlemler alınmadığı takdirde söz konusu göllerin yok olacaklarını saptamıştır.

Rongqun ve Daolin (2011), yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yorumlanması ve tamamen spektral veriye bağlı otomatik sınıflandırılmasında karşılaşılan sınırlamaları mercek altına almışlardır. Çalışmada spektral özniteliklere, doku özniteliklerine ve şekil özniteliklerine dayanan bir bilgi-kural yöntemi geliştirilmiştir. QuickBird uzaktan algılama verisi, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki bölgelerin arazi kullanım sınıflandırması için test verisi olarak kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre sınıflandırma işlemi için sadece spektral verinin kullanıldığı yöntemlerdeki eksikliklerin elimine edilebildiği, yeryüzü objelerinin sınıflandırılmasında karşılaşılan multispektral görüntülerdeki benzer spektrumlar probleminin etkili bir şekilde çözümlenebildiği ve yeteri yüksek sınıflandırma doğruluğunun elde edilebildiği ortaya koyulmaktadır.

Rozenstein ve Karnieli (2011), arazi kullanım haritalarının üretilmesinde UA verileri ile mevcut CBS katmanlarının düşük maliyetli birleştirilme tekniklerini araştırmışlardır. UA verisinden arazi kullanım sınıflarının belirlenmesinde kullanılan bazı yöntemlerin karşılaştırması da gerçekleştirilmiştir. Ek olarak uzaktan algılama görüntülerinden sınıflandırma işlemi yapılırken doğruluğu arttırmak ve güncel verilerle çalışabilmek açısından yardımcı CBS katmanları kullanılmıştır. Yazarlar kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma eğitim verisinin birlikte kullanılmasının, bu ikisinin ayrı ayrı kullanılmasından daha doğru sonuçlar ortaya çıkardığını ifade etmektedir. Ayrıca oluşturulan sınıflandırmanın yardımcı CBS katmanları kullanılarak güncellenmesi ile %10 oranında doğruluk artışı elde edildiğini ifade etmektedir. Sonuç ürünün genel doğruluk değeri olarak %81 değeri elde edilmiştir. Yazarlar çalışma sonucunda önerilen tekniğin faklı zamanlarda elde edilen daha fazla görüntüye uygulanmasıyla arazi kullanım veri tabanı oluşturulmasında yararlı olacağını ifade etmektedir.

Mendoza ve ark. (2011), Meksika'da arazi örtüsü değişimini 28 yıllık bir zaman periyodunda analiz etmişlerdir. Çalışmalarında arazi örtüsü ve kullanımı ile ilişkili mevcut veri tabanlarını (1975 ve 2000) Landsat MSS ve ETM+ uydu görüntüleri ve ortofotolarla (1986, 1996 ve 2003) birleştirmiştir. Çok zamanlı gerçekleştirilen analizler, haritalama, geçiş matrislerinin değerlendirilmesi, her bir zaman periyodu boyunca arazi kullanımının değişim oranlarının hesaplanması ve küme analizlerini içermektedir. Yazarlar analiz birimleri olarak havzalar, alt havzalar ve fonksiyonel bölgeler olmak üzere üçe ayırarak kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre analiz edilen üç mekânsal bölgede meydana gelen değişimleri ortaya koymuşlardır. Bu sonuçların yerel yönetimlerle paylaşılıp gerekli önlemlerin alınabileceği ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda katkıda bulunacağını ifade etmektedirler.

Bahadır (2011), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın sürdürülebilir kullanımı ve yönetimini ele almıştır.

Hansen ve Loveland (2012), Landsat verisi kullanılarak geniş alanların arazi örtüsünün izlenmesini detaylı olarak ele almaktadırlar. Çalışmalarında Landsat verisinin küresel ölçekte orta mekânsal çözünürlükte, yer gözlem verilerinin en uzun kaydını oluşturduğunu belirmektedirler. Bunun bir sonucu olarak da geniş alanlarda arazi örtüsünün değişiminin orta mekânsal çözünürlüklü (10-50m) görüntülerle izlenmesi çalışmaları için mevcut yöntemlerin genel olarak Landsat verisini kullandığını ifade etmektedirler.

Paudel ve Yuan (2012), metropoliten çalışma bölgelerinde arazi yapısındaki değişimleri ve kentleşmenin ekolojik sonuçlarını, mekansal indisler, değişim analizleri ve mekansal modelleme kullanarak incelemişlerdir. 1975 yılından 2006 yılına kadar gerçekleşen temel arazi dönüşüm modelleri farklı tarihlerde elde edilen sınıflandırma haritaları kullanılarak belirlenmiştir. 1975, 1986, 1998 ve 2006 yıllarına ait arazi değerlerini Patch Analyst kullanarak belirlemişlerdir. Amaçları kentleşmeye bağlı orman alanlarındaki azalmayı belirlemektir. Bu çalışmada gelecek yıllar için arazi kullanımı ve orman alanlarındaki değişimin tahmin edilebilmesi araştırılmaktadır. Değişim saptama işlemi için GEOMOD yazılımı kullanılmıştır.

Schneider (2012), kentsel alanların uydu görüntüleri ile izlenmesinde çıplak alanların kentsel alanlardan ayrımının yapılabilmesi probleminin günümüzde çözüme kavuşturulamadığını belirtmektedir. Çalışmalarında, yerleşim alanları içerisindeki

karmaşık, çok imzalı sınıflarda olduğu gibi yüksek zamansal ve mekânsal çeşitlilikle başa çıkabilmek için, çok zamanlı bir kompozit değişim saptama tekniği kullanarak yoğun zaman yığınına sahip Landsat görüntüsünde çoklu sezon bilgisini kullanan yeni bir yaklaşım ortaya koyduklarını ifade etmektedirler. Yaklaşımlarının ana konusunu kentsel alanların içinde ya da yakınında bulunan arazilerin, değişim meydana geldikten önce ve sonra farklı zamansal izlere sahip olduğu ve bu izlerin çeşitli spektral bölgelerde karakteristik zamansal imzalara neden olduğunun anlaşılması oluşturmaktadır. Yazarlar bu yöntemin, sabit ve değişen alanların GoogleEarth görüntülerinden yorumlanması ile oluşturulan eğitim verisi kullanan bir kontrollü sınıflandırmaya dayandığını belirtmektedir. Sınıflandırma algoritmaları (en çok benzerlik, karar ağaçları ve destek vektör makineleri) 5 zaman periyodu için (1988-1995, 1996-2000, 2001-2003, 2004-2006, 2007-2009) üç farklı çalışma bölgesinde test edilmiştir. Karar ağaçları ve destek vektör makinelerinin her ikisi de en çok benzerlik sınıflandırıcısının çok üstünde performans değerleri sağlamıştır (genel doğruluk %90-93 ile karşılaştırıldığında %65), ancak karar ağaçları kayıp verilerin yönetilmesinde en üstün yöntem olarak değerlendirilmiştir. Bant ölçümleri gibi dönüştürülmüş özniteliklerin Landsat verisine eklenmesiyle doğruluğun %1-4 arasında arttığını, gürültü ve kayıp verilerin ortaya çıkarılması için öznitelik sayısının azaltılmasıyla da %1-9 arasında bir düşüş olduğunu ortaya koymuşlardır. Metodolojilerinin aynı zamanda kentsel çekirdek dışında bulunan köy yerleşimlerinin görüntülenmesinde de >%98 oranında etkili olduğunu iddia etmektedirler.

2.1 Çalışma Bölgesi ile İlgili Önceki Çalışmalar

Literatürde Hotamış Gölü ile ilgili fazla çalışma bulunmamaktadır. Sınırlı kaynaklardan biri olan 1986 tarihli İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisinin 2. Sayısında yayımlanan Coğrafya Profesörü Mehmet Ardos tarafından yazılmış makalede (Ardos, 1986) bölge ile ilgili bilgilereulaşılmıştır.Ardos yaptığı ölçümlere ve haritalardan elde edindiği bilgilere göre, yağışlı devrelerde gölün yüzölçümünün azami 80 km²'ye ulaşmakta olduğunu bulmuştur. Bu rakam, senelere göre değişiklikler gösterdiğini, çok kurak olan yaz aylarında göllerden en büyüğü olan Mezarlıkaya yaylasının batısındaki göller ve Alayönü tepesinin 1,5 km. kadar güneyindeki Alayönü gölü gibi birkaç küçük göl halinde kaldığını belirtmiştir. Kurak dönemde oluşan bu göllerin toplam yüzölçümünün ancak 1 km²'yi bulduğu söylenmiştir. İçersinde 1-2 balık

türünün yaşayabildiğiden göl, çevre köylere de (kuzeyde Türkmenkarahüyük, Demirkent; kuzey doğuda Sürgüç, Büyükaşlama ve Küçükaşlama; doğuda Göktepe; güney doğuda Adakale (Yılanlı); batıda Üçhüyükler, güney batıda Taşagıl ve güneyde Süleymanhacı) avcılık dışında da yarar sağladığını ve çevresinde buğday, pancar, sebzecilik ile meyvecilik yapıldığıanlaşılmaktadır.

Ardos, Gölün Jeolojik ve Coğrafi özelliklerini şu şekilde özetlemiştir:

"*Gölün güney doğusu ve güneyi yüksek Karadağ kütlesi ile sınırlanmış olduğu halde (2014 m.), diğer kesimleri az yüksek tepeler halinde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar göl seviyesinden (999 m.) biraz daha yüksekte kalmış arızalardır, En yükseği olan İnlidağ 1052 m.dir."*

Ardos'un Hotamış Gölü'nün kullanılabilirliği açısından çalışmasında;

*"özellikle yağışlı devrelerde 80 km² lik bir alanı kaplayan Hotamış gölü veya bataklığının sularının, suya gereksinme gösteren ve son yıllarda ümidini, yapımı bitmekte olan Gödetgöletindeki suya bağlayan Karamanlıların kuzeydeki ovalık kısmına aktarılması çok yerinde olacaktır. Bunun için 35-40 km'lik, pompalama sistemli bir boru hattının yapımı gerekmektedir. Bu kısımda yeraltı suyu Devlet Su İşleri'nin (DSİ) yaptığı sondajlara göre bol görünüyor ise de, önerdiğimiz şekilde gerçekleştirilebilecek yerüstü suyu (suyun 5-6 m. yüksekliğe pompalanması fazla bir masraf gerektir-memektedir) daha az masraflı olacaktır. Böylece, buradaki, suya çok gereksinme gösteren, özellikle pancar ziraatı (Kılbasan-Karaman arası, Demiryurt, Mesudiye, Eminler, Kızık, Dudurağı vs. dolayları) daha da ekonomik olacaktır. Pompalanacak suların, burada mevcut kanallara aktarılması (Deliçay kanalı ve kolları) maliyeti daha da düşürecektir. Diğer taraftan, Hotamış bataklığının bulunduğu kısımdan 80 km²'lik bir arazi elde edilecektir. Bu ise, tahıl ambarı durumundaki İç Anadolu bölgesi için çok yararlı olacaktır. Hotamış'ın sularının, ortalama 2 m derinlikte ve 10 km uzunlukta bir kanalla, güneydeki, rezervuar görevi yapacak olan Acıgöl'e aktarılması ve oradan, Karaman kuzeyindeki kanallara verilmesi en uygun olanıdır."*şeklinde önerilerde bulunmaktadır.

Göller ve bataklıkların kurutulmasından sonra, dip kısımlarının ıslahı ve ziraate elverişli hale getirilmesi de önemlidir. Böylece bölge, hem toprak, hem de su zenginliği bakımından önem kazanacak ve beşerî coğrafya açısından da pek çok problemi (dışarıya göç, işsizlik, verimsizlik vs.) kısmen de olsa çözümlenmiş olacaktır.

Er (1994) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Hotamış Gölü'nün kuruması neticesinde tarıma açılan toprakların 30 profilden aldığı 150 toprak numunesi ile fizikselve kimyasal özelliklerini araştırmış, analiz etmiştir.

WWF Türkiye tarafından hazırlanan Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu'na (2008) göre Konya havzasında yaşanan başlıca sorunlar arasında aşırı ve plansız tarımsal sulama ve yer altı suyu çekimi yer almaktadır. Konya Havzasında gittikçe artan tarım faaliyetleri ve son yıllarda yaşanan kuraklığın etkisi ile bölgedeki su ihtiyacı artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için halk yer altı kaynaklarına yönelmiştir. Türkiye'nin tahıl ambarı olarak bilinen Konya Kapalı Havzasında yer altı suyu seviyesi 2007 yılında 1 ila 15 m arasında son 33 yıllık dönemde ise 14.3 m düşmüş ve bu düşüşün %80'i son 10 yılda gerçekleşmiştir.

3 UZAKTAN ALGILAMANINTEMEL ESASLARI

3.1 Uzaktan Algılama

Lillesand ve Kiefer, (1994) Uzaktan Algılama'yı*Bir cisimle direkt temas etmeksizin onun fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde etme bilimi."* olarak tanımlamaktadır. Sesören (1999) bu tanımlamayı biraz daha genişleterek "*Yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleriyle, objelerle fiziksel temasa geçilmeksizin, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir."*şeklinde yorumlamıştır.

Jeoloji, ormancılık, hidroloji, tarım, şehircilik gibi bilim dalları uzaktan algılamanın uygulamalarının bulunduğu, bütünleştiği bilim dallarıdır. UA'da uydular üzerinde taşınan algılayıcılar ile yapılan gözlem ve ölçümler dikkate alınmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinde ölçülen nicelik, ilgilenilen cisimden yayılan elektromanyetik enerjidir. Uydular veya hava araçları üzerinde taşınan aletlerle yapılan gözlem ve ölçümlerde elektromanyetik enerjiden yararlanılır (Kavzaoğlu, 2008).

Üzerinde çalışılan cisim hakkında bilgi elde etme, uzaktan algılama çalışmalarının en önemli hedefidir. Arada fiziksel bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan veya cisimden yansıyan enerjinin nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan belirlenmesi ve ölçülmesi amacı, uzaktan algılama işlem basamaklarının çekirdeğini oluşturur. Özellikle Güneş'ten gelen enerjinin yer yüzeyindeki cisim ve oluşumlardan yansıyan ve yayılan kısımlarının algılayıcılar aracılığı ile algılanması, kaydedilmesi, sayısal platformlarda üzerinde uygun işlemler yapılarak analiz ve modelleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve sonuçta ölçekli, koordinatlı ve bir referans sisteminde tanımlı ürünlere dönüştürülerek fen ve mühendislik projelerinde kullanılması, uzaktan algılama çalışmalarının en önemli işlem basamaklarından bazılarını oluşturur.

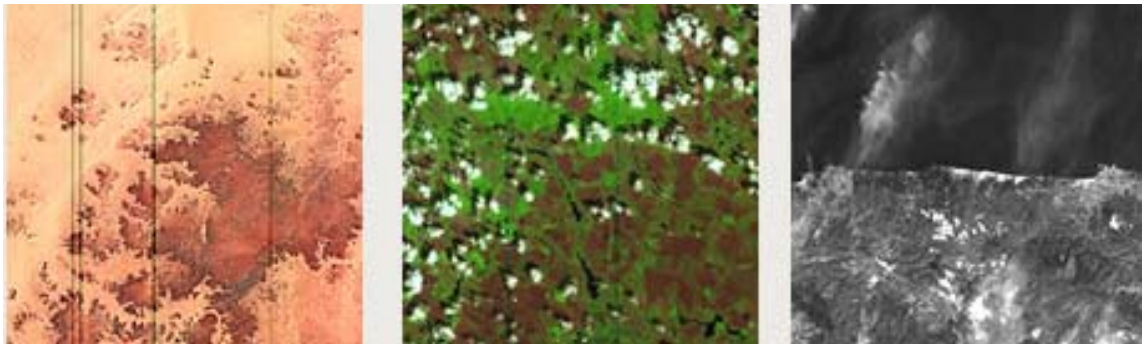
3.2 Uzaktan Algılamada Görüntü Analiz Sistemleri

Uzaktan algılanan görüntülerin analiz ve yorumlanması, görüntüler üzerinden yararlı bilgilerin çıkarılması için görüntüdeki değişik hedeflerin belirlenmesi veya ölçümünü içerir. Hedefler, noktalar, çizgiler veya alanları içeren doğal veya yapay

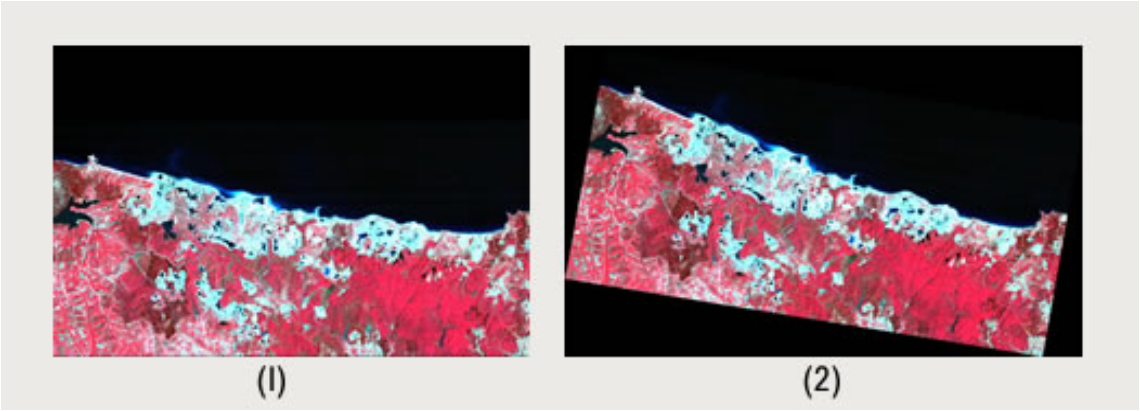
özellikler olabilir ve bu hedefler yansıttıkları veya yaydıkları radyasyon yardımıyla tanımlanabilirler. Bu radyasyon bir algılayıcı tarafından ölçülebilir veya kaydedilebilir. Hedefler ve onların çevresi ile arasındaki farkların gözlenmesi ton, şekil, boyut, desen, doku, gölge ve ilişki gibi görüntü elemanlarının herhangi biri veya hepsinin kullanılması ile gerçekleştirilir (Ayhan ve ark, 2003). Elde edilen görüntüler analog veya sayısal formatta olabilirler. Analog formatta görüntülenmiş görüntülerde hedefin belirlenmesi ve yorumlanması bir yorumlayıcı tarafından manuel veya görsel olarak yapılır. Sayısal formattaki görüntüler piksellerden oluşmaktadır. Görüntü üzerindeki her bir piksel parlaklık derecesini gösteren sayısal bir değere sahiptir. Pikseller bilgisayar ortamında bir araya getirilerek sayısal görüntü elde edilir. Özel yazılımlarla bilgisayar ortamında piksellerin sayısal değerleri üzerinde sistematik değişiklikler yapılabilmesi olanağı, görüntülerin sayısal olarak işlenmesi ve yorumlanması için temel oluşturmaktadır. En yaygın görüntü işleme fonksiyonları; ön işlem, görüntü iyileştirme, görüntü dönüşümleri, görüntü sınıflandırma ve analizidir (Lillesand ve Kiefer, 1994; Çölkesen, 2009).

3.2.1 Ön işlem

Sayısal görüntü işleme adımlarından ilki olan ön işlem, geometrik düzeltme ve radyometrik düzeltme işlemlerinden oluşur. Radyometrik düzeltmede atmosfer koşullarından ve algılayıcıdan doğan hataların (Şekil 3.1) düzeltmeleri yapılırken, geometrik düzeltme işleminde görüntü gerçek dünya koordinatlarına çevrilir (Şekil 3.2). Geometrik ve radyometrik düzeltmeler görüntü iyileştirme ve görüntü sınıflandırma işlemlerinden önce yapılması gereken ön işlemlerdir.



Şekil 3.1 a) Algılayıcı kaynaklı radyometrik hata, b) Bulut etkisi ve c) Sis etkisi



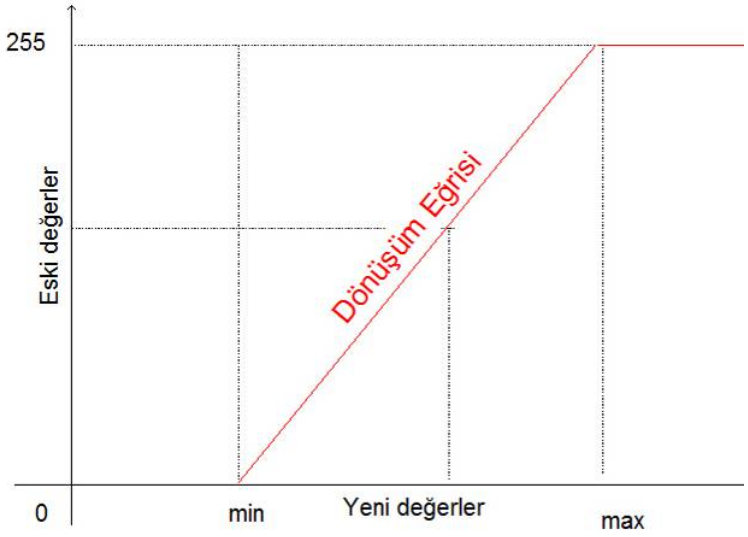
Şekil 3.2 Orijinal Landsat 7 görüntüsü (I) ve geometrik dönüşümü yapılmış hali (2)

3.2.2 Görüntü iyileştirme

Görüntü iyileştirme algoritmaları, bir görüntünün insan gözüne iyi görünmesi için görüntünün geliştirilmesidir. İdeal bir görüntü iyileştirme yoktur. Çünkü sonuçlar insanlar tarafından değerlendirilir, sübjektiftir (Jensen, 1996). Görüntü iyileştirme işlemi, görüntünün görsel yorumlama ve anlaşılmasını artırmak için yapılır. Görüntü üzerinde zıtlık ve netlik düzeltmeleri ve çeşitli filtreleme teknikleriyle aynı ham görüntüden farklı renkli görüntüler üretilmesi işlemidir (Tatar ve Tatar, 2006). En yaygın olarak kullanılan görüntü iyileştirme yöntemleri lineer kontrast artırımı, histogram eşitleme, yoğunluğa göre derecelendirme ve sahte renk (pseudo-color) dönüşümüdür.

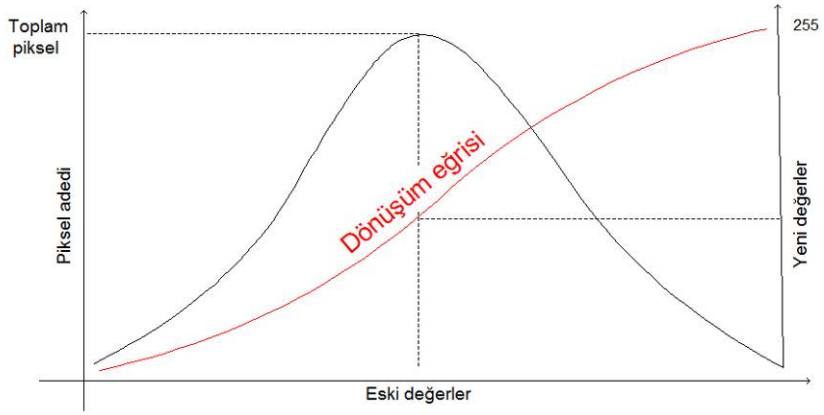
Lineer kontrast artırımı yöntemi ile görüntüdeki minimum piksel değeri sıfıra, maksimum piksel değeri de 255 değerine atanması için lineer enterpolasyon metodu geliştirilir (Şekil 3.3). Eğer renkli bir görüntü elde edilecekse, bu işlem üç bant için ayrı ayrı yapılır ve sonra sonuçlar üç ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavi (RGB)'ye atanır (Kavzaoğlu ve Çölkesen, 2010).

$$DN' = \frac{DN-min}{max-min} - 255 \qquad (2.3)$$



Şekil 3.3 Lineer kontrastartırımı

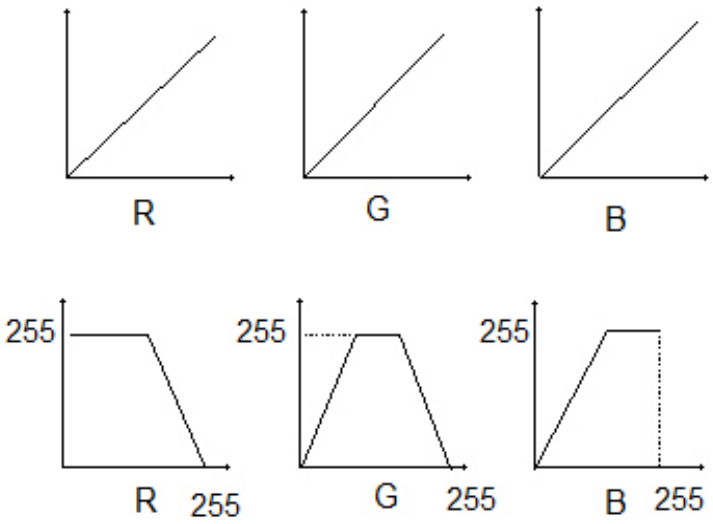
Histogram eşitleme yönteminde sadece minimum ve maksimum değerler yerine görüntüdeki tüm piksel değerlerinin oluşturduğu histogram dikkate alınarak daha karmaşık bir görüntü iyileştirme yapılabilir. Böylece histogramın boyutları ve şekli dikkate alınmış olur. Bu metotta görüntüdeki her bir derecenin (renk tonunun) yaklaşık olarak eşit sayıda piksel içerdiği kabulü yapılır (Şekil 3.4), (Kavzaoğlu ve Çölkesen, 2010).



Şekil 3.4Histogram eşitleme tekniği

Yoğunluğa göre derecelendirme yönteminde amaç, ardışık bazı piksel değerlerini, bir grup altında birleştirip; kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) olarak tanımlanmış bir renkle ifade etmektir. Sonuçta 0-255 aralığındaki değerler birkaç renkle ifade edilir. Özellikle siyah-beyaz görüntülerdeki homojen alanların renkli şekilde görüntülenmesinde kullanılır. Bu dönüşümle 256 renkli bir görüntüden birkaç renge dönüşüm yapıldığından, görüntüdeki ayrıntılar kaybolur (Çölkesen, 2009).

Sahte renk dönüşümü(Pseudo-color) tek bir bandın gri tonlar yerine sahteolanlarla renklendirilmesidir. Bu işlemi gerçekleştirmek için asal bir RGB histogram dönüşümü kullanılır (Kavzaoğlu ve Çölkesen, 2010) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Sahte renk dönüşümü

3.2.3 Görüntü dönüşümleri

Görüntü dönüşümleri yardımıyla görüntüde yer alan farklı fiziksel özellikler arasındaki ayrımın ve görüntünün görsel yorumlanabilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için çeşitli sayısal filtreleme matrisleri kullanılır. Görüntüdeki farkların vurgulanması, kenar çizgilerinin vurgulanması ya da giderilmesi işlemleri için farklı sayı matrisleri kullanılmaktadır. Görüntüler üzerinde matris işlemlerine benzer şekilde tüm temel matematiksel işlemler (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) gerçekleştirebilir. Bölme işlemi, özellikle topografik etkilerin azaltılmasına ve giderilmesine olanak sağlar. Sayısal filtreleme yönteminde her bir pikselin yeni gri renk tonları hesaplanmaktadır. Piksellerin yeni gri tonları yalnızca ortaya çıkarılacak detaya bağlı olmayıp, komşu piksellere de bağlıdır. Uzaysal frekans filtreleme de denilen bu işlemde, bir görüntüde istenilen detayı ortaya çıkarabilmek için; yüksek, orta ve düşük frekanslı filtrelerden birisi kullanır (Çölkesen, 2009).

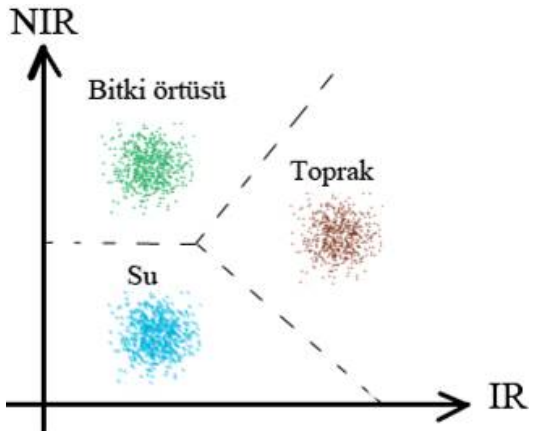
3.2.4 Görüntü sınıflandırma ve analiz

Uzaktan algılamada sınıflandırma, cisimlerin farklı spektral yansıtma değerleri esasına dayanarak orijinal görüntüdeki her görüntü elemanını ait olduğu özellik grubuna ayırma işlemidir. Ayırt etme ya da tanıma problemi her pikselin, algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren sayısal değerler kümesinden yararlanılarak aşılmaktadır (Şekil 3.6), (Mather, 1987).

Sınıflandırma işlemi için geliştirilmiş birçok metot bulunmaktadır. Bu metotlar dört kritere göre kategorilendirilebilir. Bunlar:

- Sınıflandırmada eğitici veri setinin kullanılmasına göre: kontrollü sınıflandırma ve kontrolsüz sınıflandırma,
- Sınıflandırma metodunun temel mantığına ve kabullerine göre istatistiksel (gauss veya normal dağılım) ve istatistiksel olmayan (örnek yapay sinir ağları),
- Sınıflandırmaya temel teşkil eden objeye göre piksel bazlı ve alan bazlı,
- Sınıflandırma sonuçlarının esnekliğine göre katı (hard) sınıflandırıcı ve esnek (soft veya fuzzy) sınıflandırıcıdır.

Sınıflandırma işleminde, sınıfların oluşturulması, yapılacak çalışmanın amacına ve ölçeğine bağlı olmaktadır (Kavzaoğlu, 2008). Ayrıca, çalışmada kullanılacak spektral aralığın belirlenmesi, yeterli doğrulukta ve sayıda kontrol alanlarının seçimi ve sınıflandırılmış görüntülerde doğruluk değerlendirilmesinin yapılması, bu işlemin gerçekleştirilmesinde büyük önem taşımaktadır (Çölkesen, 2009).



Şekil 3.6 İki boyutlu uzayda sınıflandırma

Sınıflandırma işleminde genel olarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak adlandırılan iki yaklaşım vardır. Kontrollü sınıflandırma farklı spektral grupları

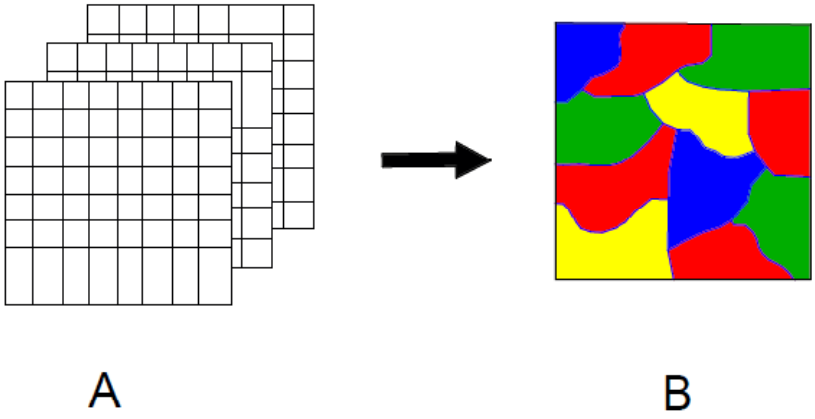
temsil eden kontrol alanları kullanılarak, spektral ayrılabilirlik incelemekte, buna karşılık kontrolsüz sınıflandırmada ise spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir (Süslü, 2007).

3.3 Görüntü Sınıflandırma

Ham halde elde edilen uydu görüntülerinden yeryüzüne ait bilgilerin elde edilmesi için çeşitli istatistiksel analizler ve yorumlama teknikleri kullanılmaktadır. Verileri bilgiye dönüştürebilmek için en yaygın yöntem uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıdır.

Sınıflandırmada amaç, yeryüzü üzerinde aynı spektral özellikleri taşıyan nesnelerin gruplandırılmasıdır. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için çok spektrumlu veri kullanılır. Her bir piksele ait spektral özellik verisi sınıflandırma için nümerik değerleri oluşturur. Her nesne çeşidi doğasındaki spektral yansıtım ve yutulmaya bağlı olarak farklı sayılarla ifade edilirler. Sınıflandırma, tematik bilgi çıkarmak için kullanılan en önemli yöntemdir. Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü tematik harita olarak adlandırılmaktadır. Tematik harita haline getirilen yani sınıflandırılan görüntü, bir harita projeksiyonuna dönüştürüldüğünde coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılabilir (Jehnsen, 1996).

Görüntüyü sınıflandırma, bir görüntü veri setinden anlamlı sayısal konu haritalarını üretme işlemidir. Klasik anlamda görüntüyü sınıflandırmak ve analiz etmek için, kıymetlendirme unsurları kullanılmaktadır. Sayısal görüntünün sınıflandırılma işleminde ise, bir veya daha fazla spektral bandındaki sayısal numaralarla temsil edilen spektral bilgiler kullanılır. Bu tipteki sınıflandırma “Spectralpatternrecognition” olarak bilinmektedir. Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntü, piksellerin oluşturduğu bir mozaik içermekte ve “Thematicmap” olarak anılmaktadır (İşlem, 2002),(Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Sayısal görüntü(A) sınıflandırma ve tematik harita (B)

Sınıflandırma ve analiz için, "bilgi sınıfları" ve "spektral sınıflar" arasındaki farkın bilinmesi gerekmektedir. Bilgi sınıfları; farklı ürün çeşitleri, orman tipleri ve kaya tipleri gibi jeolojik yapı bilgilerini kapsamaktadır. Spektral sınıflar ise, verinin farklı spektral bantlardaki parlaklık değerlerini temsil eden piksel gruplarını içermektedir. Sınıflandırma, verideki spektral sınıflar ile ilgi duyulan özelliğe ait bilgi sınıfının karşılaştırılması ile yapılmaktadır (İşlem, 2002).

Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek hususlar genel olarak dört adımda açıklanabilir:

- Yeryüzü özelliklerini ortaya koyabilecek güvenilir kontrol alanlarının seçimi ve incelenmesi.
- Görüntülerin algılanma zamanları ve çalışacak spektral bantların amaca uygun olarak seçimi.
- Orijinal verilerin türü ve çalışma amacına yönelik olarak sınıflandırma algoritmasının seçimi.
- Sınıflandırılmış görüntü için doğruluk analizi.

Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan kontrollü ve kontrolsüz olarak adlandırılmış 2 yöntem bulunmaktadır.

3.3.1 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma işlemi, benzer spektral değerlere sahip pikselleri gruplandırma işlemidir. Benzer piksellerden oluşan her grup, spektral sınıf olarak adlandırılır. Kontrolsüz sınıflandırma işlemi, sınıflandırma öncesinde, var olan örtü tipi bilgisini gerektirmez (Verbyla, 1995). Çalışma alanına ait yeterli bilginin olmaması ve

bölgenin genel yapısı hakkında ön bilgiye gereksinim duyulan çalışmalarda bu sınıflandırma yöntemi kullanılmaktadır. Veri bandı değerleri yardımı ile benzer piksellerin otomatik olarak bulunması temel alınmaktadır. Tanımlanan bu pikseller sembol, değer ya da etiketlere atanır, gerektiğinde de aynı tip sınıflarla birleştirilir.

Sınıflandırma sonucunda spektral yoğunluk değerlerine göre kümeleşmelerden spektral sınıflar elde edilir. Elde edilen bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemekte olup, daha sonra o bölgeye ait topografik haritalar, hava fotoğrafları ve mevcut yardımcı bilgilerle karşılaştırılarak oluşturulan sınıfların doğal özellikleri belirlenebilmektedir (Özkan, 2001).

Sınıflandırma algoritması, verinin doğasına göre belirlenir. Genellikle analizci, görüntüde kaç sınıf göründüğüne bakarak; istenilen sınıf sayısı, sınıflar arası ayırma uzaklığı gibi parametreleri belirler. Bu yöntemde noktalar arasındaki uzaklığın belirlenmesi için uzaklık ölçüleri kullanılır (Kitapçıoğlu, 2005). Hem kontrolü hem de kontrolsüz sınıflandırmada benzerlik ölçütü olarak Öklit (Euclidean) ve Mahalanobis gibi çeşitli uzaklıklar kullanılır. Öklid uzaklığı;

$$E = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \tag{3.1}$$

Burada:

x_i, y_i:*n* boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri,

E: n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki Öklid uzaklıktır.

Mahalanobis mesafesi ise;

$$\mathrm{E} = \sqrt{(\mathrm{x_i} - \mathrm{a})^{\mathrm{T}} \mathrm{S}^{-1} (\mathrm{x_i} - \mathrm{a})} \tag{3.2}$$

olarak tanımlanır.

$$a = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} x_i \quad (3.3)$$

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - a_i)\left(y_j - a_j\right) \quad (3.4)$$

Kovaryans matrisinde;

n: band sayısı,

a_i:birinci bant ortalaması,

a_j:ikinci bant ortalaması,

x_i:birinci banttaki piksel parlaklığı,

y_j:ikinci banttaki piksel parlaklığıdır.

Çalışılacak bölge ile ilgili ön bilgi (var olan örtü tipi bilgisi) ve arazi çalışması gerektirmemesi, kontrollü sınıflandırma işlemiyle birlikte kullanılabilmesi, kontrolsüz sınıflandırma işleminin avantajlarıdır. Kontrolsüz sınıflandırmanın dezavantajları ise; aynı örtü türüne ya da nesneye ait pikseller farklı sınıflarda sınıflanmış olabilmesi ya da tersine birkaç nesneye veya örtü türüne ait pikseller tek bir sınıfta sınıflanmış olmasıdır (Kitapçıoğlu, 2005).

Kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinden en çok bilinen ve kullanılan ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Tecnique) yöntemi aşağıda detaylandırılmıştır.

3.3.1.1 ISODATA yöntemi

ISODATA yöntemi, iteratif bir sınıflandırma yöntemidir. Yöntemin algoritması, deneyimler ile geliştirilmiştir ve kendi kendine sınıflandırma (selforganizing) yöntemidir (Jensen,1996).

Başlangıçta tüm görüntü tek bir sınıf olarak varsayılır. Bir ISODATA algoritması oluşturulurken genellikle analizcinin belirlemesi gereken parametreler vardır. Bu parametreler ile sınıflandırma şartları oluşturulur. Parametreler belirlenmezise, işlem sürekli devam eder ve 256 kadar sınıf ortaya çıkabilir. Bu

sınıflandırma kriterlerianalizcinin inisiyatifindedir. Aşağıda bu sınıflandırma parametrelerin neler olduğu açıklanmıştır;

- C_{max} : Algoritmada tanımlanan maksimum sınıf sayısıdır (örneğin; 20). Sınıf birleştirme ve ayırma işlemlerinden sonra bu sayının değişmesi sık karşılaşılan bir durumdur.
- *T:*İterasyonlar arasında sınıf spektral değerlerinin, değişmez kalan piksellerinin maksimum spektrum yüzdesi. Bu sayıya ulaşıldığında ISODATA algoritması sonlanır. Bazı durumlarda asla arzu edilen değişmez yüzdeye ulaşılmayabilir. Böyle bir durum olduğunda, işlemi kesmek ve parametreleri düzenlemek gerekir.
- *M:*Piksellerin sınıflandırılması ve küme ortalama vektörünün yeniden hesaplanması için ISODATA'nın maksimum tekrarlanma sayısı. Yani bu sayı iterasyon sayısı olarak da adlandırılabilir. Bu sayıya ulaşıldığında ISODATA algoritması sonlanır.
- Bir sınıftaki en az üye sayısı kriteri: Eğer bir sınıf, üyelerin minimum yüzdesinden daha az elemanlıysa, silinir ve üyelere alternatif bir sınıf oluşturulur. Oluşacak sınıflardan, bir sınıfta en az kaç eleman olması gerektiğini analizci bu kriterle tanımlar.
- Maksimum standart sapma: Bir sınıfın standart sapması belirlenen maksimum standart sapmayı aştığında ve sınıftaki üye sayısı, bir sınıftaki üye sayısı kriterinden ikinci kez daha büyük olursa, sınıf iki sınıfa bölünür. İki yeni sınıf için ortalama vektörler; eski sınıf merkezlerinden 1 standart sapmadır. Genellikle standart sapma sınır değeri 4,5 ile 7 arasında seçilir.

Örneğin iki bantlı bir görüntüde;

X_i: 1. banttaki spektral değerleri,

Y_i: 2. banttaki spektral değerleri gösterecek olursa,

Spektral sınıf ortalamaları;

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \tag{3.5}$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i \tag{3.6}$$

Standart sapmalar ise;

$$S_D X = \sqrt{\frac{(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.7)$$

$$S_D Y = \sqrt{\frac{(Y-\bar{Y})^2}{n-1}} \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanır.Sınıf ayırma parametresi standart sapma değeri ile belirlenir.Sınıflar arasındaki uzaklık sınıf ortalamaları arasındaki en kısa uzaklık parametresi değerinden daha az ise sınıflar birleştirilir. Yani sınıfların spektral ortalama değerleri birbirine yakınsa bu pikseller aynı sınıfa dâhil edilir. Öncül değer sıkça 3.0 kullanılır (Jensen, 1996).

ISODATA yönteminde görüntüdeki tüm pikseller bir spektral sınıfın üyesi olarak kabul edilir. Yani öncelikle tüm görüntü bir sınıf olarak varsayılır. Bir sınıfın yeni sınıflara ayrılıp ayrılmayacağı standart sapma kriterinin maksimum sınırını aşıp aşmadığına bakılarak kontrol edilir. Eğer ilk sınıfın standart sapması belirlenenden büyükse sınıf ortalamasından bir standart sapma uzaklıkta iki yeni sınıf merkezi yaratılır. Yani sınıf ikiye bölünerek iki yeni sınıf oluşturulur. Pikseller spektral uzaklıkları en yakın sınıfa dâhil edilirler. Yeni ortalamalar ve standart sapmalar hesaplanır. Spektral sınıfların birleştirilip birleştirilmeyeceği kontrol edilir. Spektral sınıflar çok yakınsa, sınıf ortalamaları arasındaki uzaklık kullanıcının belirlediğinden daha az ise ya da bir sınıftaki üye sayısı kullanıcının belirlediğinden daha az ise sınıflar birleştirilir. Aynı zamanda spektral sınıfların toplam sayısı kullanıcının belirlediği değeri aşarsa yakın sınıflar birleştirilir. Yeni ortalamalar ve standart sapmalar hesaplanır. ISODATA işleminin durdurulup durdurulmayacağı kontrol edilir. Maksimum iterasyon sayısına ulaşılmışsa ya da spektral sınıfların üye sayıları değişmemişse iterasyon durdurulur (Verbyla,1995; Kitapçıoğlu, 2005).

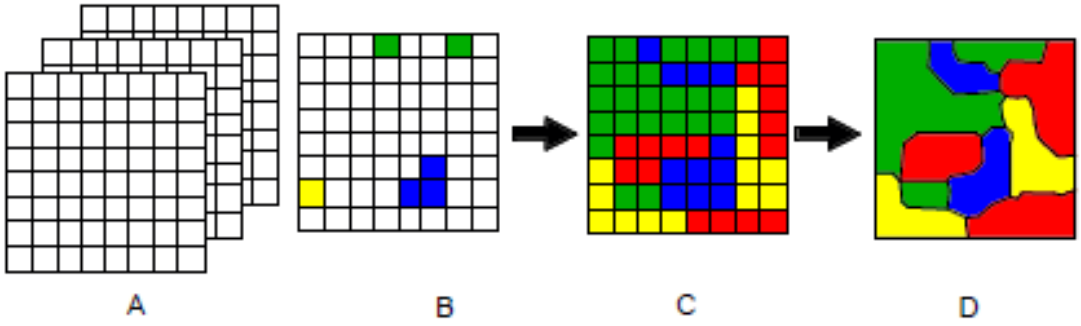
3.3.2 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma yöntemi, olası sınıfların, eğitim örneklerine göre tanımlandığı, her ölçme vektörünün, belirlenmiş bir karar kuralına göre bir sınıfa sokulduğu bir işlemdir. Kontrollü sınıflandırma ile sınıflandırılmak istenilen spektral sınıfların dağılımının bilinen örnek alanların dağılımı ile belirlenmesi esasına dayanır.

Bu örnekleme alanları eğitim alanları ya da alıştırma verileri olarak tanımlanır. Alıştırma verilerinin spektral değerlerine de spektral imza (spektral signature) adı verilmektedir. Her sınıf için spektral imzalar belirlenir. Kontrollü sınıflandırmada analizci sınıfların sayısını belirler ve bu sınıfların spektral imzalarını da tanımlar. Alıştırma verileri bölgeyi iyi tanımlayacak şekilde seçilmelidir. Alıştırma verilerinin kalitesi sınıflandırmanın kalitesini belirleyen etkenlerdendir. Analizcinin her sınıf için eğitim alanlarına ihtiyacı vardır (Kitapçıoğlu, 2005). Kontrollü sınıflandırma görüntü üzerindeki alanlara ait dış verilere dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu veriler arazi çalışmaları yapılarak, hava fotoğraflarının analiz edilmesiyle veya konu ile ilgili mevcut haritalardan elde edilebilir (Mather, 1987).

Eğitim alanlarının oluşturulmasında kullanılan en yaygın yöntemler; harita sayısallaştırılması, ekran üzerinden sayısallaştırma ve piksel seçme yaklaşımıdır (Kitapçıoğlu, 2005).Yöntemde görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı, ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istenildiği önceden belirlenir. Bunun için görüntüden belirlenen sınıflara ait kontrol alanlarının seçilmesi gerekmektedir (Şekil 3.8). Bu seçim için gerektiğinde arazide yer gerçekliği yapılması zorunludur. Kontrol alanlarının seçimi sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyen bir aşamadır. Uygulamada sıkça karşılaşılan sorun sınıf çakışmasıdır. Sınıf çakışmasının nedenlerinden biri de kontrol alanlarının ölçümünde yapılan hatalardır.

Kontrollü sınıflandırmada her bir örtü çeşidi için örnekleme bölgesi seçilmelidir, belirlenmediği takdirde sınıflandırılamayan veriler olacaktır. İyi bir sınıflandırma için örnekleme bölgeleri başarıyla belirlenmelidir. Örnekleme bölgelerini belirleme analizcinin sorumluluğunda olduğu için, analizci ve görüntü verisi arasında iyi bir etkileşime gereksinim duyulur. Ayrıca analizci verinin ait olduğu coğrafi alan hakkında iyi bilgiye sahip olmalıdır (Kansu, 2006).



Şekil 3.8Kontrollü sınıflandırmada akış seması (a) 3 bantlı görüntü (b) Kontrol alanları (c) Spektral sınıflandırma (d) sınıflandırma sonucu elde edilen tematik harita.

Kontrollü sınıflandırma yöntemi, uzaktan algılama görüntü verilerinin nicel analizi için çok sık kullanılan bir işlemdir. Seçilen özel yöntemlere bakılmaksızın, yapılması gereken temel pratik adımlar Richards ve Jia'ya(2006) göre aşağıda verilmiştir.

a) Öncelikle görüntü içinde kaç değişik örtü tipinin yer alacağına karar verilmelidir. Daha sonra, sınıflar ve sınıflandırma bilgisi oluşturulmalıdır (mera alanı, ürünalanı, yerleşim bölgesi, sulak alanlar vb.)
b) Arzu edilen sınıfların her birinden örnek alanlar (pikseller) seçilmelidir. Seçilen bu örnek piksellere "kontrol verisi" denir. Her bir sınıf için kontrol setleri, yerden GNSSile koordinat bilgisi alarak, kartografik haritadan, hava fotoğraflarından, hatta görüntüden üretilmiş renkli kompozit görüntülerden seçilebilir. Seçilen bu kontrol setleri kapalı poligonlarla tanımlanır. Bir sınıf için tanımlanan bölge, o sınıf için bir kontrol alanıdır.
c) Kontrol verileri, sınıflandırma algoritmalarının parametrelerini tahmin etmek için de kullanılabilir. Belirlenen bir sınıf için bu kontrol verileri, parametre setinin o sınıfı temsil etme özelliğinden dolayı, "sınıf imzası" olarak kabul edilir. Görüntüde yer alacak her bir sınıf için imzalar belirlenmelidir.
d) Kontrol sınıflarının kullanımı ile görüntü içindeki her bir pikselin, beklenen yer örtü tipine ait sınıflara atanması beklenir. Bilgisayar bu kontrol setine bakarak diğer pikselleri isimlendirecektir.
e) Sınıflandırma sonucunun özeti, tematik haritalar veya üretilen özet tablolar olarak sunulur.

f) İsimlendirilmiş bir veri setinin sonucunda oluşan sınıflandırmanın doğruluğunu hesaplamak da gereklidir.

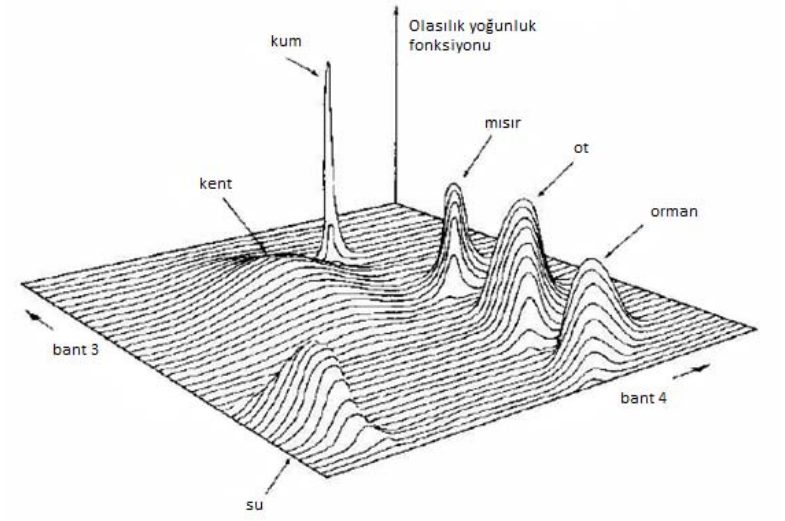
Görüntü sınıflandırma uygulamasında sonuca gitmek için yukarıdaki adımlar takip edilir. Sınıf doğruluğunu artırmak ve kontrol süreçlerini geliştirmek için bu adımları tekrarlamak gerekebilir (Richards ve Jia, 2006).

Kontrollü sınıflandırma yöntemlerine örnek olarak; en çok benzerlik sınıflandırması, en kısa uzaklık sınıflandırması, paralelkenar sınıflandırması, mahalanobis uzaklığı sınıflandırıcısı, karar ağacı sınıflandırma yöntemi ve yapay sinir ağlarına dayalı yöntemler sayılabilir. Burada bu yöntemlerden, çalışmada kullanılan en çok benzerlikyöntemi detaylandırılacaktır.

3.3.2.1 En çok benzerlik sınıflandırma algoritması (Maximum likelihood)

En çok benzerlik yöntemi literatürde en yaygın olarak kullanılan etkili bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntemde ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistikî değerlerin tümü dikkate alınır. Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanmakta ve buna göre her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilmektedir (Şekil 3.9). Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı grubu atama şeklinde yapılır (Mather, 1987).

Bu noktada kullanıcı tarafından tespit edilecek bir eşik değer sınıflandırılacak pikselin belirlenen sınıflardan veya bu sınıfların dışında bir sınıftan olduğunun tespitinde kullanılır. Bu yöntemde, sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın, normal dağılım olduğu kabul edilir. Sınıfların ilk olasılıkları hakkında bilgi mevcut değilse, hepsi eşit olasılıklı olarak kabul edilir. Yöntem, pikselleri sadece parlaklık değerlerine göre değil, her sınıf için ayrım oluşturacak varyans-kovaryans matris değerine göre oluşturur. Böylece örnek piksellerin özellik uzayındaki dağılımları da dikkate alınmış olur. Şekil 3.10'da en çok benzerlik sınıflandırıcısının şematik gösterimi yer almaktadır.



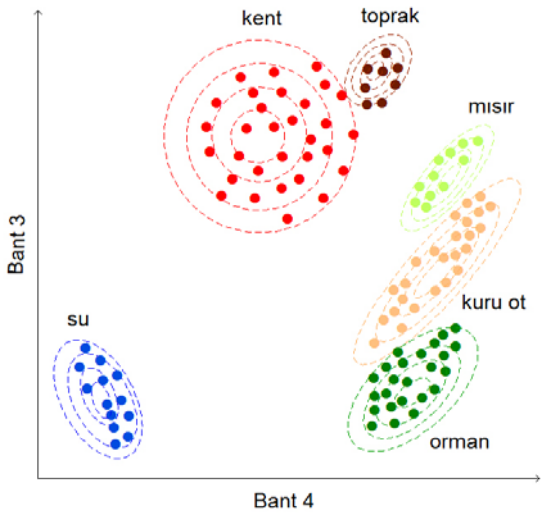
Şekil 3.9En çok benzerlik yöntemiyle oluşturulmuş yoğunluk fonksiyonu

Olasılık yoğunluk fonksiyonları, bilinmeyen piksellerin olasılıklarının hesaplanarak belirli bir sınıfa atanması için kullanılır. Aday piksel olasılık değerine göre en çok benzediği sınıfa atanır. Sınıflandırma sırasında piksellerin belirlenen sınıflardan veya bu sınıfların dışında bir sınıftan olduğunun tespiti için eşik değeri kullanılmaktadır. Eğer aday pikselin olasılığı tüm sınıflar için belirlenen eşik değerinin altındaysa piksel bilinmeyen olarak etiketlenir (Lillesand ve Kiefer, 2000).

En çok benzerlik yöntemiyle, X_i parlaklık değerinin *k.* sınıfa dahil edilebilme olasılığı hesaplanmakta ve X_i parlaklık değeri en yüksek olasılık değerine sahip olduğu sınıfa dahil edilmektedir.

$$P(X_i) = 2\pi^{(-1/2)n|c|^{(-1/2)}} * e^{(-1/2)(X-\mu_k)(1/c)(X-\mu_k)} \quad (3.15)$$

$P(X_i)$: Bilinmeyen görüntü elemanının *k*. Sınıfa dâhil olma olasılığı,
n: kanal sayısı,
c: *nxn* boyuttaki *k*. sınıfına ait varyans-kovaryans matrisi,
X: *n* boyutundaki parlaklık değeri vektörü,
μ_k: *k*. sınıfına ait ortalama parlaklık değeri vektörünü göstermektedir.



Şekil 3.10 En çok benzerlik sınıflandırıcısının şematik gösterimi. Eşit olasılıklı hatlar eşmerkezli elipslerle temsil edilir

En çok benzerlik yöntemine diğer bir yaklaşım ise Bayesian algoritmasıdır. Bu yöntem de veri bantlarının normal dağılıma sahip olduğunu kabul eder. Yöntemin temel kuralı, bir görüntü elemanının belirli bir sınıfa ait olma olasılığına dayanmaktadır. Bayesian'a göre en çok benzerlikyönteminde bütün sınıflar için ağırlık faktörü 1 olarak kabul edilir. Eğer sınıflara ait farklı ağırlık değerleri önceden biliniyorsa eşitlikte bu değerlerde kullanılabilirler (Kansu, 2006).

$$D = \ln(a_c) - [0.5\ln([Cov_c])] - [0.5(X-\mu_c)^T(Cov_c^{-1})(X-\mu_c)] \quad (3.16)$$

Bu eşitlikte;

D: ağırlıklı uzunluk,

C: belirli bir sınıf,

X: ölçülen bilinmeyen görüntü elemanı (piksel),

μ_c: c sınıfının ortalama vektörü,

a_c: herhangi bir belirsiz pikselin c' ye ait olma olasılığı,

Cov_c: c sınıfındaki piksellerin kovaryans matrisi,

$[Cov_c]$: kovaryans matrisinin determinantı,

Cov_c^{-1}: kovaryans matrisinin inversi,

ln : doğal logaritma fonksiyonu,

T: fonksiyonun transpozesidir.

Aday piksel ağırlıklı uzunluk değeri (D)'nin en düşük olduğu, c sınıfına atanır. Yöntemin doğruluğu, seçilen örnekleme bölgelerinin doğruluğuna ve μk değerlerinin doğru hesaplanmasına bağlıdır (ErdasField Guide, 2002). Doğru örnekleme alanları sağlandığında en güçlü sınıflandırma metodudur. Bu yöntemin bir avantajıysa örtü alanlarındaki tahminleri istatistiksel olarak yapmasıdır. En çok benzerlik yöntemi uygulaması, her bir piksel ve her bir bant için iki matris çarpımı işlemi içerdiği için uzun zaman alır. Bant sayısı arttıkça hesaplama süresi de artar. Parametrik bir yaklaşım olduğu için veri bantlarının normal dağılımlı olması önemlidir (Kansu, 2006).

3.4 Sınıflandırmada Doğruluk Analizi

Uzaktan algılama da doğruluk, sınıflandırılmış görüntüdeki piksele tahsis edilen etiket ile o pikselin gerçek sınıfı arasındaki uygunluğun araştırılmasıdır. Gerçek sınıf, hava fotoğraflarından, mevcut harita ve planlardan ya da GNSS ölçmelerinden elde edilebilir. Bu amaçla, sınıflandırma sırasında veya sınıflandırılmış veri üzerinden pikseller seçilerek bu piksellerin referans verilerle uyumu incelenir (Göksel, 1996).

Sınıflandırma hatası, yer doğruluklu ölçmelere dayanarak bilinen bir kategoriye ait olan bir pikselin sınıflandırma sonucunda başka bir gruba atanmasıdır. Sınıflandırma hatası, elektromanyetik yansıma değerlerinin benzemesinden, algılayıcı çözünürlüğünden, radyometrik ve geometrik düzeltmelerden ve sınıflandırma algoritmalarından kaynaklanır. Piksel yüzeyindeki yeterli doğruluk derecesini sağlamanın bir yolu, görüntü içerisindeki her pikselde arazi örtüsü sınıflandırmasının bir referans kaynakla karşılaştırmaktır. Fakat proje alanının tümü için referans arazi örtüsü bilgilerinin toplanması ekonomik değildir ve uzaktan algılamaya dayanan sınıflandırma yapmanın amacını tümüyle yok eder (Ayhan ve ark., 2003).

Sınıflandırmada doğruluk analizi, sınıflandırmadan elde edilen sonuçların referans verilerinden çıkarılan test alanlarındaki arazi örtüsünün bilinen kimliği ile karşılaştırılmasını içerir. Test alanları, analizci tarafından ya da rastgele seçilebilir. Test alanları analizci tarafından seçilirse, mevcut olan yer gerçeği bilgileri temel alınabilir. Fakat kontrollü sınıflandırma yapılmışsa, örnekleme bölgelerinin seçiminde kullanılmış pikselleri test alanı için seçmek kullanıcıya cazip gelir. Bu da testte sapmalara sebep olur, çünkü örnekleme pikselleri sınıflandırmanın temelidir. Doğru bir test yapabilmek için, örnekleme sırasında seçilen pikselleri seçmemek gerekir. Test alanları rastgele

seçilirse, sapma olasılığı elemine edilir. Fakat rastgele seçilmiş olan piksellere, arazi üzerinde ulaşmak zor olabilir. Bu tarz durumlarda arazi örtü haritalarının referans veri olarak kullanılması daha uygundur (ErdasField Guide, 2002).

Seçilen piksellerle referans verilerinin karşılaştırılması sonucu, sınıflandırılmış piksellerin ait olduğu sınıflara atanma doğrulukları, sınıflandırma hata matrisinden elde edilebilir. Ayrıca hata matrisleri, kapa katsayısı ile istatistik olarak analiz edilebilir. Doğruluk derecesini tanımlamak için en yaygın yol, hata matrisi oluşturmaktır. Hata matrisi; arazide tanımlanan veya hava fotoğraflarından yorumlanan gerçek arazi örtüsüne göre belirli bir arazi örtüsü tipi olarak atanan piksellerin sayısını satırlar ve sütunlar halinde düzenlemiş sayıların karesel bir düzenidir. Referans verileri matris sütununda, sınıflandırma verileri matris satırında yer alır. Hata matrisi, bilinen referans veriler ile sınıflandırmada bunlara karşılık gelen veriler arasındaki ilişkiyi kıyaslar (Jehnsen, 1996).

Hata matrisinden, sınıflandırmanın doğruluğuna ait birçok ölçüt türetilebilir. Bunlardan en yaygın olanı, doğru ayrılmış kategorilerin yüzdesinin hesaplanmasıdır. Sınıfların bireysel olarak doğrulukların, bir sınıfa doğru olarak atanan piksellerin toplamının, o sınıfa ait olan tüm piksellerin toplamına oranı hata matrisinden türetilerek bulunabilir. Doğruluk iki yaklaşımla hesaplanabilir; bunlar, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğudur. Doğruluk hesaplanırken, matrisin satırları dikkate alınıyorsa, kullanıcı doğruluğu söz konusudur. Eğer, doğruluk hesaplanırken hata matrisinin sütunları kullanılıyorsa, üretici doğruluğundan bahsedilir (Foody, 2002).

	A	B	C	D	$Toplam$
A	n_{AA}	n_{AB}	n_{AC}	n_{AD}	n_{A+}
B	n_{BA}	n_{BB}	n_{BC}	n_{BD}	n_{B+}
C	n_{CA}	n_{CB}	n_{CC}	n_{CD}	n_{C+}
D	n_{DA}	n_{DB}	n_{DC}	n_{DD}	n_{D+}
$Toplam$	n_{+A}	n_{+B}	n_{+C}	n_{+D}	n

(3.20)

olmak üzere, üretici ve kullanıcı doğruluğu;
Doğruluk yüzdesi:

$$\frac{\sum_{k=1}^{q} n_{kk}}{n} 100 \qquad (3.21)$$

Kullanıcı doğruluğu:

$$\frac{n_{ii}}{n_i+} \tag{3.22}$$

Üretici doğruluğu:

$$\frac{n_{ii}}{n_{+1}} \tag{3.23}$$

Sınıflandırılmış veriyle referans verisi arasındaki genel doğruluk ifadesi;

$$GD = \frac{\sum_{i=1}^{k} nii}{n} \tag{3.24}$$

eşitliklerinden hesaplanabilir.

Hata matrisi, doğruluğun temsili için etkili bir yoldur, çünkü her kategorinin doğruluğu açıkça belirtilir. Atama (commision) ve atlama (omision) hataları matriste gösterilir. Toplam piksel sayısının hata matrisinin ara köşegeni üzerindeki toplam piksel sayısına bölümü sınıflandırma doğruluğudur (Kansu, 2006).

Bazı durumlarda piksel şans sonucu doğru sınıfa atanmış olabilir, bu problemin irdelenmesi için kappa katsayısı kullanarak doğruluk irdelemesi yapmak daha uygundur. Kappa katsayısı, hata matrisinin satır ve sütun toplamları ve köşegenin üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır. Kappa katsayısı 0 ile 1 arsında değer alır (Foody, 2002).

Kappa doğruluk değeri şu formüle göre hesaplanır;

$$K_{hat} = \frac{N\sum_{i=1}^{R} X_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} * X_{+1})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} * X_{+1})} \tag{3.25}$$

Burada,

N: toplam piksel sayısı (satırdaki ve sütundaki),

r: satır sayısı,

X_{i+}*: i* satırındaki piksel toplamı,

X_{+i}: i sütunundaki piksel toplamını göstermektedir.

Hata matrisinden ve kappa istatistiğinden elde edilen sonuçlar farklıdır. Çünkü ikisinde farklı bilgiler kullanılır. Hata matrisinde sadece köşegen elemanları kullanılırken, kapa katsayısı için satır ve sütunların ağırlıklı toplamı kullanılır (Jehnsen, 1996).

3.5 CORINE Veritabanı

CORINE (Coordination of Information on the Environment) Arazi Örtüsü Projesi, Avrupa Çevre Ajansının belirlediği kriterler ve sınıflandırma doğrultusunda Avrupa Çevre Ajansına üye tüm ülkelerde, arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi ve çevre ile ilgili politikaların belirlenmesi amaçlarına yönelik olarak aynı temel verilerin toplanması ve standart bir veritabanının oluşturulmasıdır. (URL1)

CORINE sınıflaması, üç seviyeli bir hiyerarşik temel üzerine kurulmuştur. Her bir seviyesi, bir bireysel ölçeğe karşılık gelmektedir. Seviye III, 44 kategoride 1/100.000 ölçeğinde bilgi toplamaktadır. Seviye II, 1/500.000 ve 1/1.000.000 ölçeklerine karşılık gelmektedir. Seviye I, Dünya ölçeği üzerine temel isabetli gözlenebilir toprak örtüsünün kategorilerine karşılık gelmektedir. Seviye I ve II, bütünleme seviyeleridir (Tablo 3.1).

İlgili sınıflamalar:

Seviye 1: bir basamaklı rakamla belirlenmiş 5 kısım;

Seviye 2: iki basamaklı harf ve rakamla belirlenmiş 15 bölüm;

Seviye 3: üç basamaklı harf ve rakamla belirlenmiş 44 grup bulunmaktadır. (URL1)

Tablo 3.1 CORINE sınıfları

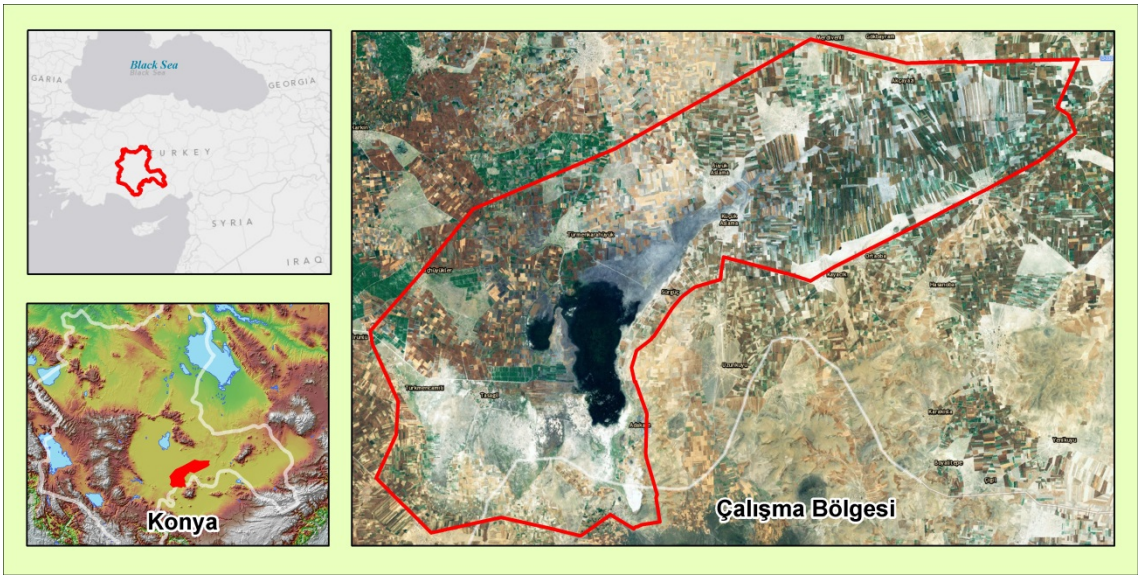
1.YAPAY BÖLGELER	1.1 Şehir Yapısı	1.1.1 Sürekli Şehir Yapısı 1.1.2 Dağınık (Kesikli) Şehir Yapısı
	1.2 Endüstriyel, Ticari ve Ulaşım Birimleri	1.2.1 Endüstriyel veya Ticari Birimler 1.2.2 Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar 1.2.3 Limanlar 1.2.4 Hava Alanları
	1.3 Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	1.3.1 Maden Çıkarım Sahaları 1.3.2 Boşaltım Sahaları 1.3.3 İnşaat Sahaları
	1.4 Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	1.4.1 Yeşil Şehir Alanları 1.4.2 Spor ve Eğlence Alanları
2. TARIMSAL ALANLAR	2.1 Ekilebilir Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Ekilebilir Alanlar 2.1.2 Sürekli Sulanan Alanlar 2.1.3 Pirinç Tarlaları
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Üzüm Bağları 2.2.2 Meyve Bahçeleri 2.2.3 Zeytin Bahçeleri
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar
	2.4 Karışık Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler 2.4.2 Karışık Tarım Alanları 2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları 2.4.4 Ormanla Karışık Tarım Alanları
3. ORMAN YERİ VE YARI DOĞAL ALANLAR	3.1 Ormanlar	3.1.1 Geniş Yapraklı Ormanlar 3.1.2 İğne Yapraklı Ormanlar 3.1.3 Karışık Ormanlar
	3.2 Maki ve/veya Otsu Bitkilerin Birleşimi	3.2.1 Doğal Çayırlıklar 3.2.2 Fundalıklar 3.2.3 Sklerofil Bitki Örtüsü 3.2.4 Bitki Değişim Alanları
	3.3 Bitki Örtüsü az yada hiç Olmayan Açık Alanlar	3.3.1 Sahiller, Kumsallar, Kumluklar 3.3.2 Çıplak Kayalıklar 3.3.3 Seyrek Bitkili Alanlar 3.3.4 Yanmış Alanlar 3.3.5 Buzul ve Kalıcı Kar
4. ISLAK ALANLAR	4.1 Karasal Bataklıklar	4.1.1 Bataklıklar 4.1.2 Turbalıklar
	4.2 Denize Yakın Islak Alanlar	4.2.1 Tuz Bataklığı 4.2.2 Tuzlalar 4.2.3 Gel-git Olayı ile Oluşan Düzlükler (Alanlar)
5. SU YAPILARI	5.1 Karasal Sular	5.1.1 Su Yolları 5.1.2 Su Kütleleri
	5.2 Deniz Suları	5.2.1 Kıyı Lagünleri 5.2.2 Nehir Ağızları (Haliç gibi) 5.2.3 Deniz ve Okyanus

4 UYGULAMA

4.1 Çalışma Bölgesi

Hotamış Gölü bazı kaynaklarda Hotamış Bataklığı olarak da geçmektedir. Hotamış Gölü ve çevresi yıllar içinde büyük değişimlere uğramıştır. Çalışma alanının coğrafi konumu, 37°28' - 37°38' Kuzey enlemleri, 32°59' - 33° 10' Doğu boylamları arasındadır (Şekil 4.1). Konya'nın 60 km Güneydoğusunda, Karaman-Çumra-Karapınar sınırlarının birleştiği yerde konumlanmış olan Hotamış Gölü, Karapınar İlçesisınırları içerisindedir. Bölge genellikle düz ve hafif eğimli topografyaya sahiptir.

Hotamış Ovası, Hotamış Gölü'nün doğusunda yer alır. Yüzölçümü 800 km² olup, havzanın en alçak bölgesidir. Ereğli Ovası, Karapınar ve Konya ovaları arasında yer alan çukur bir bölgedir. Uzunluğu 50, genişliği 20 km'dir.Volkanik Karadağ, bölgedeki en önemli dağlık kütledir. Karacadağ'ın güneybatı eteklerinde, volkanik patlamalarla oluşmuş iki patlama krateri Acıgöl ve özellikle Meke Tuzlası Gölü bulunmaktadır.



Şekil 4.1Çalışma bölgesinin genel konumu

Çalışma alanı 58000 hektar olup, Türkiye'nin en kurak bölümlerinden birinde yer almaktadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı karasal iklim hâkimdir.Bölge hakim bitki örtüsü bozkırdır. Konya Kapalı Havzasının doğal bitki

örtüsü yerini kültür bitkilerine terk etmiştir. Fakat meralarda doğal olarak yetişen çok çeşitli mera ve baklagil bitkilerine ayrıca çorak bitkilerine rastlanır. Havzadaki çayır ve mera bitkileri aşırı otlatma sebebiyle bir hayli azalmıştır.Bölge halkı geçimi tarıma dayalıdır. Geleneksel olarak kuru tarım yapılsa da yeraltı suyuna bağlı olarak sulu tarım da yapılmaktadır. Bölgenin toprak yapısı, yaklaşık 20 sene boyunca su altında kalmasına rağmen, saz ve kamış gibi bitkiler yüksek sıcaklık ve yetersiz yağış sebebiyle parçalanamamıştır. Bu yüzden bölge organik toprak özelliği göstermektedir(Er, 1994). Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Konya il çevre durum raporuna göre (2009) Karapınar ve Çumra ilçeleri arasında bulunan göl çok geniş ve sık sazlıklarla kaplıdır ve bölgede geniş bir ekolojik çeşitlilik sağlamaktadır. Bölgede yaşayan kuş türleri Balaban, Ak Kutan, Tepeli Kutan, Gece Balıkçılı, Alaca Balıkçıl, Küçük Ak Balıkçıl, Erguvan Balıkçıl, Çeltikçi, Kaşıkçı, Bozkaz, Dikkuyruk, Turna, Uzunbacak vb. gibidir.

4.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar

Çalışmada kullanılan analog ve sayısal verilerin başında uydu görüntüleri ve çeşitli kurumlardan temin edilen haritalar gelmektedir. Kullanılan uydu görüntüleri: 12 Eylül 1975 tarihli Landsat MSS görüntüsü, 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 02 Temmuz 1987, 25 Ekim 1988, 16 Ağustos 1989, 08 Haziran 1990, 11 Nisan 1998, 02 Eylül 1998 tarihli Landsat TM görüntüleri, 11 Mayıs 2000, 16 Eylül 2000, 17 Mayıs 2002 tarihli Landsat ETM görüntüleri, 1993 tarihli SPOT 2 görüntüsü, 1976, 1979 tarihli CORONA görüntüleridir.Görüntülerin seçiminde, anlamlı karşılaştırma işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için yılın aynı dönemlerine ait olmaları dikkate alınmıştır. Ayrıca bölgeye ait 1/25.000 ölçekli paftalar ve Devlet Su İşlerinden temin edilen vaziyet planları, göle ait tarihsel su seviye ölçümleri tablosu, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen 1975-2010 tarih aralığı yağış verileri, kurumlardan temin edilmiştir. Landsat uydu görüntüleri, zamansal analizler içindeğerlendirilmiştir. SPOT ve CORONA uydu görüntüleri sınıflandırma işleminin doğruluğunu arttırmak için eğitim verilerinin seçiminde kullanılmıştır. Çalışmada uzaktan algılanmış görüntülerin değerlendirilmesi için ERDAS Imagine9.2, elde edilen sonuçların zamansal analizi için ArcGIS 10 ve sınıflandırma eğitim alanlarının belirlenmesinde yardımcı araç olarak Google Earth yazılımlarından yararlanılmıştır.

4.3 Uygulama Aşamaları

Uygulama aşamaları sırasıyla, arazi örtüsü sınıfları ve eğitim alanlarının belirlenmesi, uydu görüntülerinin sınıflandırılması, normalleştirilmiş bitki endeksi çalışması, göl kıyı çizgisinin çıkarımı vebölgeye ait iklim verilerinin değerlendirilmesi adımlarından oluşmaktadır.

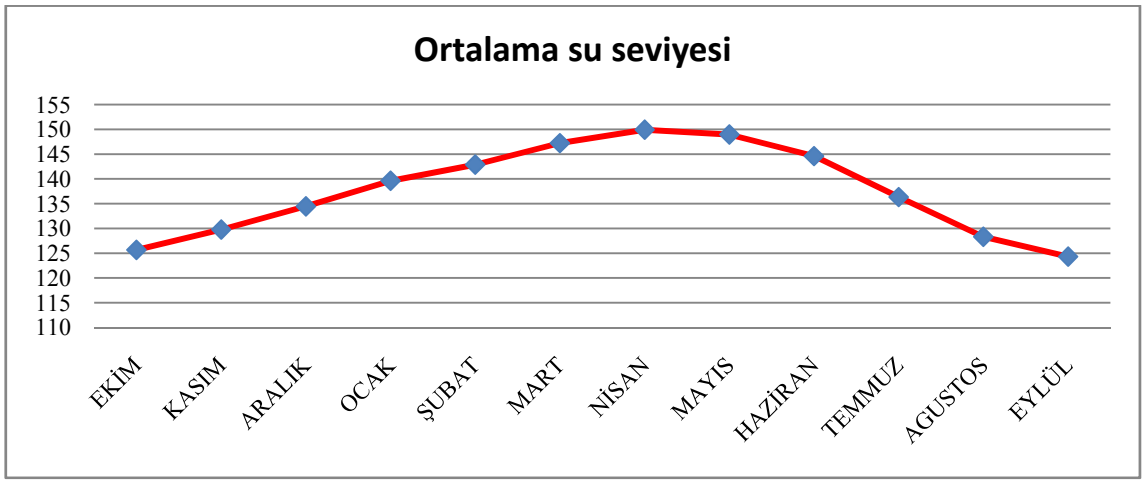
Arazi örtüsü sınıfları ve eğitim alanlarının belirlenmesi, sınıflandırma için ön adımdır. Bu işlemler için Landsat görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ayrı bantlar halinde olup birleştirilerek,görüntülerin çalışma alanı dışında kalan bölümleri kesilerek çıkartılmıştır (Şekil 4.2).Birleştirilen bantlar Landsat MSS görüntüsü için 1, 2, 3 ve 4, diğer uydu görüntüleri için 1, 2, 3, 4, 5 ve 7. bantlardır.



Şekil 4.2:08 Haziran 1990 tarihli WRS-2 dizin sisteminde 177-034 pafta Landsat görüntüsü. 7-4-1 bant kombinasyon sahte renk kombinasyonludur.

Mevsimsel farklardan etkilenmemek amacıyla görüntüler sulu periyot ve kuru periyot olarak iki kısımda incelenmiştir ve bundan sonraki tüm değerlendirmelerde bu ayrım göz önüne alınacaktır. Bu periyotların seçimi, iklim verileri ve DSİ su seviyesi tablosuna dayandırılmıştır.1966 yılından 1991 yılına kadar olan ölçülerin ortalaması alınmıştır. Buna göre Mart, Nisan, Mayıs ayları su seviyesinin en yüksek olduğu Eylül, Ekim, Kasım ayları su seviyesinin en düşük olduğu aylardır (Şekil 4.3).Sulu periyotiçin

seçilen görüntüler: 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 8 Haziran 1990, 11 Nisan 1998, 11 Mayıs 2000, 17 Mayıs 2002.

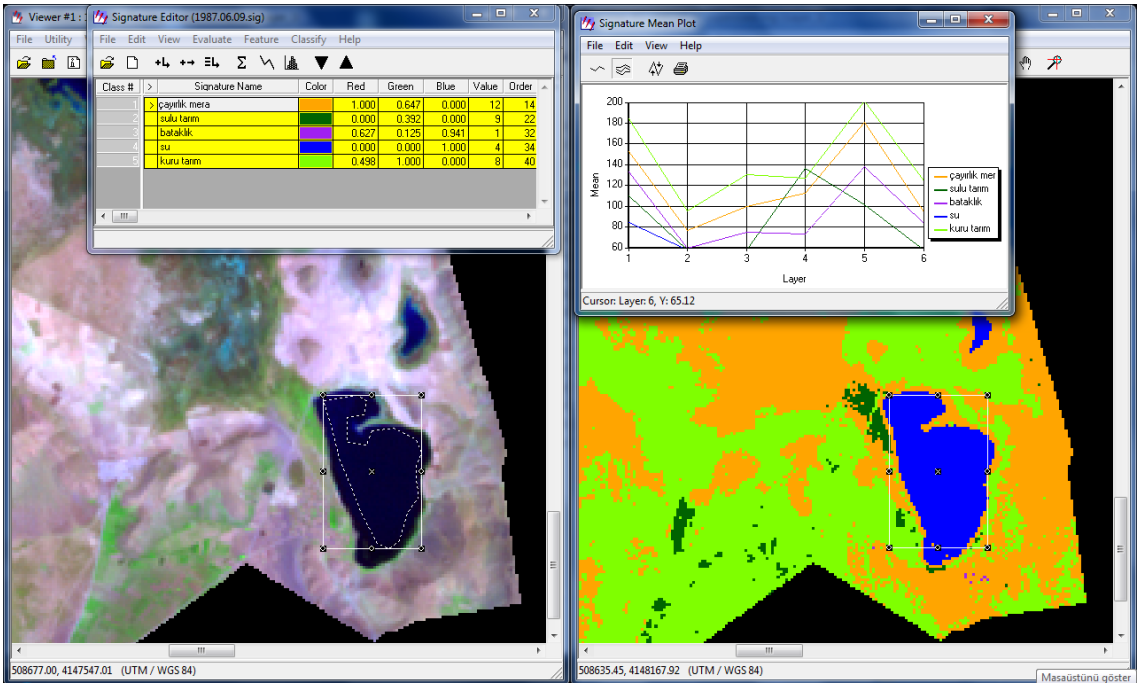


Şekil 4.3 Hatamış Gölü'ne ait aylara göre ortalama su seviyeleri

Kuru periyotiçin seçilen görüntüler: 12 Eylül 1975, 2 Temmuz 1987, 25 Ekim 1988, 16 Ağustos 1989, 2 Eylül 1998, 16 Eylül 2000, 16 Eylül 2003, 1 Temmuz 2010, 19 Eylül 2010 görüntüleridir.

4.3.1 Arazi örtüsü sınıfları ve eğitim alanlarının belirlenmesi

Bir bölgenin uzun zaman periyodundaki değişimlerin izlenmeye çalışıldığı uygulamalarda, araziden bilgi toplama imkanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmada kullanılacak olan tümuydu görüntüleri, Google haritaları, Harita Genel Komutanlığından elde edilen 1:25.000ölçekli paftalar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı mera bilgileri, SPOT ve CORONA uydu görüntüleri,çeşitli kurum haritaları ve daha önce oluşturulan kontrolsüz sınıflandırma verileri incelenerek bölge hakkında bilgi edinmeye çalışılmıştır (mera alanları, tarım alanları, yerleşim alanları gibi).Elde edilen bilgilerle sınıflandırma işlemi için kilit role sahip eğitim alanları belirlenmiştir.



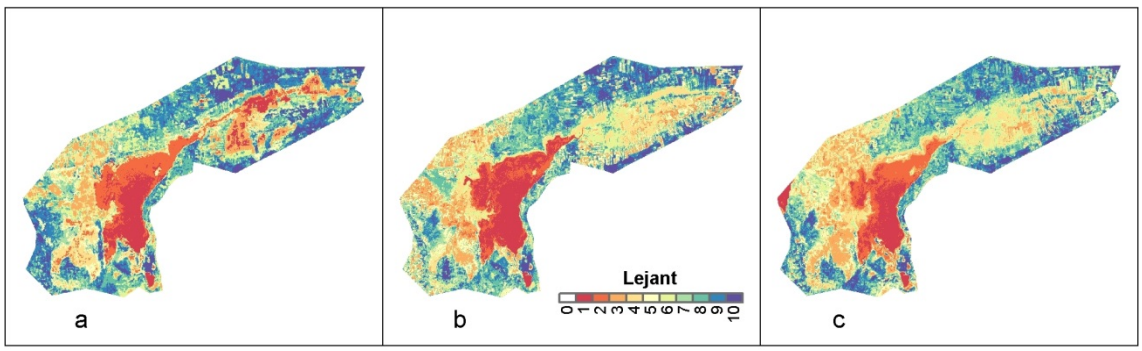
Şekil 4.4Solda 7-4-1 renk kombinasyonlu uydu görüntüsü, sağda kontrollü sınıflandırma sonucu oluşan tematik harita.

Şekil 4.4'de solda bulunan 7-4-1 renk kombinasyonlu uydu görüntüsü, sağda ise bu görüntünün kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritası gösterilmektedir. Ayrıca elde edilen sınıflar ve bu sınıflara ait yansıma değerleri de tablo ve grafikle şekil üzerinde gösterilmektedir.

4.3.2 Uydu görüntülerinin sınıflandırılması

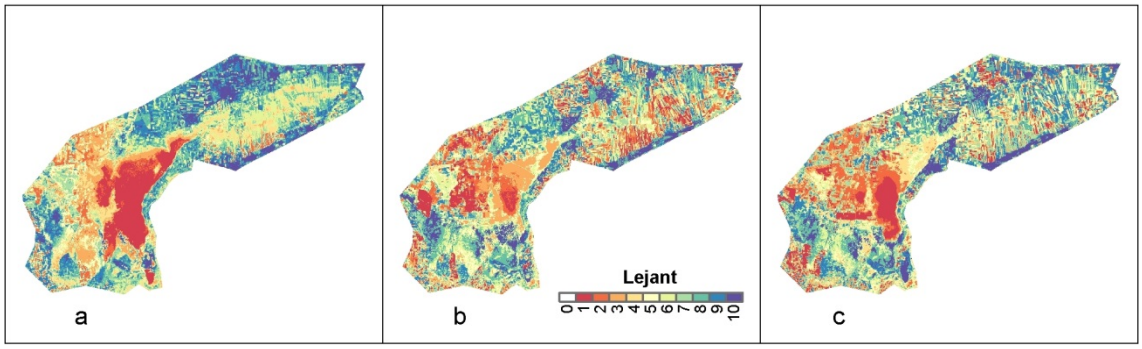
4.3.2.1 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma işleminde, ISODATA yöntemi kullanılmıştır. Tüm görüntüler 10 spektral sınıfa ayrılmıştır.

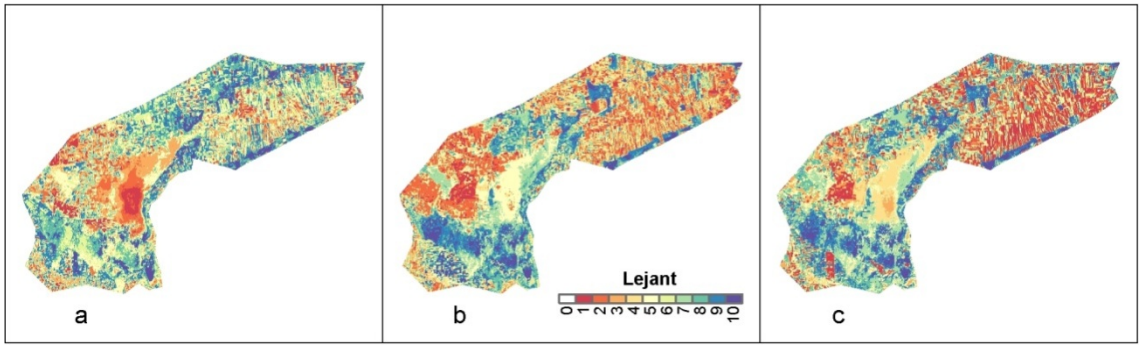


Şekil 4.5 a) 12 Eylül 1975, b) 2 Temmuz 1987 ve c) 25 Ekim 1988 tarihli kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri

Şekil 4.5'de kuru periyoda ait 12 Eylül 1975 (a), 2. Temmuz 1987 (b) ve 25 Ekim 1988 (c) tarihli uydu görüntülerinin kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşturulan 10 spektral sınıflı tematik haritaları gösterilmektedir.

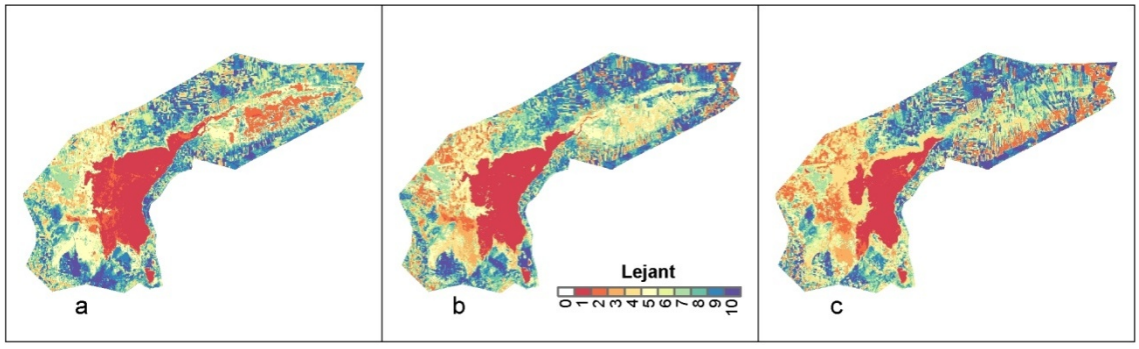


Şekil 4.6 a) 16 Ağustos 1989, b) 2 Eylül 1998, ve c) 16 Eylül 2000 tarihli kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri

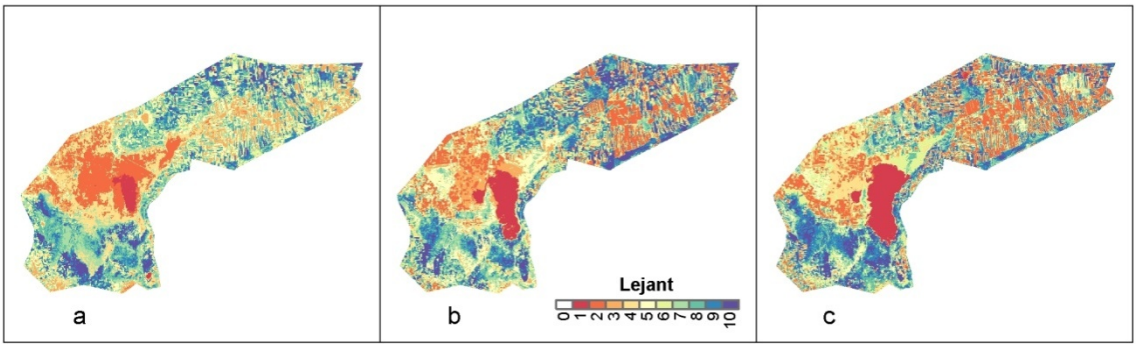


Şekil 4.7a) 16 Eylül 2003, b) 1 Temmuz 2010 ve c) 19 Eylül 2010tarihli kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 kurak periyodun 1989, 1998, 2000, 2003, 2010 tarihlerine ait diğer kontrolsüz sınıflandırma tematik haritalarını göstermektedir. Şekil 4.8, Şekil 4.9 sulak periyot kontrolsüz sınıflandırma görüntüleridir.



Şekil 4.8a)10 Nisan 1986,b) 15 Mayıs 1987 ve c) 8 Haziran 1990tarihli kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri



Şekil 4.9a)11 Nisan 1998, b) 11 Mayıs 2000 ve c) 17 Mayıs 2002 tarihli kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri

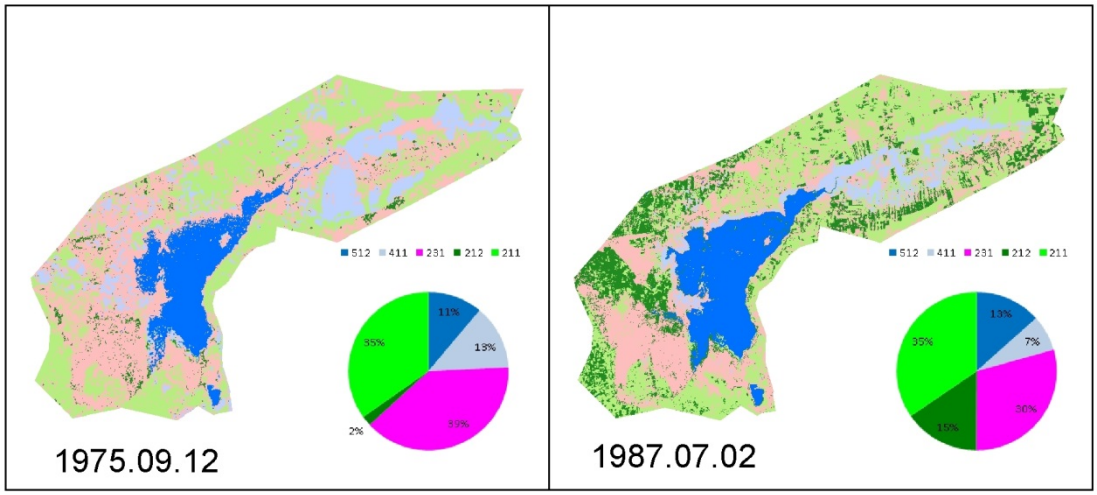
4.3.2.2 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma işleminde en çok benzerlik yöntemi kullanılmıştır. Buişlem sonucunda her görüntüde beş adet bilgi sınıfı oluşturulmuştur. Sınıflandırma sonucunda CORINE "2.1.1 Sulanmayan ekilebilir alanlar", "2.1.2 Sürekli sulanan alanlar", "2.3.1 Meralar", "4.1.1 Bataklıklar" ve "5.1.2 Su kütleleri" sınıfları elde edilmiştir.Çalışma alanında yerleşim birimlerinin yoğunluğu çok düşüktür. Seyrek yerleşim ve düşük çözünürlük nedeniyle yerleşim alanları sınıflandırılamamıştır. Köy alanları genelde mera yansıması vermiş olmakla birlikte köydeki küçük ağaçlık alanlar tarım alanları ile karışmıştır. Çalışma alanının güneyinde bulunan yükseltiler yeni görüntüden eski görüntüye gidildikçe ayrımı azalmış verilerin karşılaştırılması amacıyla bu sınıf kaldırılmıştır. Bu yükseltiler mera sınıfında değerlendirilmiştir. Yıllar içinde kuruyan bataklık alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmeden önce mera yansıması verdiği görülmüştür. Sürekli değişim gösteren gölde çıplak su yüzeyine nadiren rastlanmakta, genellikle suyun üstünü örten bitki yansıması gözlenmektedir. Çıplak su yüzeyi ve su bitkileri aynı sınıfta değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sonucu oluşan tematik haritalar tarihe göre sıralanmış, aynı sınıflar, aynı renkler ile gösterilmiştir.

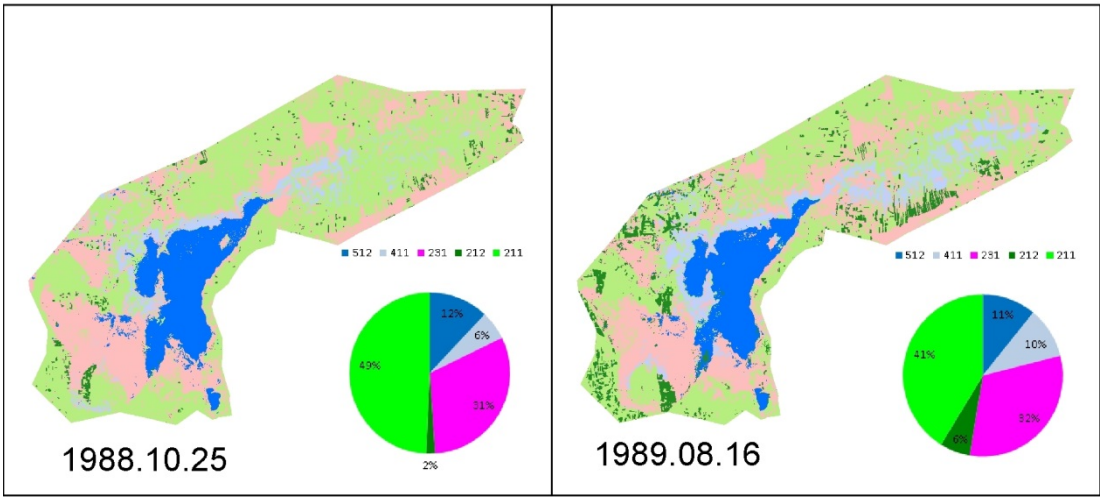
Şekil 4.10'da 12 Eylül 1975 ve 2 Temmuz 1987 yıllarına ait görüntülerden elde edilen, kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritalar gösterilmektedir. Ayrıca her sınıfın toplam piksel yüzdesi içerisindeki oranı da yine bu şekilde gösterilmektedir.Şekil ve grafikler incelendiğinde 1987 Temmuz ayında su kütleleri

sınıfı %13 iken 1975 Eylül ayında %11 olarak hesaplanmıştır. Görüntüler kuru periyota ait olduğu için bu sonuç normal olarak nitelendirilebilmektedir. Yine 1975 görüntüsünden elde edilen sürekli sulanan alanlar sınıfı 1987 görüntüsünde yaklaşık yedi kat büyüyerek 15 olarak elde edilmiştir. Bazı bataklık ve mera alanlarının sürekli sulanan alanlara dönüştüğü grafiklerden görülebilmektedir.



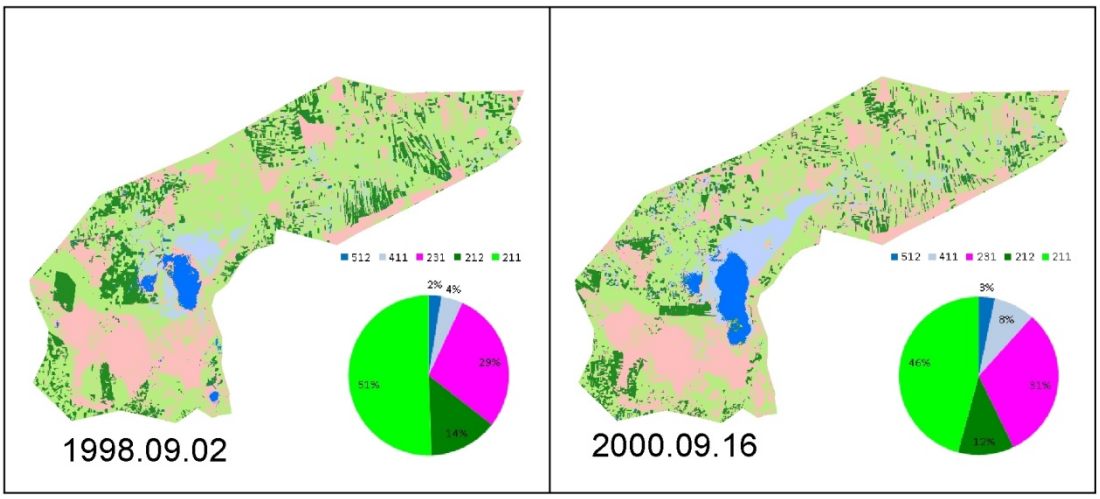
Şekil 4.10 12 Eylül 1975 ve 2 Temmuz 1987 tarihli kontrollü sınıflandırma haritaları.

Şekil 4.11'de 25 Ekim 1998 ve 16 Ağustos 1989 yıllarına ait görüntülerden elde edilen kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritalar ile her bir sınıfa ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı birlikte gösterilmektedir. Her iki görüntü birlikte incelendiğinde toplam çalışma bölgesinin yaklaşık olarak yarısının sulanamayan ekilen alanlar sınıfına ait olduğu görülebilmektedir. Diğer sınıflara ait oranlar iki görüntüde birbirine oldukça yakın değerlere sahiptir.



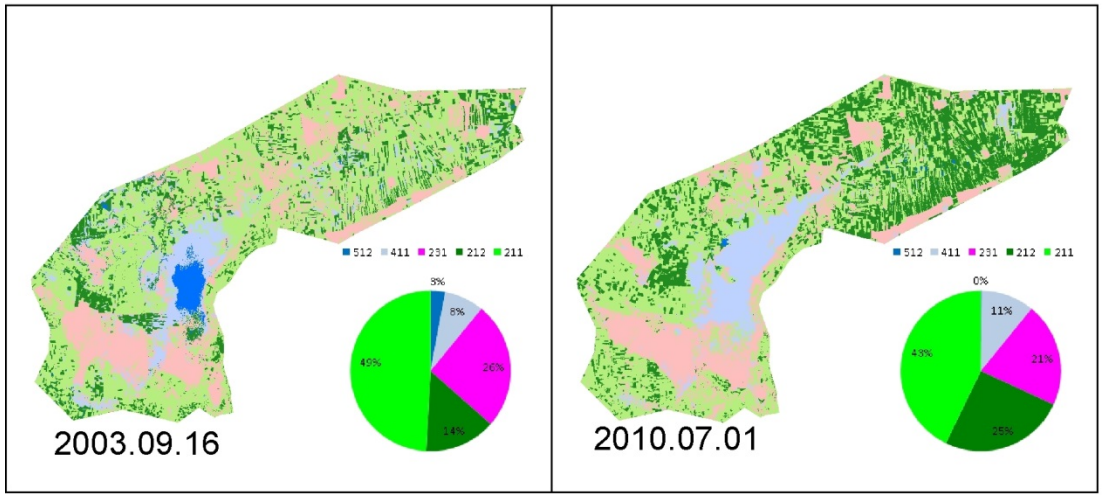
Şekil 4.11 25 Ekim 1988 ve 16 Ağustos 1989 tarihli kontrollü sınıflandırma haritaları

Şekil 4.12'de 2 Eylül 1998 ve 16 Eylül 2000 yıllarına ait görüntülerden elde edilen kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritalar ile her bir sınıfa ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı birlikte gösterilmektedir.



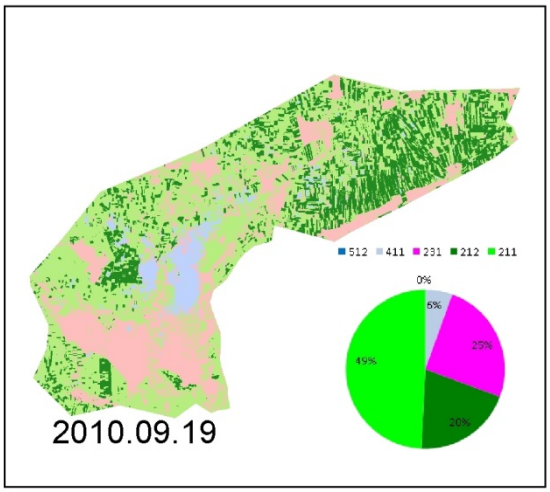
Şekil 4.12 2 Eylül 1998 ve 16 Eylül 2000 tarihli kontrollü sınıflandırma haritaları

Şekil 4.13'de 16 Eylül 2003 ve 1 Temmuz 2010 yıllarına ait görüntülerden elde edilen kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritalar ile her bir sınıfa ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı birlikte gösterilmektedir. Diğer sınıflarda dikkate değer bir değişim olmamakla beraber 2003 yılına ait görüntüden sonra su kütleleri sınıfı artık görülmemektedir.



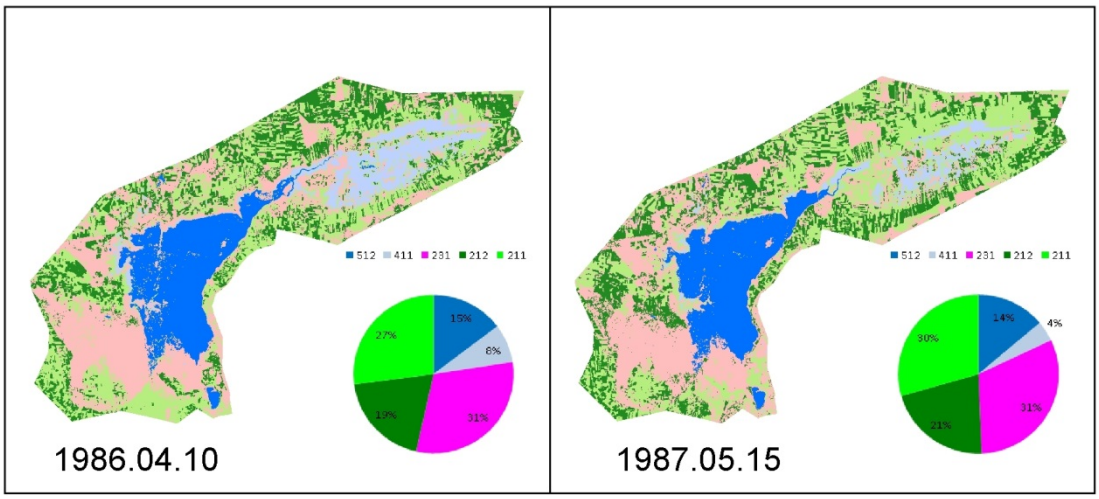
Şekil 4.13: 16 Eylül 2003 ve 1 Temmuz 2010 tarihli kontrollü sınıflandırma haritaları

Şekil 4.14'de 19 Eylül 2010 yılına ait görüntüden elde edilen kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik harita ile her bir sınıfa ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı birlikte gösterilmektedir.

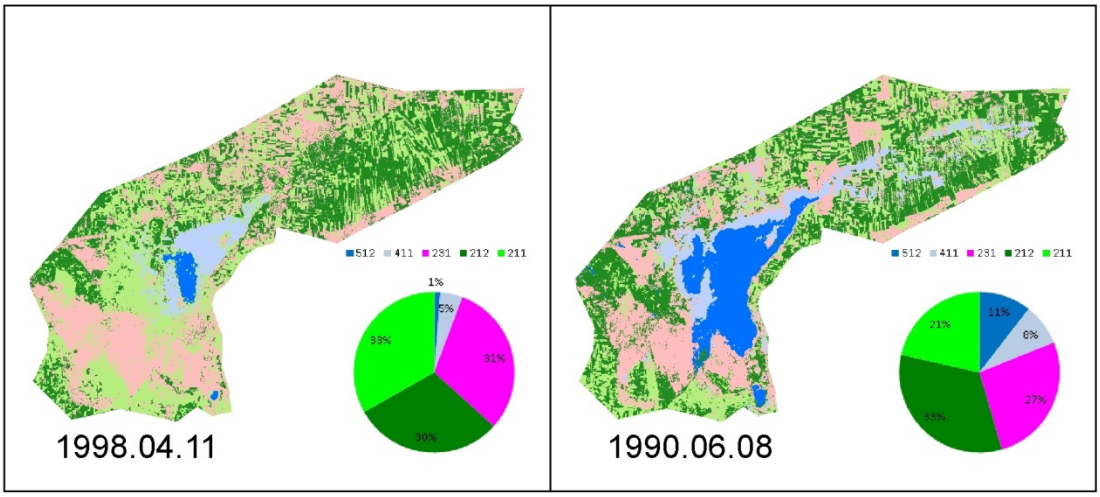


Şekil 4.14 19 Eylül 2010 tarihli kontrollü sınıflandırma haritası ve sınıf oranları.

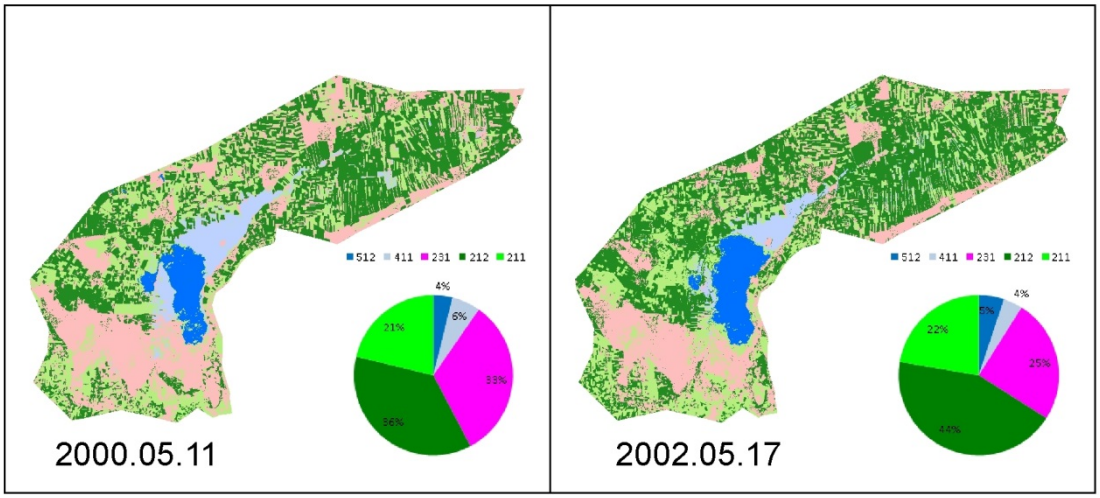
Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14kurak periyot görüntüleridir. Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 sulak periyot kontrollü sınıflandırılmış görüntülerdir. Kuru periyota ait tüm görüntüler ve sınıflandırma sonuçları birbirine yakın sonuçlar göstermektedir. Mevsimsel etkilerin çalışma bölgesindeki değişimlere etkilerinin araştırılabilmesi için sulu periyotta elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması gerekmektedir.



Şekil 4.15 10 Nisan 1986 ve 15 Mayıs 1987 tarihli kontrollü sınıflandırılmış görüntü



Şekil 4.16 11 Nisan 1998 ve 8 Haziran 1990 tarihli kontrollü sınıflandırılmış görüntü



Şekil 4.17 11 Mayıs 2000 ve 17 Mayıs 2002 tarihli kontrollü sınıflandırılmış görüntü

Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 11 Nisan 1998, 8 Haziran 1990, 11 Mayıs 2000 ve 17 Mayıs 2002 tarihlerine ait görüntülerden elde edilen kontrollü sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritalar ile her bir sınıfa ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı birlikte gösterilmektedir.Sınıflandırma sonucu her bir sınıfa ait, elde edilen alanlar sulu ve kuru periyot olmak üzere sırasıyla Tablo 4.1 ve Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Sınıflandırma sonucu kuru periyot için elde edilen alanlar (ha)

YILLAR	12.09.1975	02.07.1987	25.10.1988	16.08.1989	02.09.1998	16.09.2000	16.09.2003	01.07.2010	19.09.2010
512	6436.92	7734.65	6969.24	6303.42	1488.33	1897.38	1713.87	129.96	0.54
411	7657.89	4238.16	3354.12	5931.81	2547.9	4851.72	4634.82	6195.69	3210.66
231	22638.06	17095.75	18068.13	18331.56	16588.17	18109.35	14824.89	12164.04	14560.02
212	1185.56	8875.86	1039.77	3554.73	8064.27	6594.66	8369.37	14708.34	11731.95
211	20264.01	20080.2	28604.88	23914.62	29347.47	26583.03	28493.19	24838.11	28532.97

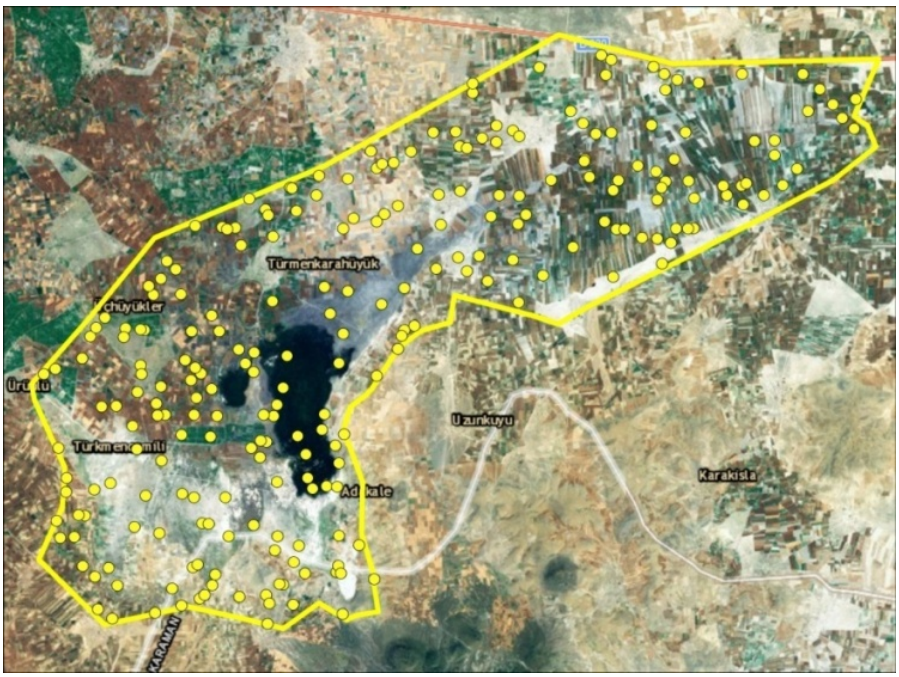
Tablo 4.2 Sınıflandırma sonucu sulu periyot için elde edilen alanlar (ha)

YILLAR	10.04.1986	15.05.1987	08.06.1990	11.04.1998	11.05.2000	17.05.2002
512	8532.9	8036.1	6111.18	724.05	2254.14	2975.58
411	4576.14	2419.02	4888.8	2593.17	3369.78	2221.2
231	17946.18	18177.39	15399.36	17982.36	18915.75	14532.03
212	11279.07	12311.82	19168.83	17470.17	21161.34	25352.01
211	15701.85	17091.81	12467.97	19266.39	12335.13	12955.32

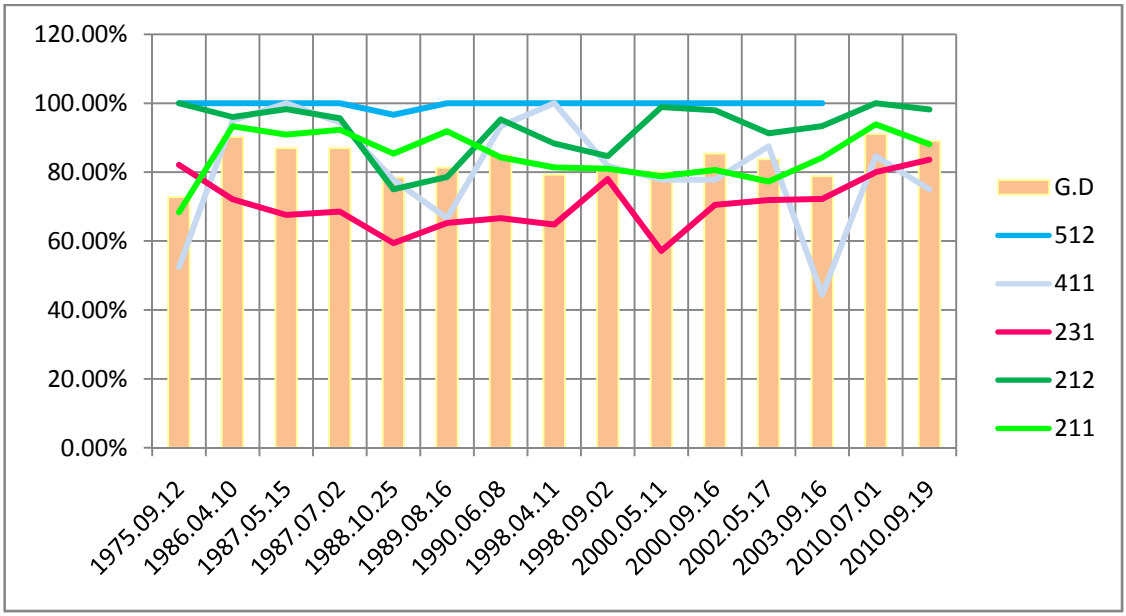
Kuru ve sulu periyot birlikte ele alındığında sınıflar arasındaki değişimler hakkında yorum yapılabilmektedir. Göl alanının sol olarak görülebildiği 2003 tarihli uydu görüntüsüne kadar özellikle 1989 tarihli görüntü de dahil, göl alanının toplam piksel sayısı içerisinde kapladığı oranın ortalama %10 olduğu görülmektedir. Bu tarihlerden sonra göl alanında yaşanan düşüşle ters orantılı olarak sürekli sulanan alanlar sınıfının arttığı görülmektedir. Sulu periyotta, kuru periyoda oranla göl ve bataklık alanlarının azaldığını ve sulanamayan ekilebilir alanlarla sürekli sulanan alanların oluşturduğu tarım arazilerinin %60 ortalama oranla baskın olduğu gözlemlenmiştir.

4.3.2.3 Doğruluk analizi

Doğruluk analizi işlemleri içinbölge geneline dağılmış rastgele256 nokta seçilerek bütün görüntülerdekullanılmıştır (Şekil 4.18). Bölgenin değişim halinde olması referans noktalarının gerçekte olduğu sınıfların ayırt edilmesini zorlaştırmıştır. Kullanılan noktaların bütün görüntülerde aldığı değerler karşılaştırılmış böylece yanlış değerlendirmelerin önüne geçilmiştir. Noktalar sabit tutulup görüntüler değiştirilerek sonuçların anlamlı olmasına çalışılmıştır. Doğruluk analizi, sınıflandırma işlemi çalışmaların doğruluk değerleriniölçmek amacı ile uygulanmaktadır. Tespit edilen arazi sınıflarınındoğruluk değerleri “genel doğruluk” ve “Kappa istatistik” sonuçlarına bakılarakdeğerlendirilmiştir. Genel doğruluk, hata matrisindeki toplam piksel numaralarınındoğru sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Doğruluk analizinde 0,6146ve 0,8725 arasında değişen Kappa değerleri bulunmuştur. Çözünürlüğün düşük olması doğrulukların istenilen düzeye çıkmasını engellemiştir.



Şekil 4.18 Doğruluk analizi için seçilen rastgele noktaların çalışma bölgesine dağılımı

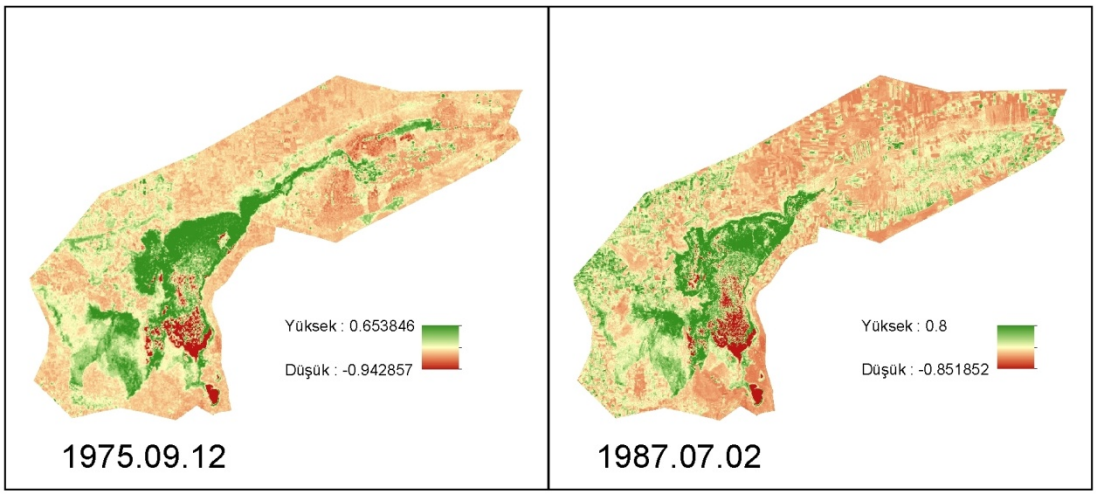


Şekil 4.19 Tün sınıflar için elde edilen doğruluklar ve genel doğruluk değeri ile karşılaştırılması

Şekil 4.19'da tüm sınıflar için elde edilen doğruluk değerleri ve bu değerlerin genel doğruluk değeri ile (şekilde G.D. olarak isimlendirilmiştir) karşılaştırması gösterilmektedir.

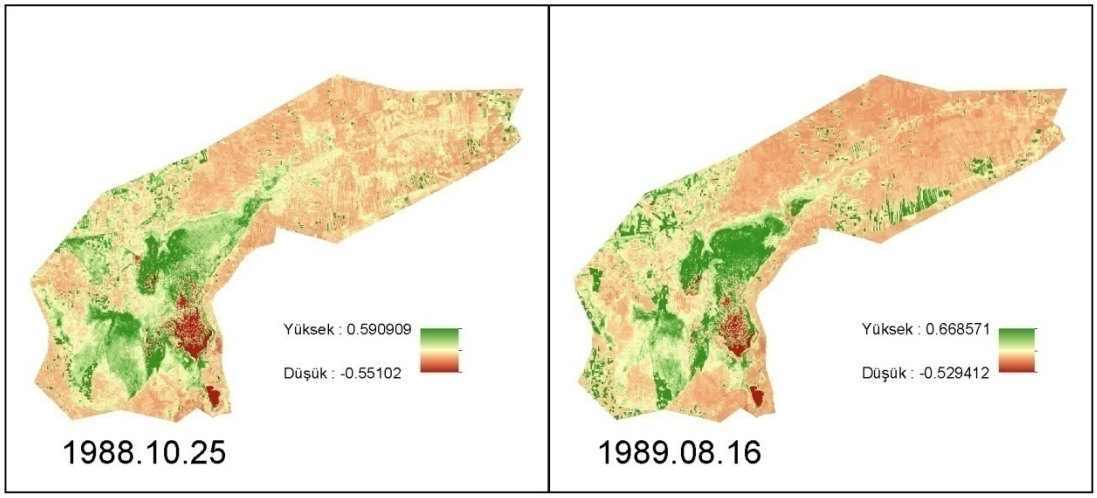
4.3.3 Normalleştirilmiş bitki endeksi (NDVI)

NDVI, arazi örtüsü değişim tespiti çalışmalarında ve orman sınıflamasında yaygın olarak kullanılan vejetasyon indislerinden biridir. NDVI formülü temelinde elektromanyetik 3. spektrumun yakın kızılötesi bandı (NIR) ile görünür kırmızı bandı (RED) farkının toplamına bölümü olarak ifade edilmektedir(bant4–bant3/bant4+bant3).



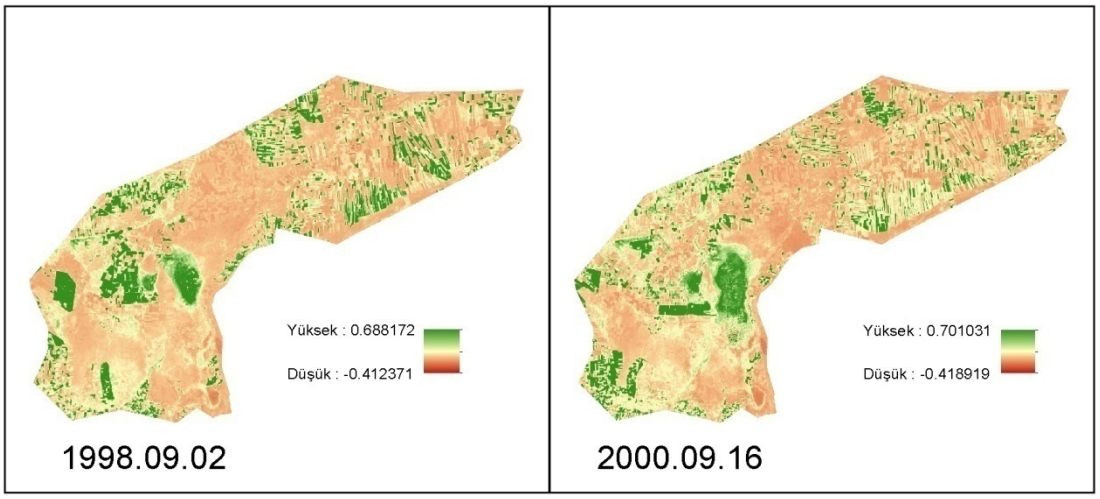
Şekil 4.20 1975 ve 1987 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.

Bitki endeksi Erdas Imagine programında oluşturulmuş, ArcGIS ortamında renklendirilmiştir. Şekil 4.20'de 1975 ve 1987 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları gösterilmektedir. Kırmızı olan eksi değerler su alanlarını verirken, 0'a yakın değerler bej renkli dağlık, kayalık bitki yönünden zayıf alanlardır. Yeşil renk aralığı ile temsil edilen yüksek indis değerleri, sağlıklı bitkileri göstermektedir. Çalışma bölgesinin göl yüzeyinin su bitkileri açısından zengin olduğu bu haritalardan anlaşılmaktadır.

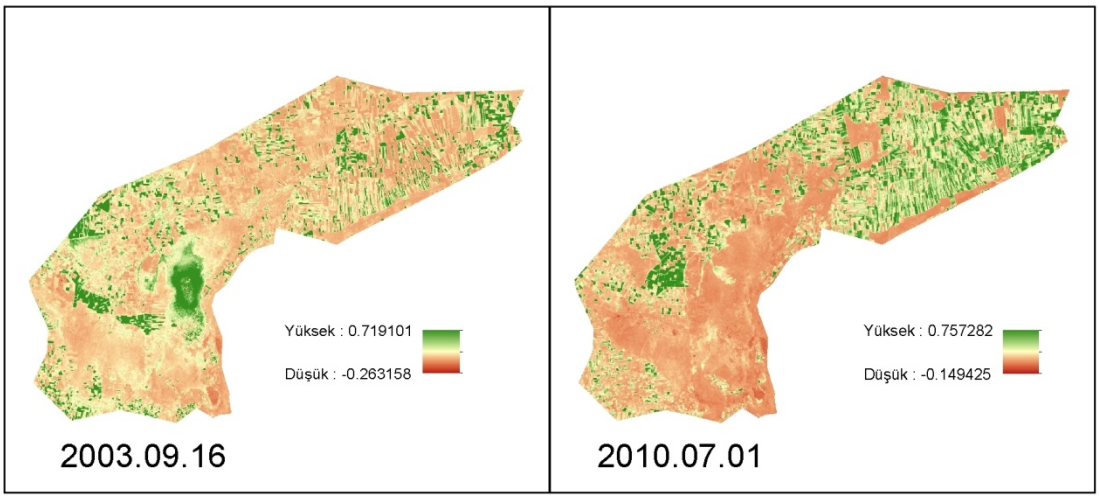


Şekil 4.211988 ve 1989 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.

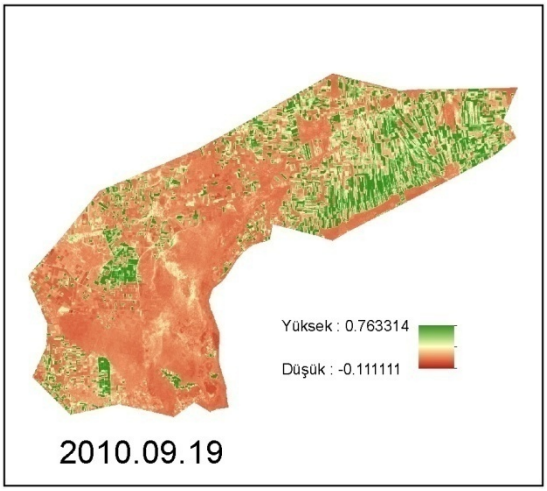
Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de sırasıyla kuru periyota ait 1988, 1989, 1998, 2000, 2003 ve 2010 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları gösterilmektedir.



Şekil 4.22 1998 ve 2000 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.

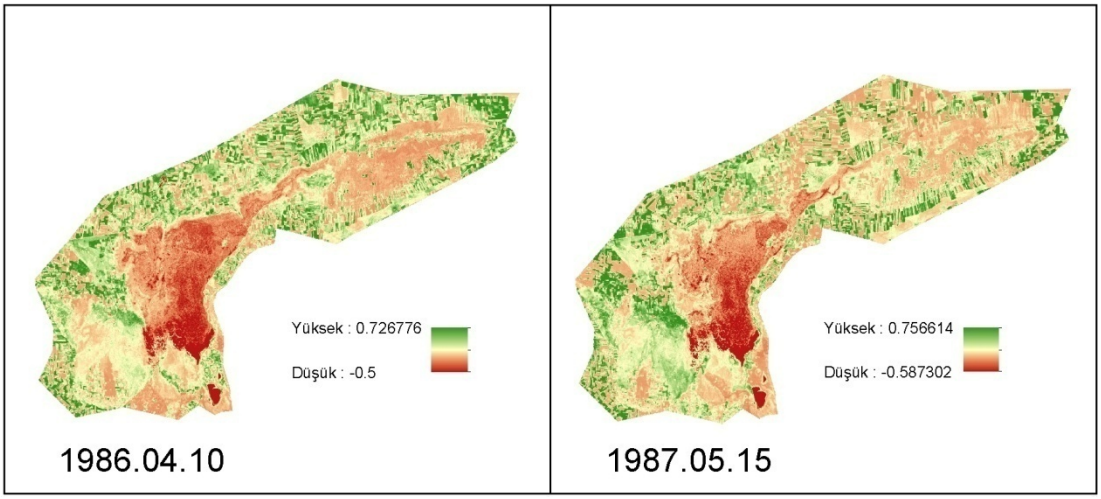


Şekil 4.23 2003 ve 2010 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.

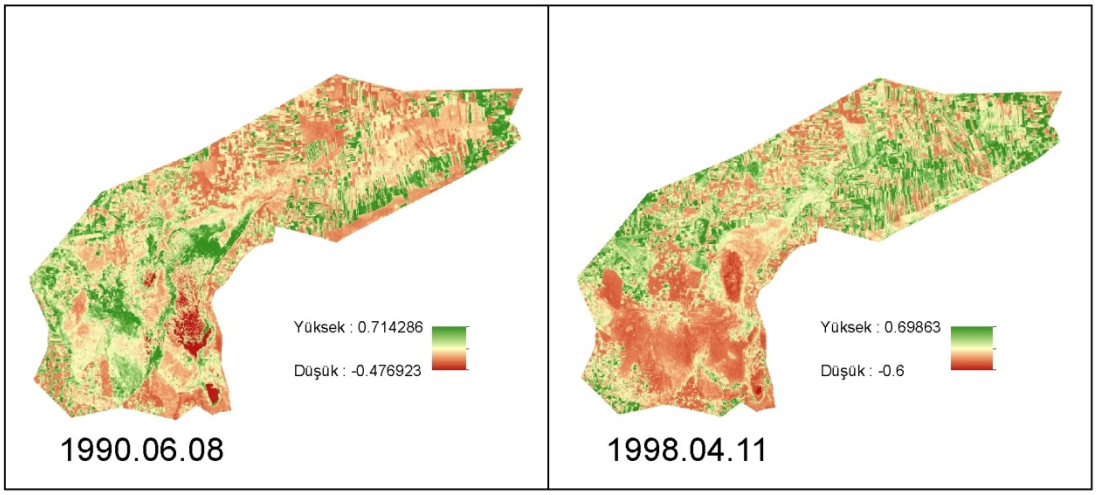


Şekil 4.24 2010 tarihli görüntüden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritası.

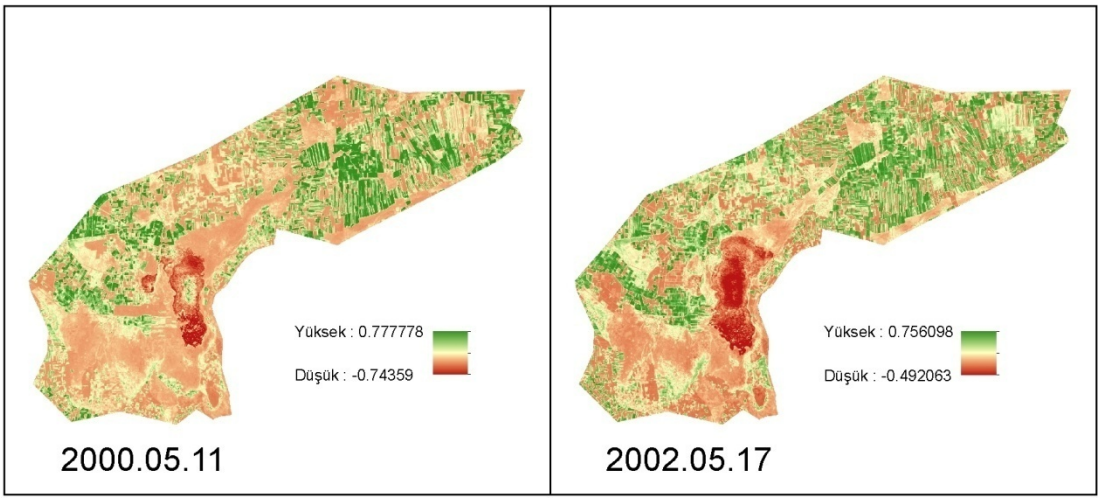
Çalışılan tüm uydu görüntüleri incelenmiş, zamansal analiz yapılabilmesi açısından çalışma bölgesi için 0.2 indis değeri sağlıklı bitkiler için eşik değer seçilmiştir. Oluşturulan NDVI üç sınıfa ayrılmış sağlıklı bitki eşiği için 0.2 girilmiştir. Bu sınıflara göre bölgenin sağlıklı bitki alanları kuru ve sulu periyot için belirlenmiştir.Şekil 4.25, Şekil 4.26ve Şekil 4.27'de sulu periyot için sırasıyla 1986, 1987, 1990, 1998, 2000 ve 2002 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları gösterilmektedir.



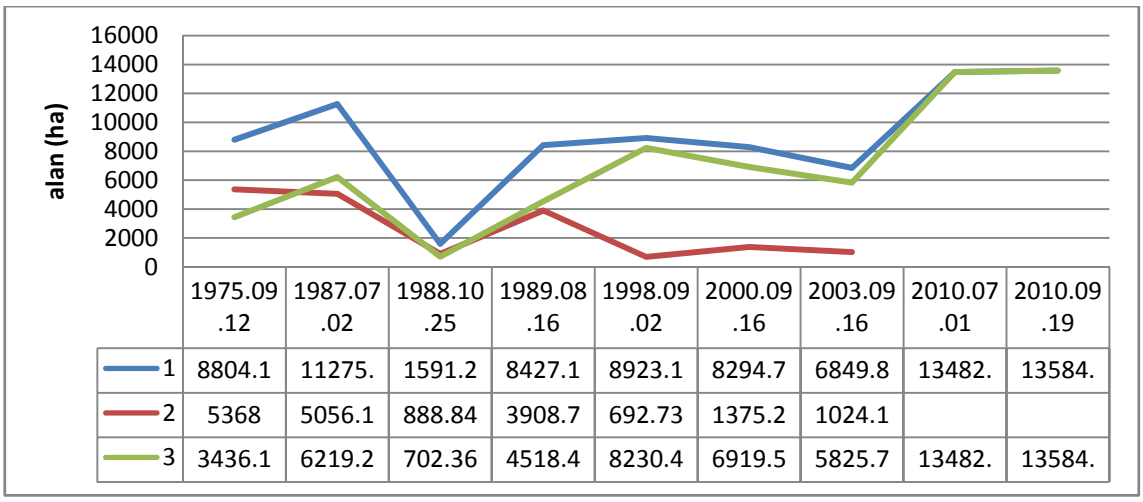
Şekil 4.25 1986 ve 1987 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.



Şekil 4.261990 ve 1998 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.



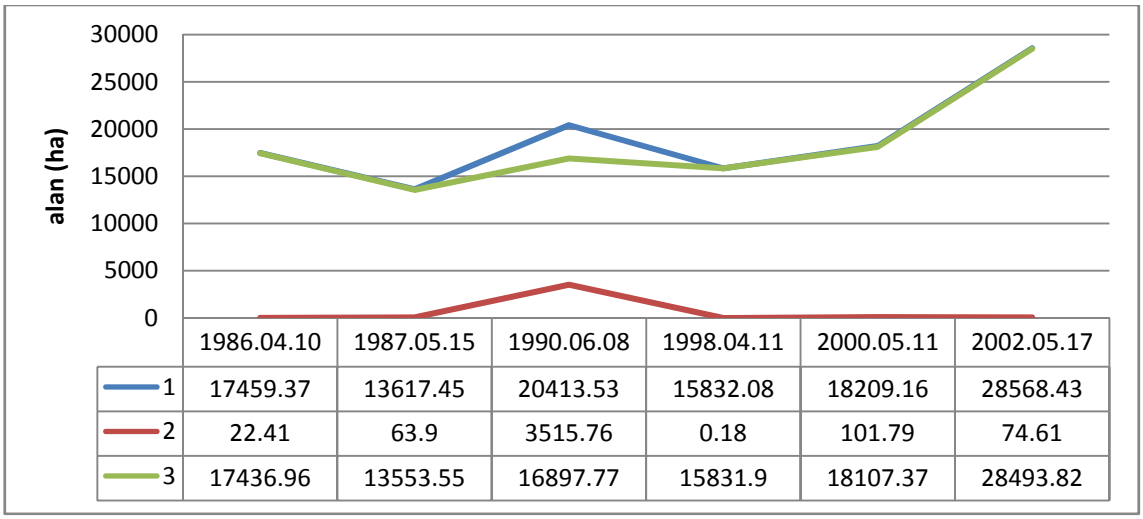
Şekil 4.27 2000 ve 2002 tarihli görüntülerden oluşturulan kuru periyot NDVI tematik haritaları.



	1975.09.12	1987.07.02	1988.10.25	1989.08.16	1998.09.02	2000.09.16	2003.09.16	2010.07.01	2010.09.19
1	8804.1	11275.	1591.2	8427.1	8923.1	8294.7	6849.8	13482.	13584.
2	5368	5056.1	888.84	3908.7	692.73	1375.2	1024.1		
3	3436.1	6219.2	702.36	4518.4	8230.4	6919.5	5825.7	13482.	13584.

Şekil 4.28 Çalışma bölgesinde kuru periyotta 0.2 değerinden büyük NDVI değerine sahip toplam (1), göl alanı içerisinde kalan (2) ve göl alanı dışında kalan (3) sağlıklı bitki alanları (ha)

Şekil 4.28'de kuru periyot göz önüne alınarak 1 numara ile mavi renkte gösterilen değerler çalışma alanı içerisinde NDVI değeri 0.2 eşik değerinden büyük olan piksellerin kapladığı toplam alanı temsil etmektedir. 2 numara ve kırmızı çizgi ile gösterilen değerler ise 0.2 eşik değerinden büyük ve göl alanı içerisine giren piksellerin kapladığı alanı, benzer şekilde de 3 numara ve yeşil renkle gösterilen değerler de göl alanı dışında kalan piksellerin kapladığı alanı temsil etmektedir.



	1986.04.10	1987.05.15	1990.06.08	1998.04.11	2000.05.11	2002.05.17
1	17459.37	13617.45	20413.53	15832.08	18209.16	28568.43
2	22.41	63.9	3515.76	0.18	101.79	74.61
3	17436.96	13553.55	16897.77	15831.9	18107.37	28493.82

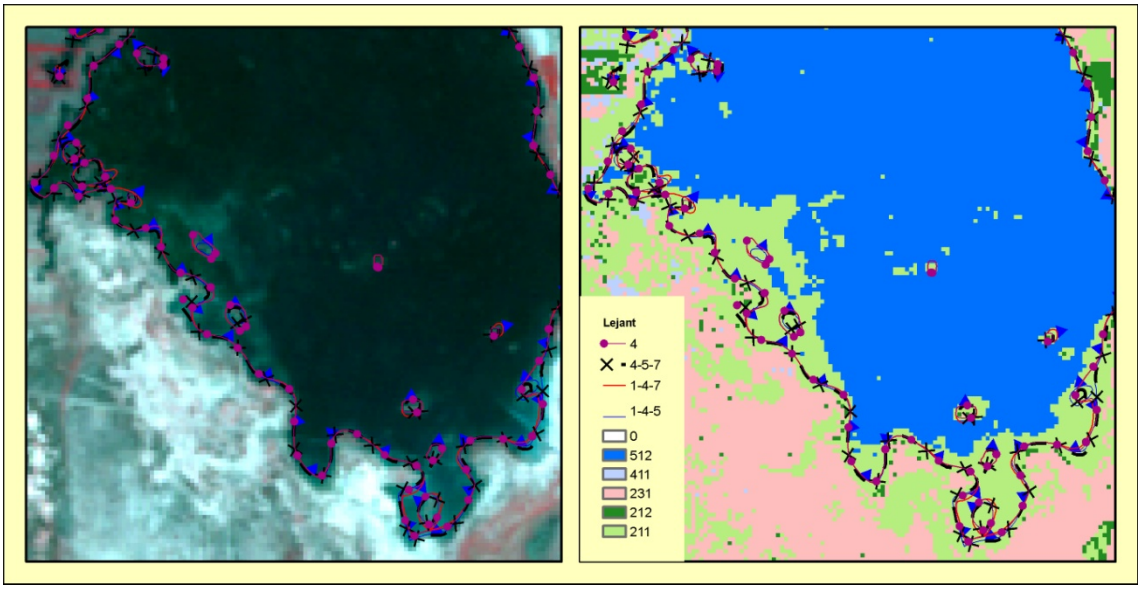
Şekil 4.29 Çalışma bölgesinde sulu periyotta 0.2 değerinden büyük NDVI değerine sahip toplam (1), göl alanı içerisinde kalan (2) ve göl alanı dışında kalan (3) sağlıklı bitki alanları (ha)

Şekil 4.29'da aynı değerlerin sulu periyot için değerlendirmeleri gösterilmektedir. Kuru periyotta en büyük sağlıklı bitki alanı 13584 ha değeri ile 2010 yılı Eylül ayında hesaplanmıştır. En düşük değer ise 1591 ha değeri ile 1988 Ekim ayında hesaplanmıştır. Sulu periyotta ise en büyük sağlıklı bitki alanı 2002 Mayıs

ayında 28568 ha olarak hesaplanmıştır. En düşük değer ise 13617 ha ile 1987 Mayıs ayında hesaplanmıştır.

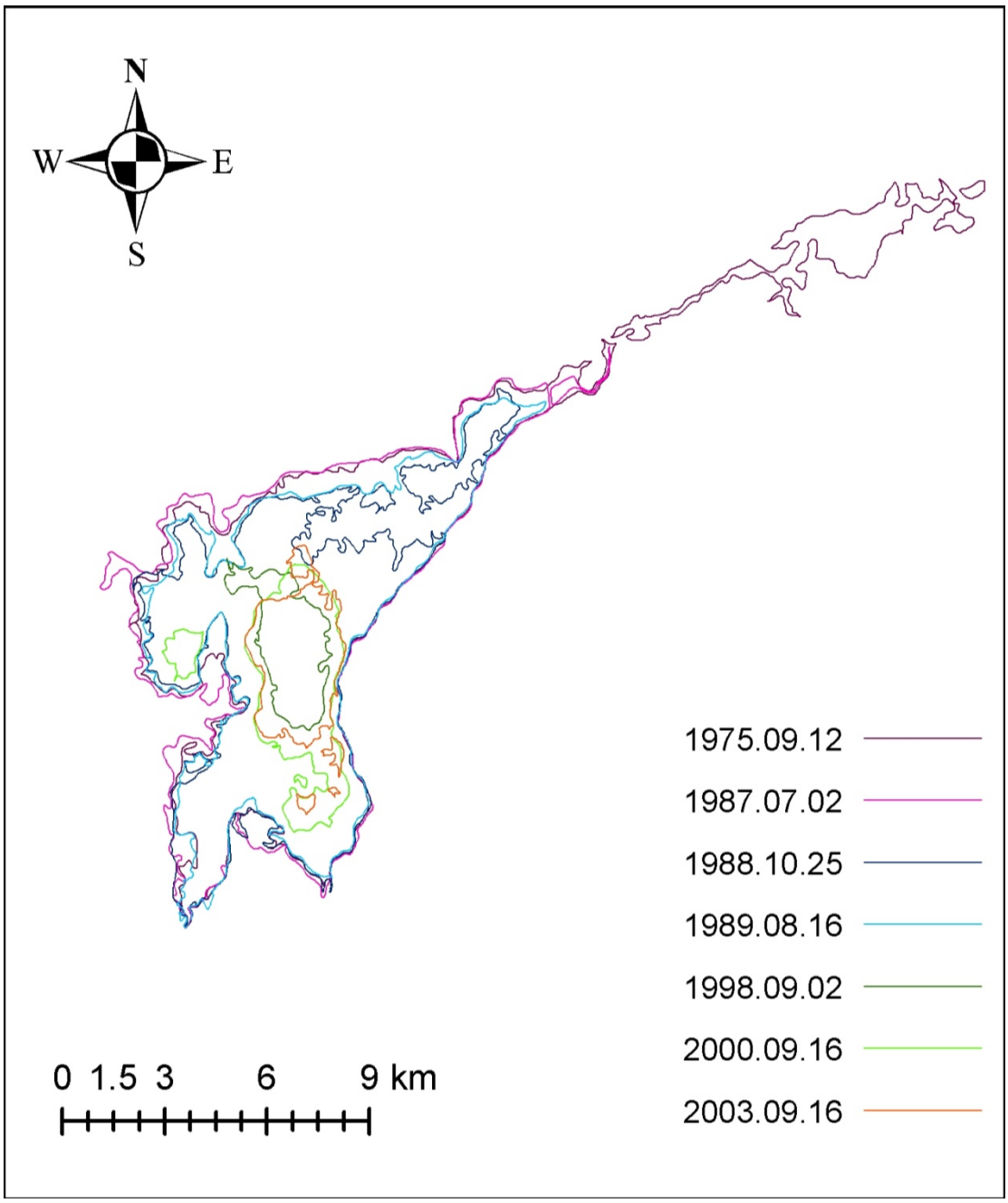
4.3.4 Göl kıyı çizgisinin çıkarımı

Göl içerisindeki bitkiler göl kıyı çizgisinin çıkarılmasını zorlaştırmıştır. Kontrollü sınıflandırmada tüm sınıflar için işlem yapılmıştır. Göl çizgisinin daha sağlıklı çıkarımı için göl sınıflandırması tek başına ele alınacaktır. Kıyı çizgisi çıkarımı için üçer bantlı kombinasyonlar oluşturulmuş, 5 görüntüde oluşan göl kıyı çizgileri karşılaştırılmış ve daha yüksek doğruluk veren 4-5-7 bant kombinasyonu seçilmiştir(Şekil 4.30).

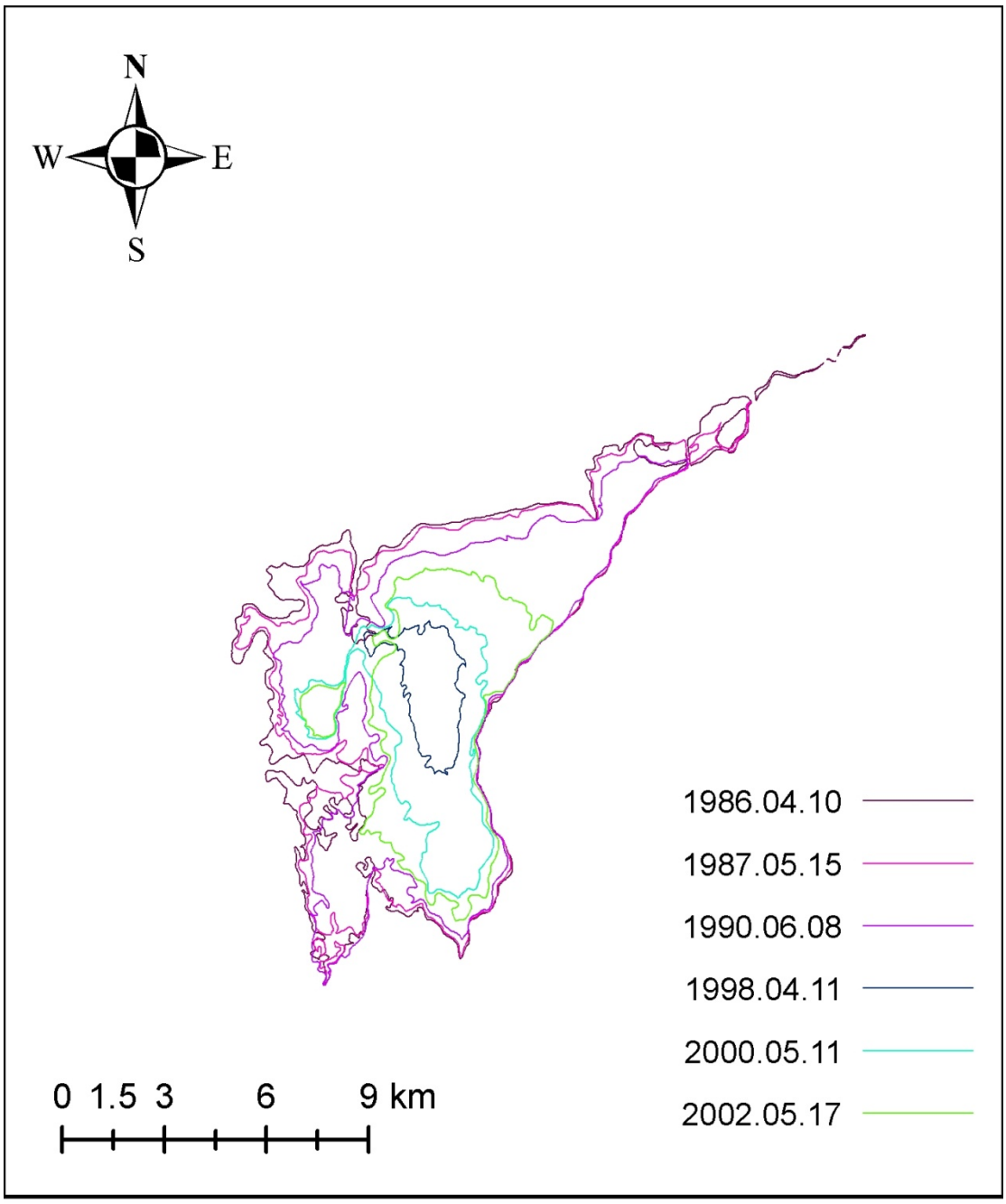


Şekil 4.30 Orijinal uydu görüntüsü ve sınıflandırılmış tematik harita üzerinde oluşturulan bant kombinasyonlarının incelenmesi.

Göl kıyı çizgisi çıkarımı işlemi ArcGIS 10 yazılım paketinde bulunan Landsattoolbox aracı kullanılmıştır. Çakıştırılan üç bant önce kontrolsüz sınıflandırma ile 10 sınıfa ayrılmış daha sonra bu on sınıf manuel olarak kara ve su olarak ikiye indirilmiştir. Çıplak su alanları ve yüzeyi bitkilerle kaplı göl alanı genelde iki sınıf olarak ortaya çıkmıştır. Oluşan bu kara ve su sınıfları kullanılarak aynı piksel değerlerinden yumuşatılmış eğri geçirilmiştir.On beş uydu görüntüsü kullanılarak oluşturulan göl çizgileri üst üste çakıştırılmış ve tarihi göl sınırları elde edilmiştir (Şekil 4.31, Şekil 4.32).

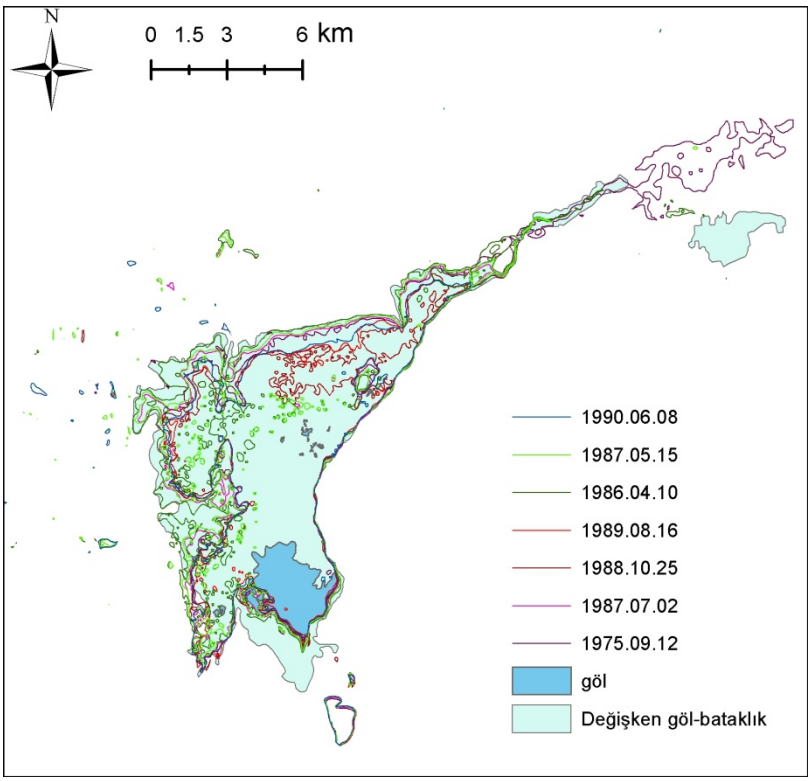


Şekil 4.31 Uydu görüntülerinden çıkarımı yapılan tarihi göl sınırları (kuru periyot)



Şekil 4.32 Uydu görüntülerinden çıkarımı yapılan tarihi göl sınırları (sulu periyot)

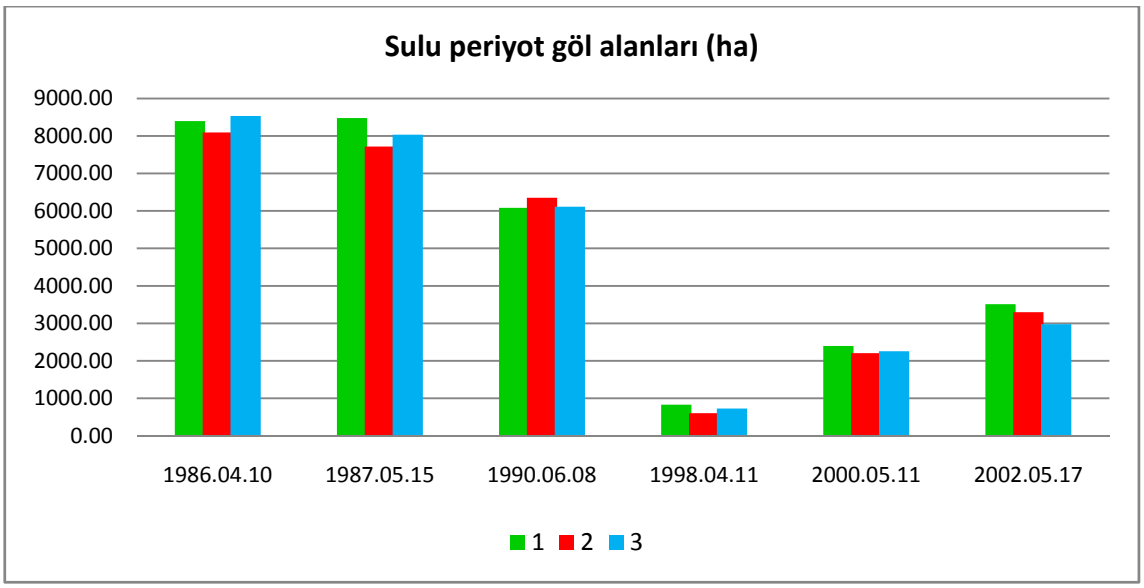
Uydu görüntülerinden elde edilen göl sınır çizgileri aynı zamanda 1:25.000 ölçekli haritadan elde edilen göl sınır çizgileri ile de karşılaştırılmıştır. Bunun için paftalar mozaik hale getirilerek elle sayısallaştırılmıştır. 1989 tarihinde üretilen 1:25.000 ölçekli haritalardan elde edilen göl kıyı çizgisinin1975 yılından 1990 yılına kadar çıkarımı yapılan göl sınır çizgileri çakışımıŞekil 4.33'de gösterilmektedir.



Şekil 4.33Yakın tarihli uydu görüntüleri ile 1:25.000 ölçekli haritaların göl sınır çizgileri karşılaştırılması.

4.3.5 Göl alanı karşılaştırmaları

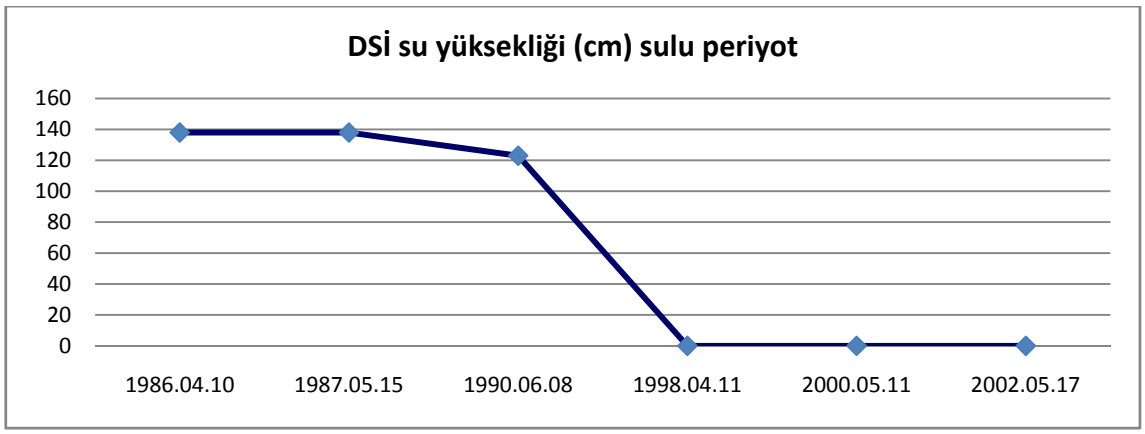
Çalışmada 3 farklı göl alanı hesaplanmıştır. İlk göl alanı değerleri kontrolsüz sınıflandırma ile bulunmuştur. Ayrıntıları daha önce verilen sınıflandırma işlemi uydu görüntülerinden göl alanı hesaplamak için pratiktir. Kabul edilebilir doğrulukların yakalanamadığı bu sınıflandırma işleminde en yüksek doğruluk su yüzeyinde elde edilmektedir. İkinci göl alanı kontrollü sınıflandırma işlemi sonucu elde edilmiştir. Üçüncü hesaplanan göl alanı 7, 4 ve 1. bantların birleştirilerek on sınıfa ayrıldığı, daha sonra elde edilen sınıfların manuel olarak su ya da diğer sınıf olarak ayrıldığı işlemdir. Üç işlem sonucunda elde edilen göl alanlarının karşılaştırması Şekil 4.34'da gösterilmektedir. .



Şekil 4.34 Kontrolsüz sınıflandırma (1), kontrollü sınıflandırma (2) ve 7-4-1 bantları birleştirilerek (3) elde edilen sulu periyot göl alanları.

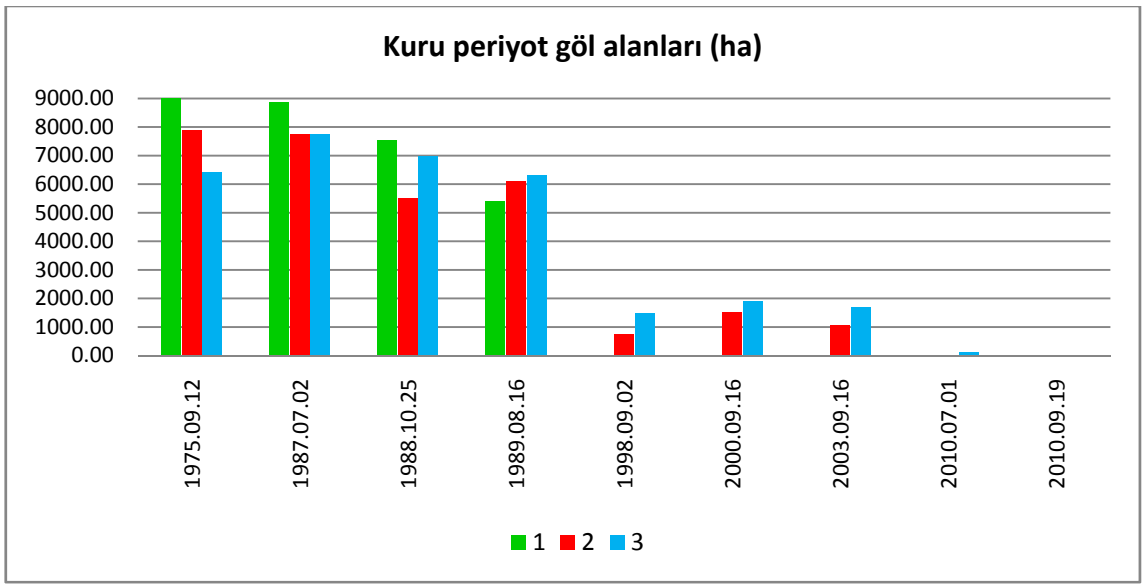
Sulu periyot olarak değerlendirilen zaman diliminde bu üç işlem ile hesaplanan alanların çok yakın olduğu görülmektedir. Verilere göre göl alanı 1986, 1987 ve 1990 yıllarında sürekli azalma göstermiştir. 1998, 2000 ve 2002 yıllarında ise göl alanı artmıştır. 1998 yılında bir önceki döneme göre göl alanında ani bir düşüş görülmektedir. Göl alanındaki bu ani düşüş 8 yıllık bir zaman aralığına denk gelmektedir. Bu zaman aralığında bölgeye ait uydu görüntüsü elde edilemediğinden göl alanındaki düşüş oranı izlenememiştir.

Uydu görüntüleri ile elde edilen göl alanı değerleri, DSİ istasyonu tarafından ölçülen su yüksekliği değerleri (Şekil 4.35) ile karşılaştırıldığında örtüştüğü görülmektedir. Bu ölçümlerin yapıldığı istasyon, gölün kuzey batı ucu, 37º28´-32º 43´ coğrafi koordinatlarında konumlandırılmıştır ve 1993 yılından itibaren su yükseklik verisi alınamamıştır. İstasyonun bulunduğu göl bölümü 1993 tarihinden itibaren kurumuş durumdadır.



Şekil 4.35 DSİ tarafınfan ölçülen su yükseklik verilerinin yıllara dağılımı

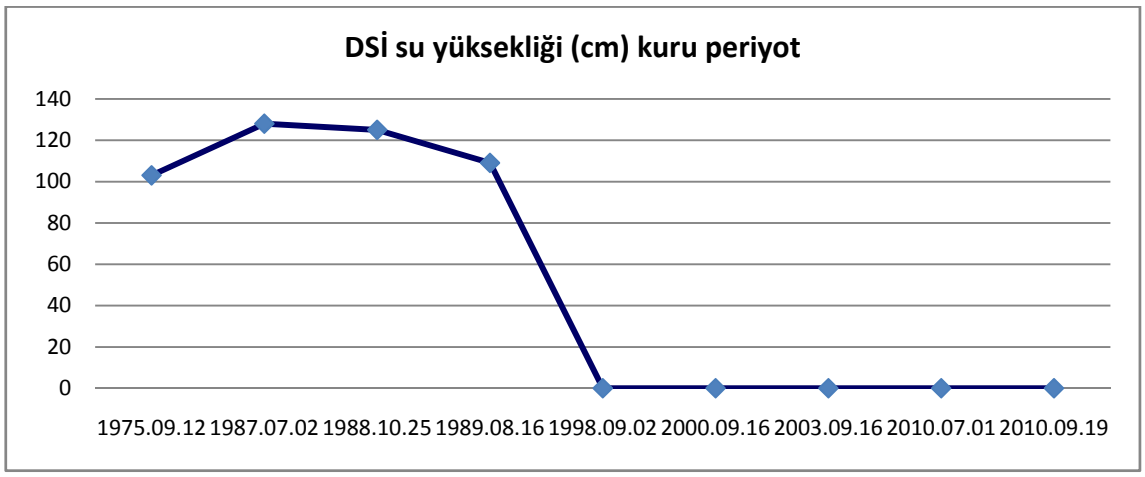
Kuru periyot zaman diliminde verilerdeki örtüşme daha azdır. 1998, 2000 ve 2003 tarihlerinde kontrolsüz sınıflandırma ile alan çıkarılamamıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 Kontrolsüz sınıflandırma (1), kontrollü sınıflandırma (2) ve 7-4-1 bantları birleştirilerek (3) elde edilen kuru periyot göl alanları.

Bu tarihlerde göl oldukça sığ ve gölde bitkiler bulunduğu için göl sınıfı diğer sınıflar ile karışmıştır. Bu durum pratik bir yöntem olan kontrolsüz sınıflandırmanın, suyun az olduğu dönemlerde iyi sonuç vermediğini göstermektedir. Tüm bu sonuçlar incelendiğinde 2000 yılı dışındaki yıllarda göl alanının azaldığı görülmüştür. Sulu periyotta olduğu gibi 1998 yılında bir önceki döneme göre göl alanında ani bir düşüş görülmektedir. Göl alanındaki bu ani düşüş 8 yıllık bir zaman aralığına denk gelmektedir. Bu zaman aralığında kuru periyot için de bölgeye ait uydu görüntüsü elde edilemediğinden göl alanındaki düşüş oranı izlenememiştir.

DSİ su seviyesi ile karşılaştırıldığında en büyük benzerliğin kontrollü sınıflandırma ile olduğu görülmektedir (Şekil 4.37).



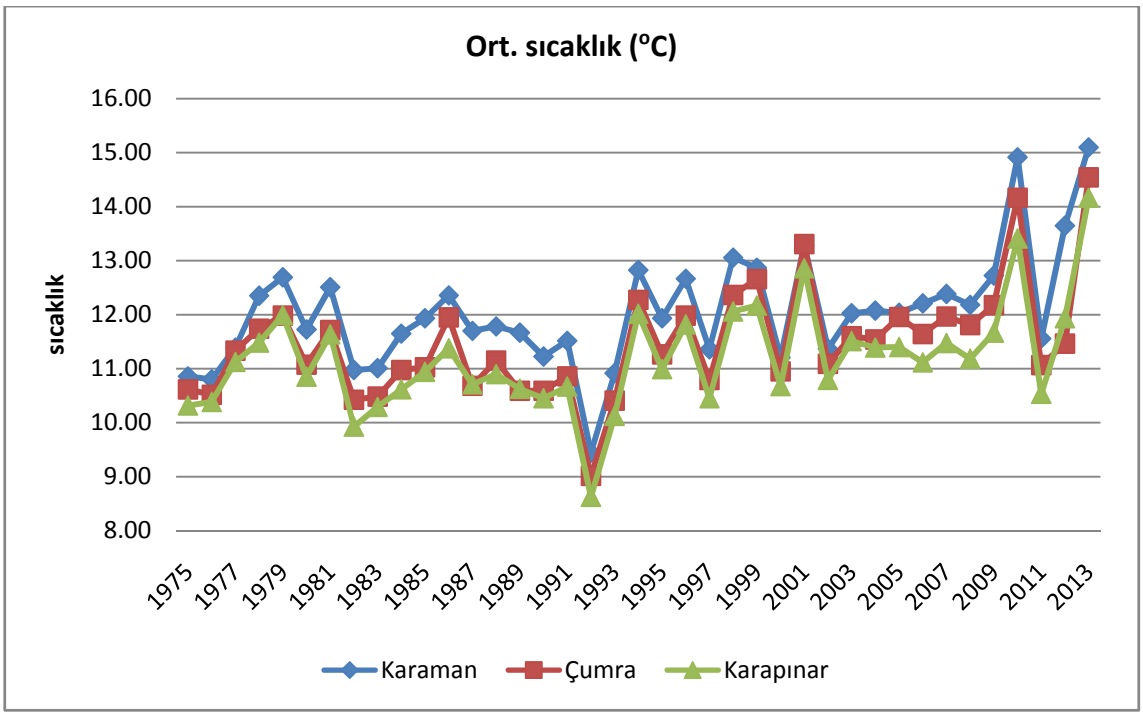
Şekil 4.37 DSİ tarafınfan ölçülen su yükseklik verilerinin yıllara dağılımı

4.3.6 İklim verilerinin değerlendirilmesi

Hotamış Gölü'nün zamansal değişimine iklim olaylarının etkilerini araştırabilmek amacıyla çalışma bölgesine ait yıllık ortalama sıcaklık, yıllık toplam yağış ve yıllık toplam buharlaşma verileri değerlendirilmiştir. Sözü edilen veriler çalışma bölgesi içinde bulunan 17246 Karaman, 17900 Çumra, 17902 Karapınar meteorolojik gözlem istasyonlarından 1975-2013 yılları arasında temin edilmiştir. Ayrıca çalışma bölgesinde DSİ tarafından da meteorolojik ölçümlerin yapıldığı bir istasyon bulunmaktadır. Bu istasyona ait 1975-2010 yılları aylık toplam yağış değerleri ve 1980-2010 yılları aylık toplam buharlaşma değerleri de temin edilmiştir. DSİ tarafından 1966-2000 yılları arasında aylık olarak gerçekleştirilen göl su seviyesi kot ölçümleri de değerlendirmede göz önünde bulundurulmuştur.

4.3.6.1 Sıcaklık

Karaman meteoroloji istasyonunda sıcaklık değerleri incelendiğinde en düşük yıllık sıcaklık ortalamasının 9,44 ºC ile 1992 yılında, en yüksek yıllık sıcaklık ortalamasının ise 15,10 ºC ile 2013 yılında ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38Çalışma bölgesinde bulunan meteorolojik istasyonların yıllık ortalama sıcaklık değerleri

Çumra istasyonunda 9,02 ºC ile en düşük sıcaklık ortalaması 1992 yılında, 14,54 ºC ile en yüksek sıcaklık 2013 yılında ölçülmüştür. Benzer şekilde Karapınar istasyonunda 8,6 ºC ile en düşük sıcaklık ortalaması 1992 yılında ve 14,17 ºC ile en yüksek sıcaklık değeri 2013 yılında ölçülmüştür. Aylara göre sıcaklık ortalamaları incelendiğinde en yüksek sıcaklık ortalamasının Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ortalamasının ise Ocak ayında ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.3)

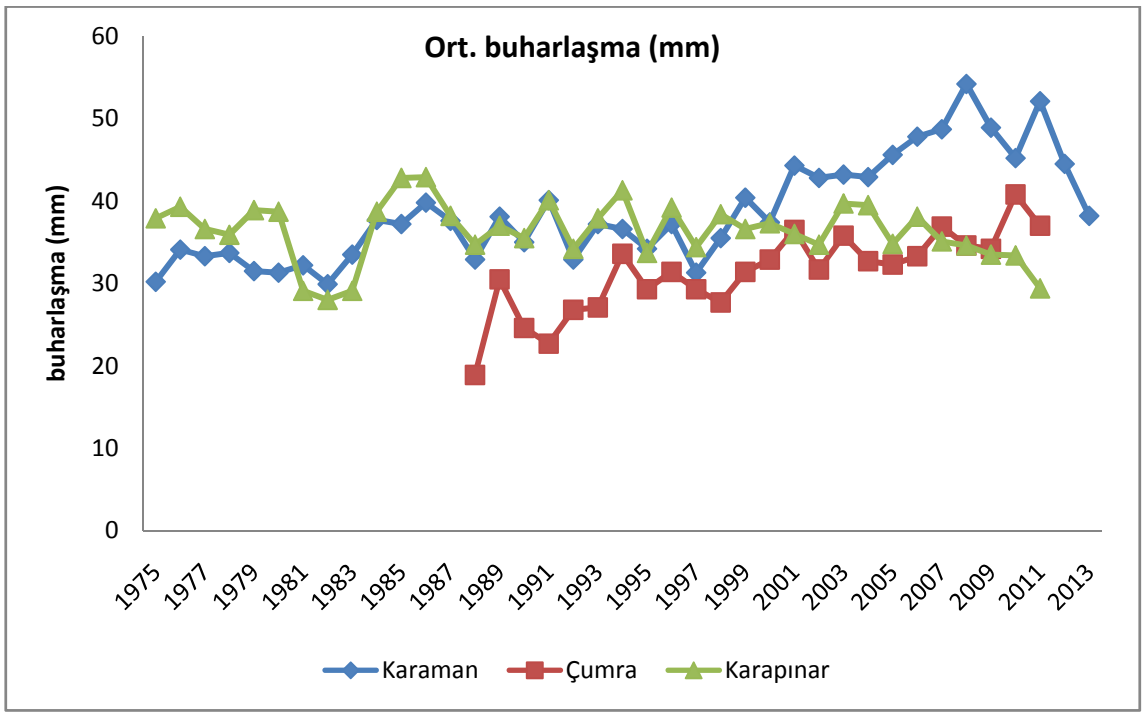
Tablo 4.3 Çalışma bölgesine giren üç istasyonun aylara göre sıcaklık ortalamaları (ºC).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık Ort.	0.07	1.16	5.66	11.16	15.88	20.23	23.31	22.65	18.15	12.23	5.93	1.92

4.3.6.2 Buharlaşma

Ortalama buharlaşma değerleri her üç istasyon için tüm zaman periyodunda elde edilememiştir. 1975-2013 aralığının tamamında buharlaşma verisi toplayan tek istasyon Karaman istasyonudur. Çumra istasyonu 1988-2011, Karapınar istasyonu ise 1975-2011 yılları arasında buharlaşma verisi toplamıştır. Karaman istasyonunda toplam açık yüzey buharlaşması en düşük gerçekleşen yıl 29.90 mm değeri ile 1982 yılıdır. En yüksek buharlaşma değerine ise 2008 yılında 54.20 mm değeri ile ulaşılmıştır. Çumra istasyonunda 1988-2011 periyodunda 18.9 mm değeri ile en düşük buharlaşma değeri 1988 yılında, en yüksek buharlaşma değeri ise 2010 yılında 40.8 mm olarak

ölçülmüştür. Karapınar istasyonunda en düşük değer 28 mm ile 1982 yılında, en yüksek değer ise 42.9 mm ile 1986 yılında ölçülmüştür (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 Çalışma bölgesinde bulunan meteorolojik istasyonların toplam açık yüzey buharlaşması değerleri

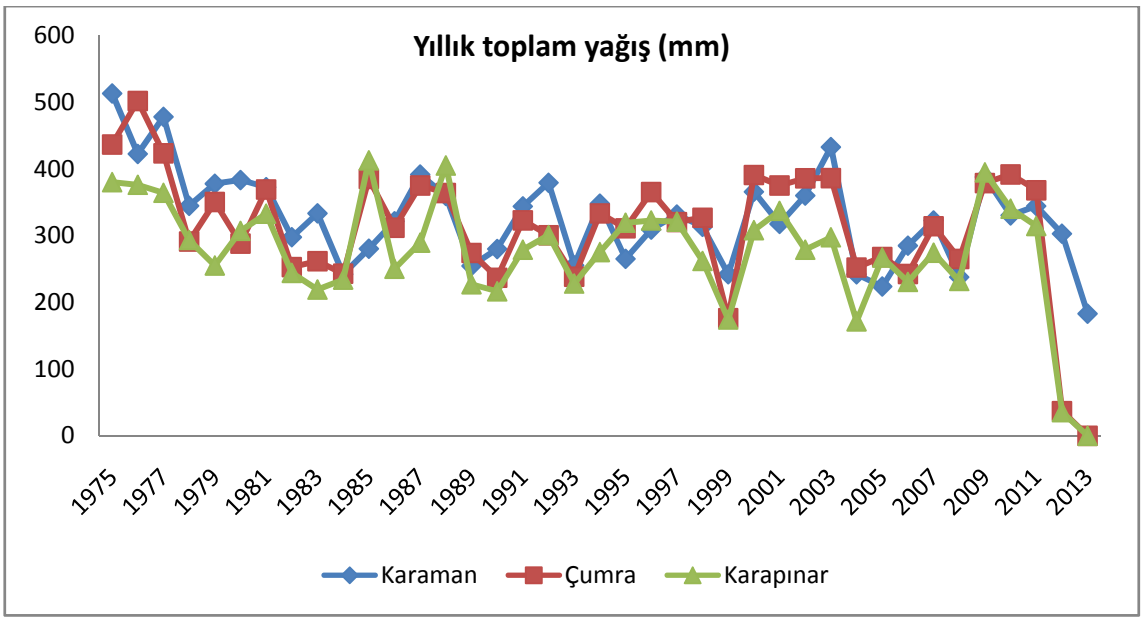
Aylara göre toplam açık yüzey buharlaşması değerleri incelendiğinde buharlaşma olayının en yüksek değerde gerçekleştiği ayın Temmuz ayı olduğu, en düşük değerde gerçekleştiği ayın ise Kasım olduğu (Tablo 4.4),Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında buharlaşma olayının gerçekleşmediği görülmektedir.

Tablo 4.4 Çalışma bölgesine giren üç istasyonun 1975-2013 periyodunda aylara göre buharlaşmaortalamaları (mm).

	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Ort. Buharlaşma	3.94	5.02	6.69	8.08	7.56	5.46	3.06	1.26

4.3.6.3 Yağış

1975-2013 zaman periyodunda yıllık toplam yağış verileri istasyon bazında incelendiğinde Karaman meteoroloji istasyonunda en yüksek yıllık toplam yağış değerinin 513.4 mm ile 1975 yılında ölçüldüğü görülmektedir. En düşük değer ise 2005 yılında 223.9 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 Çalışma bölgesinde bulunan meteorolojik istasyonların yıllık toplam yağış değerleri

Çumra ve Karapınar istasyonunda 2012 ve 2013 yıllarında sağlıklı yağış verisi toplanamadığından bu istasyonlarda son iki yıl değerlendirmeye katılmamıştır. Çumra istasyonunda en yüksek değer 502.1 mm ile 1976 yılında, en düşük değer 176.5 mm ile 1999 yılında ölçülmüştür. Karapınar istasyonunda ise en düşük yıllık toplam yağış değeri 171.6 mm ile 2004 yılında, en yüksek değer ise 412.9 mm ile 1985 yılında ölçülmüştür.

Tablo 4.5 Çalışma bölgesine giren üç istasyonun 1975-2013 periyodunda aylara göre yağış ortalamaları (mm).

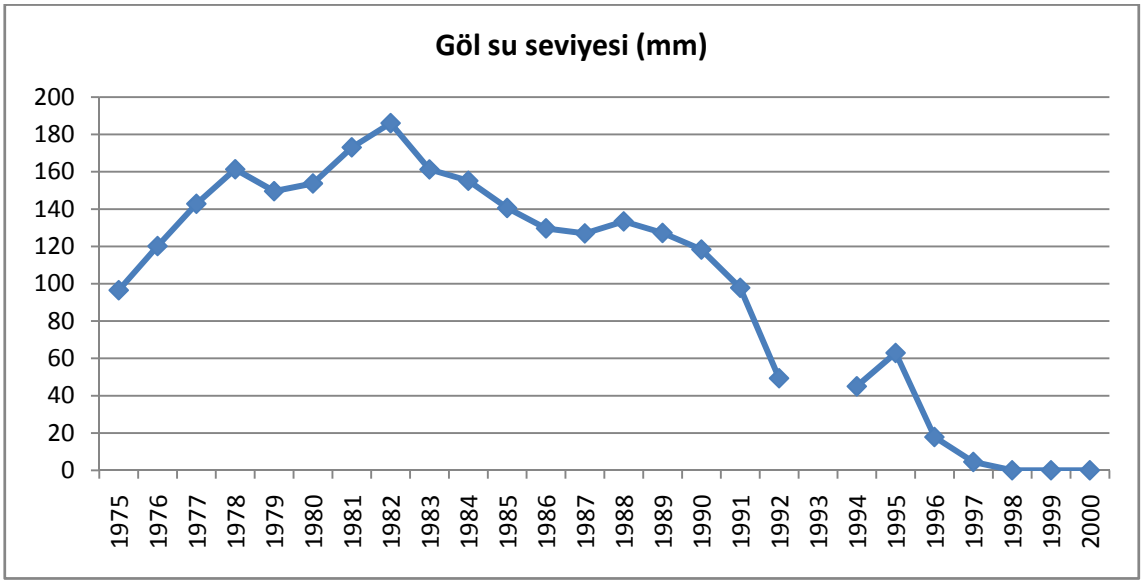
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ay. ort. yağış	36.18	29.42	30.19	39.55	35.58	22.19	5.37	3.52	7.59	28.22	32.14	41.37

Aylara göre ortalama yağış değerleri incelendiğinde yağış olayının en yüksek değerde gerçekleştiği ayın Aralık ayı olduğu, en düşük değerde gerçekleştiği ayın ise Ağustos olduğu (Tablo 4.5), görülmektedir.

4.3.6.4 Göl su seviyesi verileri

Hotamış Gölü'ne ait aylık su seviyesi ölçümleri incelendiğinde ölçümlerin 1966 ve 2000 yıllarını kapsadığı, göl su seviyesinin 1997 yılında 5 m'ye kadar düştüğü ve sonraki yıllarda tamamen kuruduğu görülmektedir. Gölde ölçülen en yüksek ortalama kot değeri 1970 yılında 213 mm'dir (Şekil 4.41). 1993 yılında DSİ, teknik bir sebeple su seviyesi ölçümü yapılamadığını bildirmektedir. Bu nedenle 1993 yılına ait su

seviyesideğerine ulaşılamamıştır. Aylık bazda ölçülen en yüksek kot değeri 243 mm ile 1970 yılının Nisan ayında elde edilmiştir.



Şekil 4.41 Hotamış gölü yıllara göre ortalama su seviyeleri

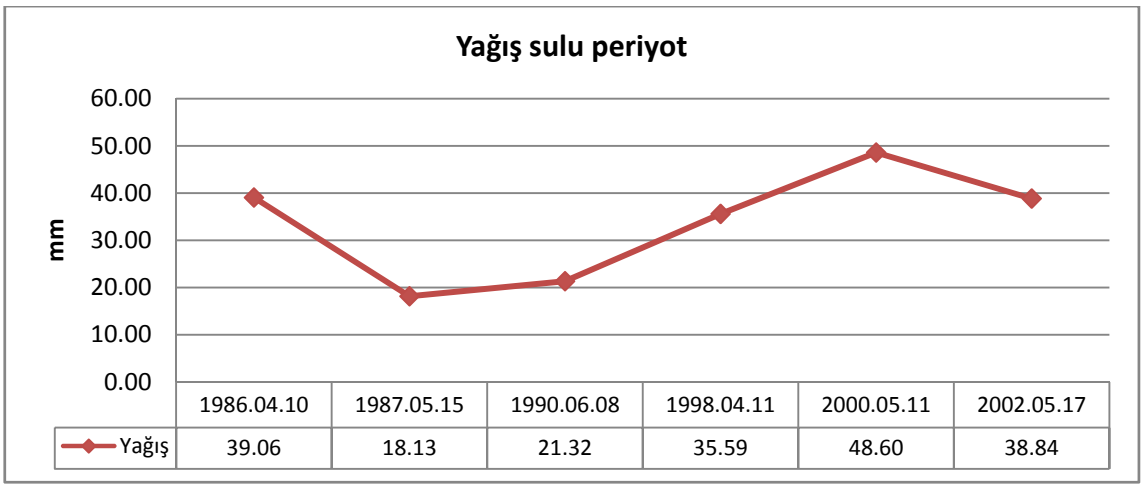
Tablo 4.6 1975-1997 periyodunda aylara göre ortalama su seviyeleri (mm).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. su seviyesi	104	107	113	119	123	130	142	136	125	113	103	97

Göl 1997 yılından itibaren tamamen kuruduğundan aylara göre ortalama su seviyeleri 1975-1997 tarihleri arasında alınmıştır (Tablo 4.6).

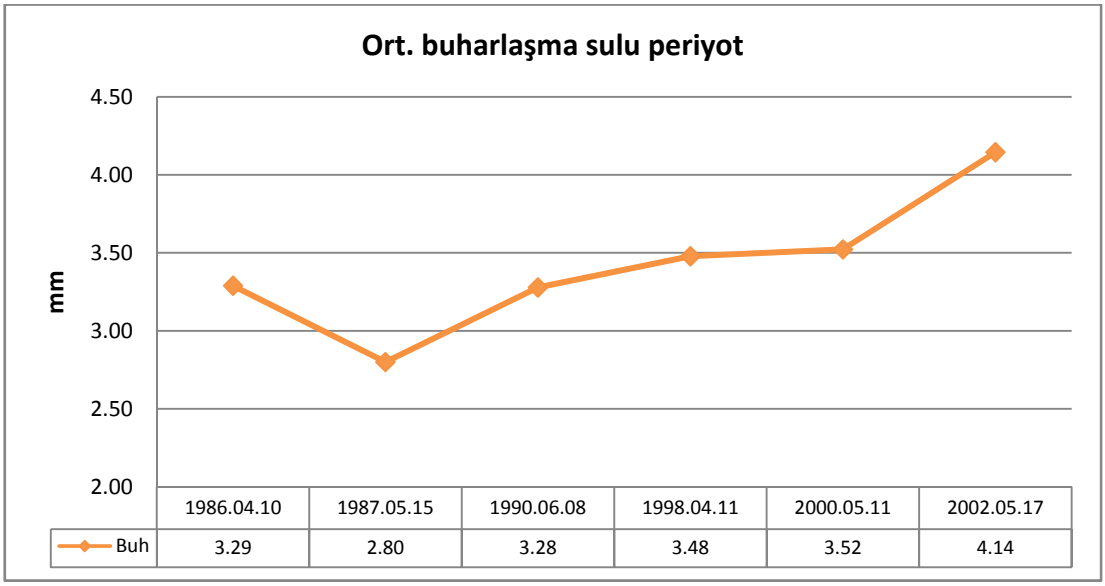
4.3.7 İklim verilerinin karşılaştırılması

Yağış, ortalama buharlaşma ve sıcaklık verileri, sulu periyot ve kuru periyot olarak ele alınarak değerlendirilmiştir. Sulu periyot ele alınırken her bir uydu görüntüsünün elde edildiği yıla ait Nisan, Mayıs ve Haziran aylarının yağış, buharlaşma ve sıcaklık değerleri ortalamaları alınmıştır. Karşılaştırılan göl alanı ve tarım alanları kontrollü sınıflandırma sonucunda elde edilen alanlardır.



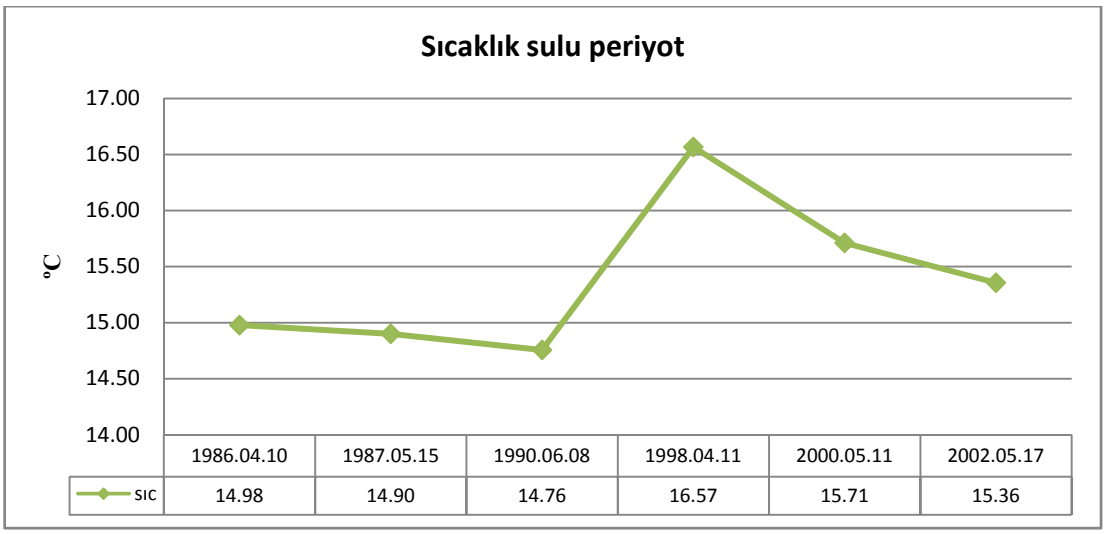
Şekil 4.42 Sulu periyot uydu görüntüleri için hesaplanan yağış ortalamaları

En düşük yağış miktarı 1987 yılında 18.13mm, en yüksek yağış değeri 2000 yılında 48.59 mm olarak gerçekleşmiştir. 1987 yılında yağış miktarı azalmış, daha sonra 1990, 1998 ve 2000 yıllarında artmıştır. 2000 yılından sonra tekrar azalan yağış 2002 yılında yaklaşık 1986 seviyesine düşmüştür (Şekil 4.42).



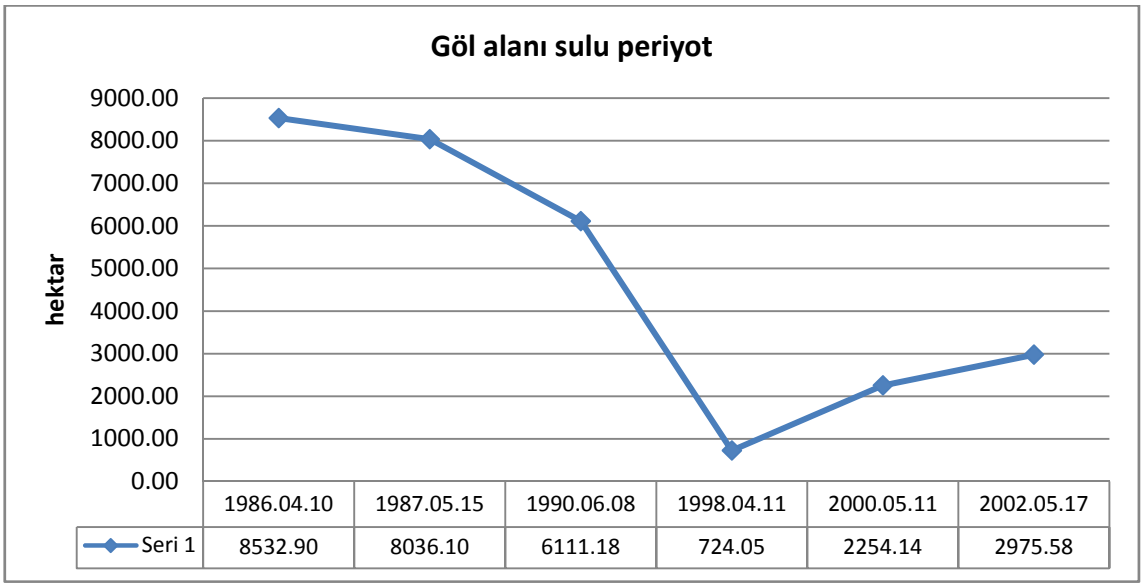
Şekil 4.43 Sulu periyot uydu görüntüleri için hesaplanan buharlaşma ortalamaları

Ortalama buharlaşma değeri 2.80mm ile 1987 yılında, en yüksek, 2002 yılında ise en düşük 4.14 mm ölçülmüştür. 1987 yılında düşen ortalama buharlaşma bu tarihten sonra sürekli artış göstermiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.44 Sulu periyot uydu görüntüleri için hesaplanan sıcaklık ortalamaları

Sıcaklığın en yüksek olduğu yıl 16.57 ºC ile 1998 yılı, en düşük olduğu yıl 14.76 ºC ile 1990 yılıdır. 1987 ve 1990 yıllarında oransal olarak az olmakla birlikte azalan sıcaklık 1998 yılında kritik şekilde artarak en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2000 ve 2002 yıllarında sıcaklık düşüşü gerçekleşmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.45 Sulu periyot uydu görüntüleri için hesaplanan göl alanı

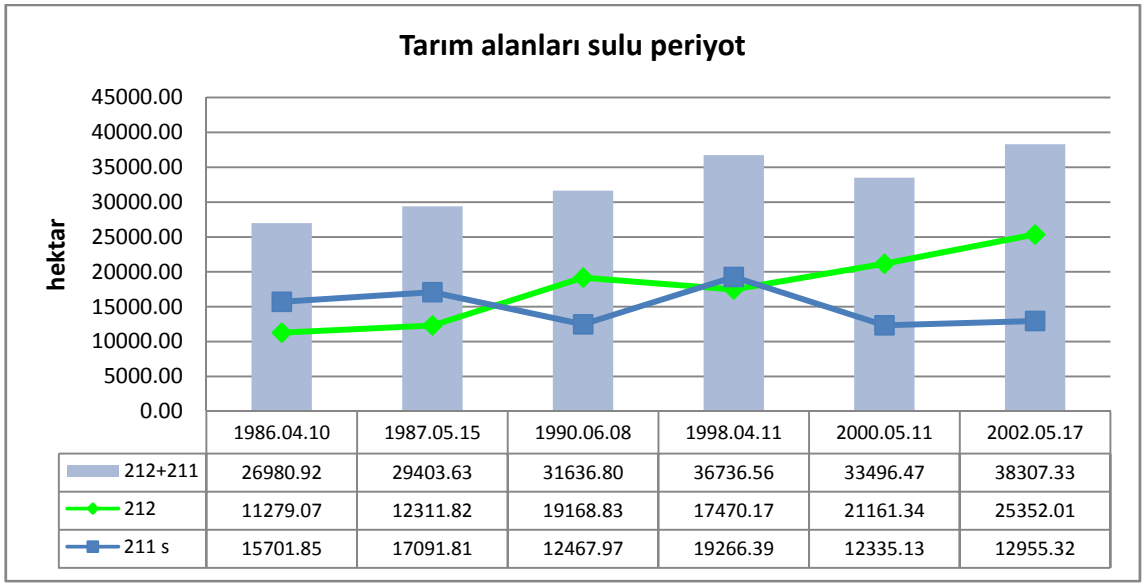
En büyük göl alanı 1986 yılında 8532.90 ha, en küçük göl alanı ise 724.05 ha ile 1998 yılındadır. 1987 yılında yağış azalırken göl alanı da azalmıştır. 1990 yılında yağış düşük oranda artmıştır ancak göl alanı küçülmeye devam etmiştir.1998 yılında yağıştaki artış göl alanına yansımamış, en küçük göl alanı bu yılda görülmüştür. 2000 yılında yağış miktarı en yüksek değerine ulaşırken göl alanında artış meydana gelmiştir. 2002

yılında, 2000 yılından 9.76 mm daha az yağış düşmüştür ancak göl alanı 721.44 ha artmıştır.

1987 yılında ortalama buharlaşma düşerken göl alanı da azalmıştır. Bu tarihten sonra sürekli artan buharlaşma değeri göl alanı ile paralellik göstermemiştir.

Sıcaklığın en yüksek olduğu 1998 yılında göl alanı en düşük seviyesindedir. 1990 yılına kadar sıcaklık ve göl alanı azalmıştır. 1998 yılından itibaren sıcaklık ve göl alanı ters orantılıdır.

Sıcaklık, ortalama buharlaşma ve yağış verilerinde kuru periyot için Ağustos, Eylül ve Ekim aylarının verilerinin ortalaması alınmıştır.



	1986.04.10	1987.05.15	1990.06.08	1998.04.11	2000.05.11	2002.05.17
212+211	26980.92	29403.63	31636.80	36736.56	33496.47	38307.33
212	11279.07	12311.82	19168.83	17470.17	21161.34	25352.01
211 s	15701.85	17091.81	12467.97	19266.39	12335.13	12955.32

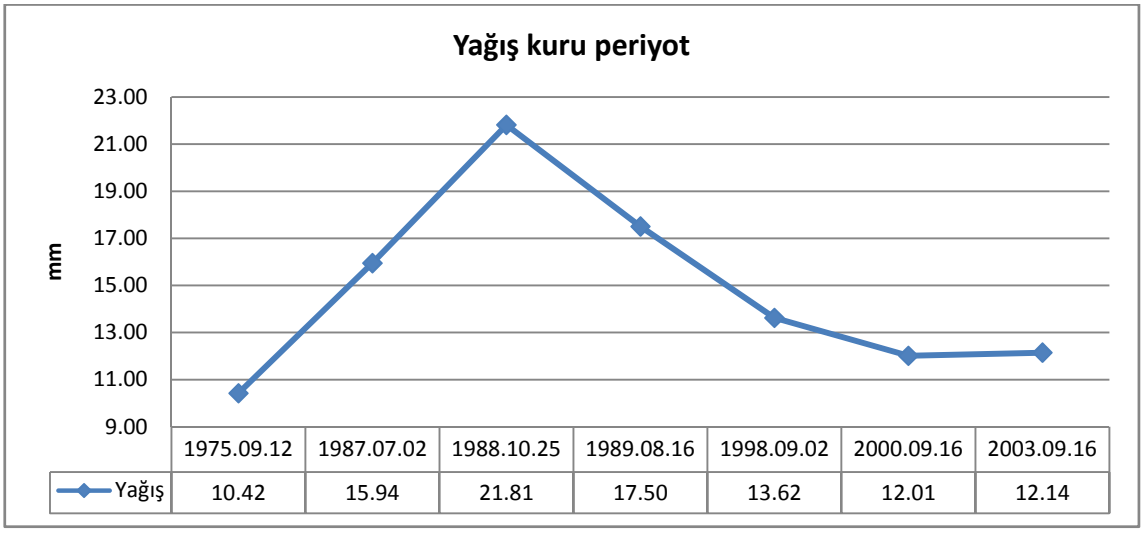
Şekil 4.46 Sulu periyot sürekli sulanan ve sulanmayan tarım alanları

Sürekli sulanan tarım alanları 1998 yılı dışında artmıştır. Sürekli sulanan tarım alanları 11279.07 ha ile 1986 yılında en az alana 2002 yılında 25352.01 ha ile en çok alana sahiptir. Sulanmayan tarım alanları incelendiğinde çok büyük oransal farklılıkların oluşmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.46). Toplam tarım alanları sürekli bir artış eğilimi göstermektedir. 1986-2002 zaman periyodu genel olarak ele alındığında sadece 2000 yılında tarım alanlarında bir önceki tarihe göre düşüş gösterdiği görülmektedir.

Yağış verilerinin toplam tarım alanları ile karşılaştırılması yapıldığında 1987 ve 2002 yılların yağış miktarının bir önceki tarihe göre düştüğü buna karşın ilgili tarihlerde tarım alanlarının arttığı görülmektedir.

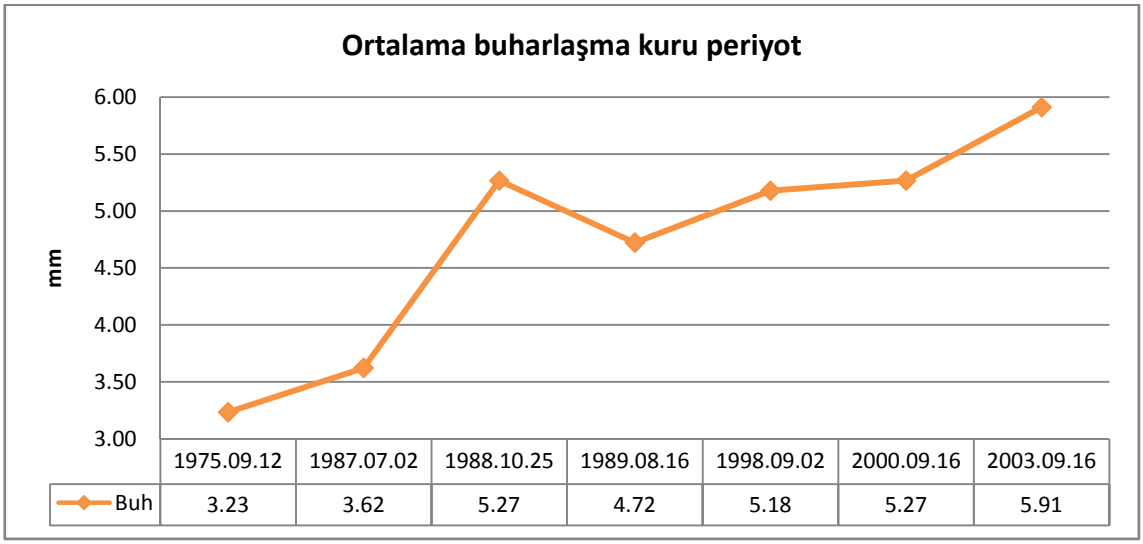
1987 yılında ortalama buharlaşma miktarı düşmüş diğer ilgili tarihlerde ortalama buharlaşma miktarı artmıştır. 2000 yılı dışında tarım alanları bir önceki tarihe göre sürekli artış göstermiştir.

Sıcaklık değerinin bir önceki ilgili yıla göre arttığı tek yıl 1998 yılıdır.1998 yılında sürekli sulanan tarım alanlarında düşüş gerçekleşmiştir. İlgili tarihlerde sıcaklık ve sulanan tarım alanları ters orantılıdır. 2000 yılı dışında tarım alanları bir önceki tarihe göre sürekli artış göstermiştir.



Şekil 4.47 Kuru periyot uydu görüntüleri için hesaplanan yağış ortalamaları

Yağışın kuru periyot için en az olduğu yıl 1975'tir. 1987 yılında artmaya başlayan ve 1988 yılında en yüksek seviyeye ulaşan yağış bu tarihten sonra azalan oranlarla düşmüştür (Şekil 4.47).



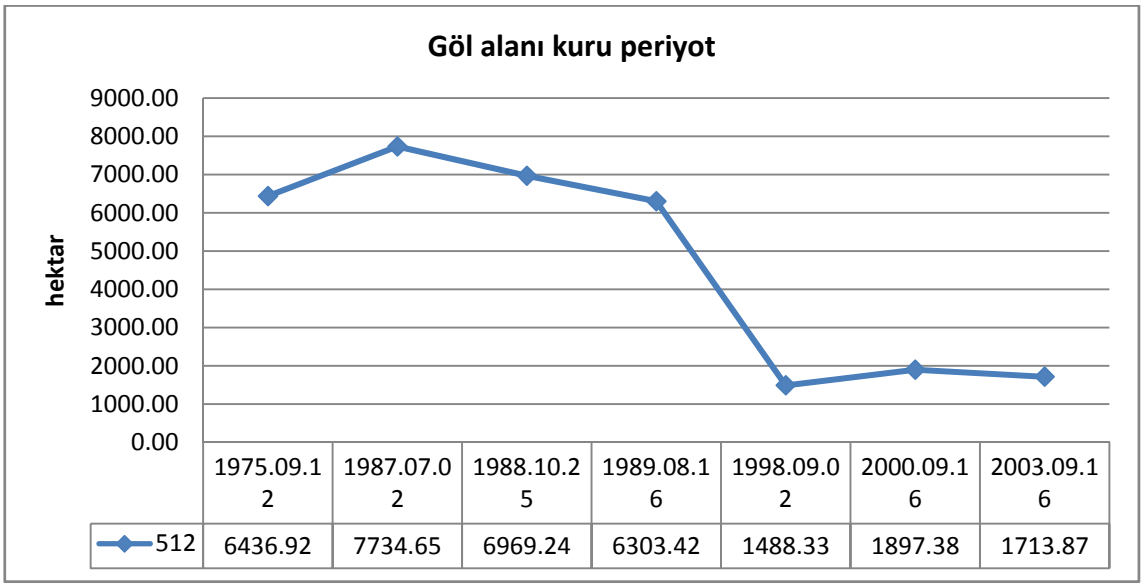
Şekil 4.48Kuru periyot uydu görüntüleri için hesaplanan buharlaşma ortalamaları

Ortalama buharlaşma miktarı en genel ifade ile artma eğilimindedir. 1989 yılında 0.55 mm azalışın dışında devamlı artmaktadır (Şekil 4.48).



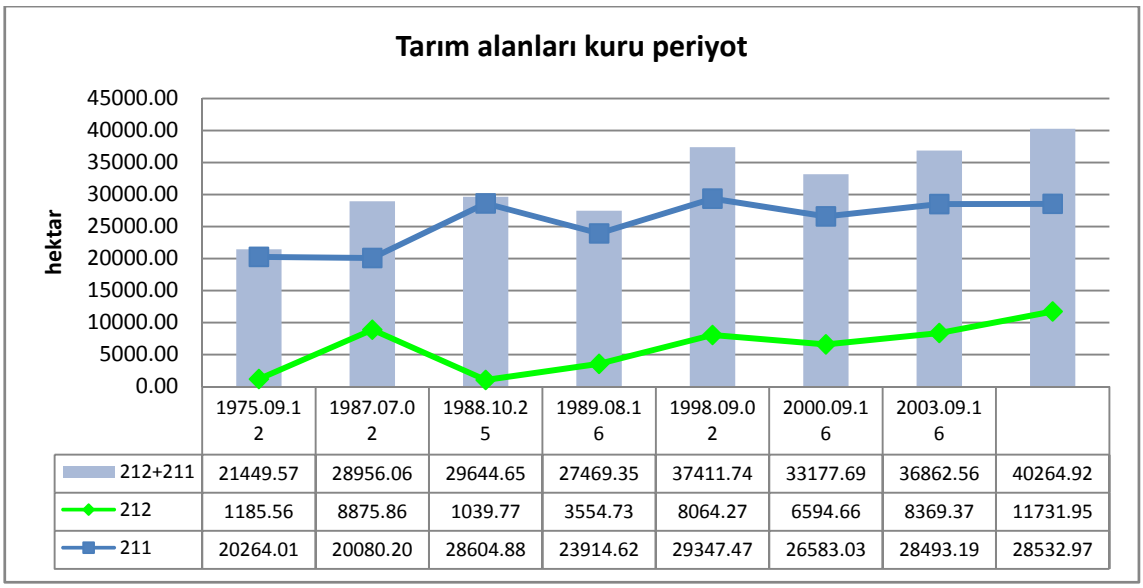
Şekil 4.49Kuruperiyot uydu görüntüleri için hesaplanan sıcaklık ortalamaları

İlgili yıllarda en yüksek sıcaklık 1998 yılında 18.86 ºC derecedir. En düşük sıcaklık 1975 yılında 16.54 ºC hesaplanmıştır (Şekil 4.49).



Şekil 4.50 Kuru periyot uydu görüntüleri için hesaplanan göl alanı

Gölün kuru periyotta en büyük alan kapladığı yıl 1987 yılıdır. 2010 yılına ait görüntülerde göl tamamen kuruduğundan karşılaştırma işlemine tabi tutulmamıştır. İlgili tarihlerde En düşük göl alanı 1488.33 ha değeri ile 1988 yılındadır (Şekil 4.50). Göl alanı değerlerinde 1987 ve 2000 olmak üzere iki yılda yükseliş gerçekleşmiştir. Diğer tüm ilgili yıllarda düşmüştür.



	1975.09.12	1987.07.02	1988.10.25	1989.08.16	1998.09.02	2000.09.16	2003.09.16	
212+211	21449.57	28956.06	29644.65	27469.35	37411.74	33177.69	36862.56	40264.92
212	1185.56	8875.86	1039.77	3554.73	8064.27	6594.66	8369.37	11731.95
211	20264.01	20080.20	28604.88	23914.62	29347.47	26583.03	28493.19	28532.97

Şekil 4.51Kuru periyot sürekli sulanan ve sulanmayan tarım alanları

Kuru periyot için sürekli sulanan tarım alanları incelendiğinde 1987 yılı dışında bir önceki tarihe göre yaklaşık aynı oranda bir artış görülmektedir. Sürekli sulanan tarım alanları 1039.77 ha ile 1988 yılında en az alana 2010 yılında 11731.95 ha ile en çok alana sahiptir. Sulanmayan tarım alanları incelendiğinde 1988 yılı haricinde çok büyük oransal farklılıkların oluşmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.51). Toplam tarım alanları da 1989 yılı dışında sürekli bir artış eğilimi göstermektedir. 1975-2010 zaman periyodu genel olarak ele alındığında sadece 1989 yılında tarım alanlarında bir önceki tarihe göre düşüş gösterdiği görülmektedir.

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Hotamış Gölü ve çevresinin arazi kullanımının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile zamana bağlı değişiminin ortaya konulması ve bu değişime etki eden faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Konya Ovası'nın önemli sulak alanlarından olup ekolojik anlamda da önemli bir yere sahip Hotamış Gölü çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bölgede tarihte çok az sayıda çalışma mevcuttur. Çalışma bölgesi olarak seçilen alanın yıllar içerisinde sürekli değişken bir yapıya sahip olması bu karakteristikteki alanlarda gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalar için bir örnek oluşturacağı düşünülmektedir. Göl seviyesindeki değişimlerin uzaktan algılama ile ortaya konulması amaçlanmıştır. Uygulamada 12 Eylül 1975 tarihli Landsat MSS görüntüsü, 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 02 Temmuz 1987, 25 Ekim 1988, 16 Ağustos 1989, 08 Haziran 1990, 11 Nisan 1998, 02 Eylül 1998 tarihli Landsat TM görüntüleri, 11 Mayıs 2000, 16 Eylül 2000, 17 Mayıs 2002 tarihli Landsat ETM görüntüleri, 1993 tarihli SPOT 2 görüntüsü, 1976 ve 1979 tarihli CORONA görüntüleri kullanılmıştır. Landsat uydu görüntüleri sınıflandırma işlemleri için SPOT ve CORONA uydu görüntüleri ise sınıflandırmanın eğitim verilerinin seçiminde kullanılmıştır. Mevsimsel farklardan etkilenmemek amacıyla görüntüler sulu periyot ve kuru periyot olarak iki kısımda incelenmiştir. Sulu periyot için seçilen görüntüler 10 Nisan 1986, 15 Mayıs 1987, 8 Haziran 1990, 11 Nisan 1998, 11 Mayıs 2000, 17 Mayıs 2002, kuru sezon için seçilen görüntüler ise 12 Eylül 1975, 2 Temmuz 1987, 25 Ekim 1988, 16 Ağustos 1989, 2 Eylül 1998, 16 Eylül 2000, 16 Eylül 2003, 1 Temmuz 2010, 19 Eylül 2010 görüntüleridir.

Değişimi incelemeye yönelik üç ayrı çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk işlem uydu görüntülerinin kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemidir. Kontrolsüz sınıflandırma işlemi ile tüm görüntüler on addet sınıfa ayrılmıştır. Kontrollü sınıflandırma işlemi ile görüntüler beş sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırma işlemi CORINE veri tabanı dikkate alınarak yapılmıştır. Bu işlem sonucunda oluşturulan sınıflar, sulanmayan ekilebilir alanlar, sürekli sulanan alanlar, meralar, bataklıklar ve su kütleleri şeklindedir. İkinci işlem olarak uygulama alanındaki sağlıklı bitki örtüsünün belirlenmesi amacıyla tüm görüntülerde normalleştirilmiş bitki endeksi değerleri hesaplanmıştır. Üçüncü işlem olarak da analizlerde kullanmak amacıyla Landsat MSS görüntüsünde tüm bantlar ve diğer görüntülerde 7-4-1 bantlarının birleşimi kullanılarak göl kıyı çizgisi çıkarımı

işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu üç işlemden elde edilen sonuçlar, göl alanındaki değişimlerin sebeplerinin araştırılabilmesi için daha sonra meteorolojik verilerle birlikte değerlendirilmiştir. Bölümler içerisinde ulaşılan sonuçlar birbirleri ile bütünlük içerisinde değerlendirilmeye özen gösterilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma sonucunda elde edilen veriler her sınıf için ayrı olarak analiz edilmiştir. Bu analizlere göre, çalışma bölgesinde %2 ve %13 aralığında bataklık alanları bulunduğu görülmüştür. Sulu periyot ele alındığında, bataklık alanının en büyük değere sahip olduğu yıl 1990 yılıdır ve bu tarihte bataklık alanı 4888 hektara ulaşmıştır. Bataklık alanının en düşük değere sahip olduğu yıl 2221 hektarla 2002 yılıdır. 1986 yılından 2002 yılına kadar geçen süreçte bataklık alanı azalan bir eğilim göstermektedir. Göl alanları birbirini takip eden yıllarda önce bataklık alanlarına daha sonra tarım alanlarına dönüşmüştür. Kuru periyot ele alındığında ise bataklık alanının en büyük değere sahip olduğu yıl 1975 yılıdır ve bu tarihte bataklık alanı 7657 hektara ulaşmıştır. Bataklık alanının en düşük değere sahip olduğu yıl 2547 hektarla 1998 yılıdır. Kuru periyotta da 1986 yılından 2002 yılına kadar geçen süreçte bataklık alanı azalan bir eğilim göstermektedir. Tüm zaman aralığı göz önüne alındığında bataklık alanı %58 oranında bir düşüşle 4447 hektar olarak hesaplanmıştır.

Meralar sınıfı diğer sınıflara göre oransal değişimin en az olduğu sınıftır. Meralar sulu ve kuru periyotta zaman içerisinde azalma eğilimindedir. Meralar zaman içerisinde yerleşime ve tarıma açıldığı uydu görüntülerinden gözlemlenmiştir. Toplam arazi kullanımına göre hesaplanan ortama mera kullanımı %29.2'dir. Eylül ayı için yapılan değerlendirmede 1998'de %29, 2000'de %27, 2003'te %26 ve 2010'da %25'tir. 1975 yılından 2010 yılına kadar mera alanlarından 8078 hektar (%35) düşüş olmuştur.

Sulu periyot ve kuru periyotlarda sürekli sulanan alanlar sınıfı artış eğilimi göstermektedir. Sulu periyot için sulanan tarım alanları 14072 hektar (%125) artış göstermiştir. Kuru periyotta ise 10546 (%889) hektar artış göstermiştir. Sürekli sulanan tarım alanları ve sulanmayan tarım alanları birlikte değerlendirildiğinde sulu ve kuru periyotlar için düşüş görülen tek yılın 2000 olduğu, aynı tarihte göl ve bataklık alanındaki yükselme göz önüne alındığında tarım arazilerinin göl ve bataklık alanına dönüştüğü anlaşılmaktadır.

Su kütleleri sınıfı zamanla azalan bir eğilim göstermektedir. 1975 yılından en son göl alanının görülebildiği 2003 yılına kadar 4723 hektar su kütlesi kaybı olmuştur.

Bu tarihler arasında su kütleleri sınıfı %73 oranında azalmıştır. 2010 tarihli görüntüde su kütlesi sınıfına rastlanmamıştır.

Göl ve bataklık alanlarının kuruyarak tarım arazilerine açılması sonucu tarım alanları artmıştır (Şekil 4.3). Tarım arazileri sınıflandırmada 2.1.2 Sürekli sulanan alanlar sınıfı ve 2.1.1 Sulanmayan ekilebilir alanlar sınıfı olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. İlkbahar yaz dönemini ele alırsak 2002 yılında 1986 yılına oranla %44'lük bir sulanan tarım alanı artışı olmuştur

Elde edilen sonuçlara göre sulu periyotta suyun çok olduğu Nisan ve Mayıs aylarında gölde, göl bitkileri bulunmamaktadır. Bu nedenle NDVI değerleri sürekli sulanan tarım alanları ve tarım yapılmayan alanlarda yetişen bitkilerden oluşmaktadır. Sürekli sulanan tarım alanları artığından toplam sağlıklı bitkiler alanları artmaktadır. Kuru periyot aylarında göl bitkileri neredeyse tüm göl yüzeyini kaplamış halde bulunmaktadır. Göl içindeki bitkiler göl alanının düşüşü ile birlikte azalmıştır ve toplam 5367 hektar sağlıklı bitki alanı yok olmuştur. Göl alanı dışındaki sağlıklı bitkileri sürekli sulanan tarım alanları ve tarım yapılmayan alanlardaki bitkiler oluşturmaktadır. Toplam sağlıklı bitkiler göl alanındaki azalmanın yerini yüksek oranda artan sürekli sulanan alanların artmasına bağlı olarak artmıştır.

Sağlıklı bitkiler alanı 1988 yılı dışında düzgün bir artış göstermektedir. 1988 yılında toplam sağlıklı bitkiler alanı bir önceki yıla göre % 85 bir oranda kritik şekilde azalmıştır. Aynı tarihli iklim verileri incelendiğinde yağış miktarı en yüksek seviyesinde, buharlaşma miktarı en yüksek ikinci seviyesinde ve sıcaklık değerleri normal seviyelerindedir. Göl alanı 1988 yılında azalmıştır. Sürekli sulanan tarım alanlarının azalmasına karşın, sulanmayan tarım alanları artmış ve toplam tarım alanları bir önceki yıla göre artmıştır. 1988 yılında göl alanı da azalmıştır. Toplam sağlıklı bitkiler alanı kritik azalışının bir nedeni göl alanındaki artıştır. Bununla beraber iklim parametreleri de incelendiğinde bu tarihlerde, sulu tarım yapılmadığı, yüksek yağış miktarları nedeniyle tarım ürünlerinin zarar gördüğü ya da bitkilerin sağlıklı NDVI değerlerine ulaşmasını engelleyen hastalıkları olduğu yorumu yapılabilir.

Kıyı çizgisi çıkarımı işlemi sonucunda elde edilen verilere göre, uydu görüntüleri ve 1: 25.000 ölçekli paftadan çıkarılan göl sınırı Nisan 1986'da 100,603 km iken2003 yılında %79'luk bir oranla 20.590 m'ye düşmüştür. 1:25.000 ölçekli paftadan sayısallaştırılan göl çevresi 92.363 m'dir.

Göl alanları birbirini takip eden yıllarda önce bataklık alanlarına daha sonra tarım alanlarına dönüşmüştür. Göl alanındaki azalış iklim parametreleri ile açıklanamamaktadır. İl çevre değerlendirme raporunda bölgeye gelen su kanallarının Tuz Gölü'ne yönlendirilmesi ile bölgenin beslenemeyerek kuruduğu ifade edilmektedir. Bu durum bölgedeki su rejiminin herhangi bir planlamaya dayandırılmadığını göstermektedir. Ayrıca WWF Türkiye ve Çevre ve Orman Bakanlığının raporlarında da belirtilen yeraltı su seviyelerindeki çekilmelerin sulu tarıma orantılı şekilde arttığı da bu çalışma ile desteklenmiştir. Bu durum gölün beşeri sebepler ile yok olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Yer altı suyuna dayalı yapılan vahşi sulama bölgenin önemli bir sorunudur. Sulanan tarım alanlarının yüksek oranlarla artışı sulama fazlalığına işaret etmektedir. . Çalışma bölgesinin belli bölümlerinde İl, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından toplulaştırma çalışmaları planlanmaktadır. Bu çalışmalar genişletilmeli havza olarak büyük ölçekli planlanmalıdır. Sulama akılcı yöntemlerle yapılmalıdır. Yer altı sularının kullanımı kontrol altına alınmalıdır. Gelecekte bu bölgede gerçekleştirilmesi planlanan projelerde Konya Kapalı Havzası su rejimi yönetim sistemi oluşturulmalı ve yer altı ve yerüstü su kaynakları bu geniş kapsamlı projelerle güvence altına alınmalıdır.

KAYNAKLAR

Akar İ., (2011). İstanbul Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Acıgöl (Türkiye)-Urmiye (İran) Göllerinde Su Yüzeyi Değişimleri ve Yakın Çevresinde Arazi Kullanımının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi 2011.

Al-Abed, N. Abdullah F. ve Abu Khyarah, A. (2004). Gis-HydrologicalModelsForManaging Water Resources InTheZarqaRiver Basin. EnvironmentalGeology, 47, 405-411.

Ardos, M., (1986). Hotamış Bataklığı ve Yararlanma İmkanları. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi. Sayı:2, 117-120.

Aslan Akkaya Ş.T. Gündoğdu S. K. ve Demir, A. O. (2004). Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi Bursa Karacabey İnkayaGöleti Havzası Örneği, Ulud. Üni. Zir. Fak. Derg. S.18 S.167–180.

Ayhan, E., Karslı, F., Tunç E., (2003). Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz, Harita Dergisi, 130, 32–46.

Bahadır M.,(2011). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Acıgöl Havzası'nın Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi. Doktora Tezi, Afyonkarahisar 2011.

Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H., Marei, S.M., El-Badawi, M.M., (2010). Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. Applied Geography 30 (2010) 592–605.

Bethany A. B., Mustard J. F., (2005). Identifying land cover variability distinct from land cover change: Cheatgrass in the Great Basin. Remote Sensing of Environment 94 (2005) 204–213

Bradley, B. A., Mustard J. F., (2005). Identifying land cover variability distinct from land cover change: Cheatgrass in the Great Basin. Remote Sensing of Environment 94 (2005) 204–213

Brink, A. B., Eva, H. D., (2009). Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. Applied Geography 29 (2009) 501–512.

Cengiz, T. M.,Kahya, E. (2006). Türkiye Göl Su Seviyelerinin Eğilim Ve Harmonik Analizi, İtü. Dergisi, Cilt 5, Sayı 3, Kısım 2, İstanbul, Turkey.

Chen, X., Vierling,L., Deering D., (2005). A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. Remote Sensing of Environment 98 (2005) 63 – 79

Çevre ve Orman Bakanlığı, (2009). Konya 2009 Yılı İl Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Konya İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ÇED ve Planlama Şubesi, 2009.

Çölkesen, İ., (2009). Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Dewan, A. M. Yamaguchi, Y., (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. Applied Geography 29 (2009) 390–401.

Dobtowolska, J. (2004). Gis-EffectiveSupportInWater Resource Management AndProtection, EcosysSuppl.- Bd. 42, 71-81.

Er, F., (1994). Konya Kapalı Havzası Kurumuş Hotamış Gölü Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

Erdas, (2008). Erdas Imagine 9.2 Field Guide.

Foody, G. M., (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment 80 (2002) 185– 201.

Göksel, Ç., (1996). Elmalı ve Alibey Su Havzalarının Uydu Görüntü Verileriyle İzlenmesi ve Bilgi Sistemi Oluşturma Olanakları, Doktora Tezi, İstanbul.

Hansen, M. C., Loveland, T. R., (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. Remote Sensing of Environment 122 (2012) 66–74.

İşlem, (2002). Uzaktan Algılama Eğitim kitabı. İşlem Şirketler Grubu,

Jat, M. K.,Garg, P.K., Khare D., (2008). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 10 (2008) 26–43.

Jehnsen, J.R., (1996). Introductory digital image processing: A remote sensing perspective, Prentice Hall, New Jersey.

Kansu, O., (2006). Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma yöntemleri analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,

Karakaya N.,Gönenç E., (2006). Türkiye'de Havzalar Arası Su Transferi İçin Bir Karar Destek Sistemi Önerisi, İtü. Dergisi/E Cilt 16, Sayı 1-3, Sayfa 79-90, İstanbul.

Kavzaoğlu, T., (2008). Uzaktan algılama ve uygulamaları ders notları (yayınlanmamış), GYTE, Yüksek Lisans Programı, Gebze.

Kavzaoğlu, T., Çölkesen, İ., 2010, Destek Vektör Makineleri ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarının Etkilerinin Đncelenmesi, Harita Dergisi, Temmuz 2010, sayı:144 sf:73-82

Kechagias, E. ve Katsifarakis, K. L. (2004). Planning Water Resource Management İn Small Islands. The Case Of Kalymnos, Greece, Water, AirAndSoilPollutionFocus 4: 279-288.

Kitapçıoğlu, H.,(2005). Sayısal görüntülerin bölümlenmesi ve sınıflandırılmasında temel algoritmaların yorumlanması ve uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., Hostert, P., (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. Remote Sensing of Environment 113 (2009) 957–964.

Korkanç, Y. S. (2004). Sulak Alanların Havza Sistemi İçindeki Yeri, Zkü Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Yıl: Cilt:6 Sayı:6 Zkü. Bartın Orman Fakültesi, Bartın.

Lillesand, T.M.,Kiefer R.W., (1994). Remote sensing and photo interpretation. 3rd. Edition.John Wiley & Sons: New York.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., (2000). Remote sensing and image interpretation, John Wiley&Sons Inc., New York.

Lunetta, R.S., Knight, J. F., Ediriwickrema, J., Lyon,J. G., Worthy L. D., (2006). Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. Remote Sensing of Environment 105 (2006) 142–154.

Mather, P.M., (1987). Computer processing of remote-sensed images. John Wiley and Sons Ltd. Mediterranean", Computers & Geosciences, 26:385–396. NASA 2011, http://landsat.gsfc.nasa.gov/

Mendoza, M. E., Granados, E. L., Geneletti, D., Pérez-Salicrup, D. R., Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change processes at watershed level:

A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003) Applied Geography 31 (2011) 237-250.

Mubea, K. B., Gigi, T. G., Mundia, C.., (2010), Assessingapplication of markovchainanalysis in predictinglandcoverchange: a casestudy of Nakurumunicipality. JAGST, 12(2): 126-144.

Nişancı, R. Yıldırım V., Yıldırdım A. (2007). Su Havzalarına Yönelik Cbs Veri Tabanı Modellemesi: Trabzon Galyan Vadisi Örneği, Tmmob Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim–02 Kasım 2007, Ktü, Trabzon.

Oetter D. R.,Cohen W. B., Berterretche M., Maiersperger T. K., Kennedy R. E., (2000) Land cover mapping in an agricultural setting using multiseasonal Thematic Mapper data. Remote Sensing of Environment 76 (2000) 139-155.

Oğuz, H.,(2004). Modeling Urban Growthand Land Use / Land CoverChange in the Houston MetropolitanAreafrom 2002-2030. Texas A&M University, PhDDissertation, 151p. (unpublished)

Özkan, C., (2001). Uydu görüntü verisinin yapay sinir ağları ile sınıflandırılması, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Paudel, S., Yuan, F., (2012). Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS Modeling. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 16 (2012) 66–76.

Peijun, D.,Xingli, L., Wen, C., Yan, L., Huapeng, Z., (2010). Monitoring urban land cover and vegetation change by multi-temporal remote sensing information. Mining Science and Technology 20 (2010) 0922–0932.

Portoghese, I. U., Vurro, M. (2005). A-GIS ToolForHydrogeologicalWaterBalance Evaluation On A Regional Scale in Semi-Arid Environments. ComputersAnd Geosciences 31, 15-27.

Richards J.A., Jia X., (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis, 4. Baskı Springer-Verlag Berlin Heidelberg, s. 193,194.

Rongqun, Z., Daolin, Z., (2011). Study of land cover classification based on knowledge rules usinghigh-resolution remote sensing images. Expert Systems with Applications 38 (2011) 3647–3652.

Rozenstein, O., Karnieli, A., (2011). Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. Applied Geography 31 (2011) 533e544.

Salihoğlu, G. ve Karaer F. (2005). Ulubat Gölü İçin Ekolojik Risk Değerlendirmesi, İtü. Dergisi, Cilt 15, Sayı 1-3, Sayfa 17-28, İstanbul.

Schneider, A., (2012). Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach. Remote Sensing of Environment 124 (2012) 689–704.

Sesnie, S. E., Gessler, P. E., Finegan, B., Thessler, S., (2008). Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees for habitat classification and change detection in complex neotropical environments. Remote Sensing of Environment 112 (2008) 2145–2159.

Sesören, A., (1999). Uzaktan algılamada temel kavramlar, 1. Baskı, Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti, İstanbul, 12-13.

Shalaby, A., Tateishi, R., (2007). Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography 27 (2007) 28–41.

Su Dünyası, (2011). Devlet Su İşleri Vakfı, Sayı: 98, s-25.

Sudheer R. S. ve Jennifer M. J. (2004). A-GIS Based Model ToEstimateTheRegionally Distributed DroughtWaterDemand, AgriculturalWater Management 66, 1-13.

Sun, H.,Forsythe,W., Waters, M., (2007). Modeling urban landusechangeand urban sprawl: Calgary, Alberta, Canada. Networks andSpatialEconomics, 7: 353-376.

Süslü, A., (2007). Şereflikoçhisar ilçesindeki tarım arazilerinde uzaktan algılama yöntemiyle ekili alanların tespiti ve rekolte tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T. (2005). Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle İzlenmesi. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, Turqva-V, İstanbul Üni. Avrasya Yer Bilimleri Enst., İstanbul.

Tatar, Y., Tatar, O., 2006. Jeolojide uzaktan algılama, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, No: 102, Esform Ofset Ltd. Şti., Sivas. 248 s. Tuik (2012). Resmi İstatistik Programı 2012-2016. Yayın no:3642, Ankara.

Verbyla, D. L., (1995). Satellite remote sensing of natural resources, Lewis Publishers, New York, pp-198.

Wang, Y., Mitchell, B. R., Nugranad-Marzilli, J., Bonynge, G., Zhou, Y., Shriver, G., (2009). Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: A case study of the Northeast Temperate Network. Remote Sensing of Environment 113 (2009) 1453–1461.

Wright, C., Gallant, A., (2007). Improved wetland remote sensing in Yellowstone National Park using classification trees to combine TM imagery and ancillary environmental data. Remote Sensing of Environment 107 (2007) 582–605.

Wu, Q., Li, H., Wang, R., Paulussen,J., He, Y., Wang, M., Wang, B., Wang, Z., (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. Landscape and Urban Planning 78 (2006) 322–333.

Wulder, M. A., White, J. C., Goward, S. N., Masek, J. G., Irons, J. R., Herold, M., Cohen, W. B., Loveland,T. R., Woodcock,C. E. (2008). Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring. Remote Sensing of Environment 112 (2008) 955–969.

WWF Türkiye, (2008). Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu. WWF Türiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı.

Yuan, F., Bauer, M. E., (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment 106 (2007) 375–386.

Yuan, F., Sawaya,K. E., Loeffelholz,B. C., Bauer, M. E., (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment 98 (2005) 317– 328

URL1

http://tuikapp.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=94&turId=6 (Erişim tarihi Nisan 2012)

URL2

http://www.konya.gov.tr/goster.asp?baslik=Konya%20Ovalar%FD%20Projesi%20(KOP)). (Erişim Tarihi Mayıs 2013)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

AdıSoyadı	**:**	Elif KIRTILOĞLU
Uyruğu	**:**	TC
DoğumYeriveTarihi	**:**	Düzce 1986
Telefon	**:**	
Faks	**:**	
e-mail	**:**	elifkiyak@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**BitirmeYılı**
Lise	:	**DüzceArsalAnadoluLisesi, Düzce**	**2004**
Üniversite	:	**SelçukÜniversitesi, Konya**	**2009**
YüksekLisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Konya**	**2014**
Doktora	:		