

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ KULLANIMI VE
DEĞİŞİKLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Harita Müh. Ahmet KILIÇ

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında, Uzaktan Algılama ve CBS Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Abdullah PEKTEKİN

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTIMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
2. GÖRSEL GÖRÜNTÜ YORUMLAMA.....	3
2.1 Giriş.....	3
2.2 Görsel Görüntü Yorumlamanın Temelleri.....	4
2.3 Görsel Görüntü Yorumlamada Kullanılan Görüntü Biçimleri.....	5
2.4 Görsel Görüntü Yorumlamada Uygulanan Sayısal İşlemler.....	6
2.5 Görsel Görüntü Yorumlamanın Elemanları.....	7
2.6 Görsel Görüntü Yorumlama Yöntemleri.....	9
2.7 Görsel Görüntü Yorumlama Kılavuzları.....	9
2.8 Görsel Görüntü Yorumlama ile Sayısal Görüntü Analizinin Karşılaştırılması.....	10
2.9 Görsel Görüntü Yorumlamanın Kullanım Alanları.....	12
3. SAYISAL GÖRÜNTÜ ANALİZİ.....	13
3.1 Giriş.....	13
3.2 Kontrolsüz Sınıflandırma.....	14
3.3 Kontrollü Sınıflandırma.....	15
3.3.1 Eğitim Alanları.....	15
3.3.1.1 Eğitim Alanlarının Özellikleri.....	15
3.3.1.2 Eğitim Verisi Seçimi İşlem Adımları.....	16
3.3.2 Kontrollü Sınıflandırma İşlem Adımları.....	17
3.4 Kontrolsüz Sınıflandırma ve Kontrollü Sınıflandırmanın Karşılaştırılması.....	18
3.5 En Yüksek Olasılık Yöntemi.....	18
3.6 Sayısal Görüntü Analizinde Yardımcı Verilerin Kullanımı.....	19
4. LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ.....	20
4.1 Giriş.....	20
4.2 Landsat MSS Görüntüsü.....	20
4.3 Landsat TM Görüntüsü.....	21
4.4 Landsat ETM+ Görüntüsü.....	22
4.5 Landsat ETM+ Görüntüsünün Uygulama Alanları.....	23

5.	UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ KULLANIMI VE DEĞİŞİKLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI.....	25
5.1	Uygulamanın Amacı.....	25
5.2	Çalışma Alanı	25
5.3	Kullanılan Veriler.....	25
5.4	Görsel Görüntü Yorumlama.....	27
5.4.1	Siyah-Beyaz Görüntülerin Görsel Yorumlanması.....	28
5.4.2	Görüntü Kompozitlerinin Görsel Yorumlanması.....	30
5.4.3	Spektral Olarak Dönüştürülmüş Görüntülerin Görsel Yorumlanması.....	33
5.4.4	Görsel Görüntü Yorumlama ile Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Tespit Edilmesi.....	34
5.5	Sayısal Görüntü Analizi.....	36
5.5.1	Eğitim Alanlarının Seçilmesi.....	36
5.5.2	Eğitim Alanlarının Düzenlenmesi ve Kontrolü.....	37
5.5.3	Sınıflandırmanın Yapılması ve Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi.....	38
5.5.4	Sayısal Görüntü Analizi Yöntemi ile Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Tespit Edilmesi.....	40
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42
	KAYNAKLAR.....	45
	ÖZGEÇMİŞ.....	47

SİMGE LİSTESİ

ha	hektar
m	metre
μm	mikrometre

KISALTMA LİSTESİ

EOS	Earth Observation Satellite
ERTS-1	Earth Resources Technology Satellite-1
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
FTP	File Transfer Protocol
MSS	Multispectral Scanner
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PAN	Pankromatik
RGB	Red Green Blue
RBV	Return Beam Vidicon
TM	Thematic Mapper

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Görsel görüntü yorumlamanın genel modeli	5
Şekil.2.2(a)	Mısır tarlası ve arasına serpilmiş vaziyette ekilmiş marihuanalar.....	7
Şekil.2.2(b)	Doku görsel yorumlama elemanına ait örnekler.....	7
Şekil 2.3(a)	Patates tarlaları	8
Şekil 2.3(b)	Paris caddeleri.....	8
Şekil 3.1	Homojen ve heterojen eğitim verilerinin histogramları.....	16
Şekil 5.1	İstanbul F22-d3 ve F22-c4 paftaları içerisine giren çalışma alanı.....	26
Şekil 5.2	Landsat ETM+ uydu görüntüsü ve çalışma bölgesi (4,5,3 RGB).....	26
Şekil 5.3	Ortofoto yardımı ile uydu görüntüsünden bilgi toplama.....	27
Şekil 5.4	Uydu görüntüsü üzerine bindirilmiş sayısal orman amenajman planları.....	28
Şekil 5.5	Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ Bant 4 görüntüsü.....	29
Şekil 5.6	Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ Bant 3 görüntüsü.....	29
Şekil 5.7	Çalışma bölgesinin Landsat MSS 4,2,1 RGB kompoziti.....	30
Şekil 5.8	Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ 7,4,2 pan RGB kompoziti.....	31
Şekil 5.9	Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ 4,5,3 pan RGB kompoziti.....	32
Şekil 5.10	Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ 4,5,3 pan RGB kompozitinde yerleşim alanlarının vektör olarak gösterimi.....	32
Şekil 5.11	Çalışma bölgesi PC (1,2,3) RGB temel bileşenler kompoziti.....	33
Şekil 5.12	Band oranları kullanılarak (bant4/bant3) oluşturulan ETM+ görüntüsü.....	34
Şekil 5.13	25 Eylül 1987 tarihli Landsat TM görüntüsü.....	35
Şekil 5.14 (a)	TM görüntü kesiti.....	35
Şekil 5.14 (b)	MSS görüntü kesiti.....	35
Şekil 5.15	Çalışma alanı değişim görüntüsü (3 TM, 3 TM, 3 ETM+ RGB).....	36
Şekil 5.16	Eğitim alanlarının seçilmesinde sayısal topoğrafik haritanın kullanılması.....	37
Şekil 5.17	Seçilen eğitim alanlarının histogramları.....	38
Şekil 5.18	Sınıflandırma sonucu elde edilen sınıflandırılmış görüntü.....	39
Şekil 5.19	TM ve ETM+ görüntü verilerinin karşılaştırılması sonucu tespit edilen değişiklikler	41

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Landsat 7 uydu görüntüsü için görsel yorumlama kılavuzu	10
Çizelge 2.2 Orman için yorumlama kılavuzu.....	10
Çizelge 4.1 Landsat ETM+ tarayıcısının spektral ve konumsal çözünürlüğü.....	23
Çizelge 5.1 Vektör poligonlara ait öznitelik tablosu.. ..	33
Çizelge 5.2 Sınıflandırma hata matrisi	39
Çizelge 5.3 Doğruluk tablosu	40
Çizelge 5.4 Sınıfların kapa katsayıları	40

ÖNSÖZ

Uydu görüntüleri ile arazi kullanımının ve değişikliğinin araştırıldığı bu çalışmada, tez danışmanlığımı üstlenen ve bana her aşamada destek olan, sabır gösteren Sayın Hocam Prof.Dr. Abdullah Pektekin'e, halen görev yapmakta olduğum Askeri Coğrafya Dairesi Başkanlığına, yardımlarını eksik etmeyen Harita Genel Komutanlığında görevli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ağustos 2006

Ahmet KILIÇ

ÖZET

İlk Landsat uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesiyle, yeryüzü kaynaklarının uzaktan algılama görüntüleriyle tespit edilmesi çalışmaları başlamıştır. Çok bantlı tarayıcıya sahip uydular yeryüzü kaynaklarını araştırmak için, o günden günümüze kadar aralarında Türkiye de olmak üzere birçok ülke tarafından uzaya gönderildiler. Gelişen teknoloji ile birlikte uydu görüntülerinin konumsal ve spektral çözünürlüklerinin artması ve artan rekabetle birlikte fiyatlarının ucuzlaması, uydu görüntülerinin yeryüzü kaynaklarının araştırılmasında daha çok kullanılmasına neden olmuştur. Böylece uydu görüntüleri ile ormanlık alanlar, kayaç türleri, mineral türleri, yerleşim alanları, tarım arazileri ve su kütlelerine ilişkin detayların tespit edilmeleri ve tanımlanmaları daha az zamanda ve daha az maliyetle yapılabilmektedir.

Bu çalışmada; İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, Ümraniye ve Pendik ilçe sınırları içerisinde kalan ve Ömerli Barajının bir kısmını da içeren bölgenin, üç farklı tarihte alınmış Landsat uydu görüntüleriyle zemin ve arazi örtüsü yapısı ile zamanla örtü yapısında meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Çalışma 6 ana bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde, uzaktan algılama uydu sistemlerinin ulaştığı nokta vurgulanmış ve çalışmanın amacı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, görsel görüntü yorumlama, görsel görüntü yorumlamanın temelleri ve kullanım alanları detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, sayısal görüntü analizinin temelleri, sınıflandırma yöntemleri, bu yöntemlerin karşılaştırılması ve kontrollü sınıflandırma detaylı olarak irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, Landsat MSS, Landsat TM ve Landsat ETM+ uydu görüntülerinin karakteristik özelliklerine değinilmiştir.

Beşinci bölümde, uydu görüntülerinin arazi kullanımı ve arazi örtüsü görsel ve sayısal olarak yorumlanmış ve değişiklikler tespit edilmiştir.

Son bölümde ise, bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlara değinilmiş ve önerilere yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Arazi örtüsü, kontrollü sınıflandırma, görsel görüntü yorumlama, sayısal görüntü analizi.

ABSTRACT

Since first Landsat satellite launched in 1972, the studies began in searching earth resources by remote sensed images. Satellites with multispectral scanners used in researching earth resources, have sent to space by many countries including Turkey. As getting satellite images higher spatial and higher spectral resolution by developing technology and as getting cheaper than before, they have being widely used by many researchers from all over the world in exploring earth resources. Thus features all about forested areas, rock types, mineral types, populated areas, agricultural areas and finally water bodies can be defined in less time and less money by remote sensed data.

In this study, the study area in Anatolian side of Istanbul within the boundaries of Umraniye and Pendik counties that including some part of Omerli Dam and her neighborhood, investigated for land cover types and land cover changes with three satellite images taken at different dates.

This study consists of six chapters.

In the first chapter, developments in remote sensing satellite systems are highlighted and the aim of study has been determined within the context.

The second chapter deals with fundamentals and elements of visual image interpretation.

In the third chapter, fundamentals of the quantitative analysis, classification methods and supervised classification method are explained.

In the fourth chapter, the characteristics of Landsat MSS, Landsat TM and Landsat ETM+ satellite images are explained.

In the fifth chapter, land cover types and land cover changes of the study area are investigated with visual interpretation method and quantitative analysis method.

In the last chapter, the optioned achievements and the proposals submitted by the results of this experience have been determined by this thesis.

Key words: Land cover, supervised classification, visual interpretation, photo interpretation, quantitative analysis.

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Uzaktan algılama 20. yy.'da; NASA Yer Gözlem Sistemi (EOS) programının, diğer uluslar arası programların ve ticari programların ürettikleri uydularla yeni bir çağa girmiştir. Giderek artan sayıda araştırmacı; uzaktan algılama verisini, yerel ve küresel ölçekte, yeryüzünü gözlemlemek ve diğer uygulamalar için kullanmaya başlamıştır. Otuz yılı aşkın bir geçmişe sahip olan uzaktan algılama uydu sistemlerinde, meydana gelen teknolojik gelişmeler, artan rekabet ve bunun paralelinde azalan maliyetler, uydu görüntülerinin kullanım alanlarının hızla çoğalmasına neden olmuştur. Dört farklı spektral bandı bulunan ve pankromatik bantta 1 m çözünürlüğü olan IKONOS uydusunun ve Hyperion hiperspektral uydu algılayıcısının 2000 yılının Kasım ayında uzaya gönderilmesinin ardından (Liang, 2004), sivil uydu sistemlerinin geleceği hakkında öngörülebilir bulunmak oldukça zor bir hale gelmiştir. Uydu görüntülerinin hava fotoğraflarına oranla birçok avantajının olması, temininin kolay olması ve araştırmacılar için birçok yenilikler sağlamaları hem kullanıcılar tarafından, hem de araştırmacılar tarafından daha çok tercih edilmelerine neden olmaktadır.

Çoklu spektral banda sahip uydu sistemleri ile yeryüzü kaynaklarının araştırılması ilk Landsat uydusunun uzaya gönderilmesinden itibaren devam eden bir süreçtir. Yeryüzü kaynaklarının uydu görüntüleri ile tespit edilmesi çalışmaları; yeryüzüne ait nesnelere elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde, farklı yansıma değerlerine sahip olmaları temeline dayanır. Yeryüzü kaynaklarının uydu görüntüleri ile araştırılmasının çok verimli olacağı, uydu görüntülerinin kapsadığı alan, sahip oldukları farklı spektral aralıkta bantlar ve ulaştıkları yüksek konumsal çözünürlük dikkate alınırca açıkça görülmektedir.

Uydu görüntüleri, uzaktan algılama uydu sistemlerinden, sayısal olarak elde edilmektedir. Sayısal uydu görüntülerinden bilgi elde etmenin genel olarak iki yöntemi vardır. Bu yöntemlerden birincisi; bilgisayar teknolojisine paralel olarak gelişen ve uydu görüntülerinin yorumlanmasında her geçen gün daha fazla rol oynayan sayısal görüntü analizidir. İkinci yöntem, görüntünün bir analist tarafından görsel olarak yorumlanmasıdır. Çalışmada, bu iki yöntem ana bölümler halinde detaylı olarak anlatılmıştır.

Bu tez çalışmasında, uydu görüntüleriyle yeryüzüne ait herhangi bir bölgenin arazi örtüsü ve zemin yapısının görsel ve sayısal analiz yöntemleri ile belirlenmesi ve değişikliklerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma bölgesi olarak; bölgeye ait yardımcı verinin çokluğunun yanı sıra, orman, su ve yerleşim alanı gibi birçok arazi örtü tipini içinde barındıran İstanbul ilinin Anadolu yakasında bulunan Ömerli barajı ve çevresi seçilmiştir. Çalışma bölgesine ait farklı tarihlerde alınmış, farklı üç Landsat uydusunun görüntüleri kullanılmıştır. Uydu

görüntülerinden bilgi elde etmek için yukarıda belirtilen görsel ve sayısal analiz yöntemlerinin ikisi de kullanılmış ve çalışma bölgesinin arazi kullanımı ve meydana gelen değişiklikler tespit edilmiştir.

2. GÖRSEL GÖRÜNTÜ YORUMLAMA

2.1 Giriş

Uydu görüntülerini yorumlayarak bilgi elde etmenin genel olarak iki yöntemi vardır. Bu iki yöntemden birincisi, bu bölümde incelenecek olan görsel yorumlama yöntemidir. Diğer yöntem ise bir sonraki bölümde incelenecek olan sayısal analiz yöntemidir.

Görsel görüntü yorumlama, insanların görme eylemine dayanmaktadır. İnsanlar nesnelerin resimlerini yorumlamaya alışkandırlar ve bunu tüm yaşamları boyunca yapmaktadırlar. Her insan biraz eğitimle görsel yorumlama uzmanı olabilir. Görsel görüntü yorumlama, görüntüdeki nesnelere tanımak ve bu nesnelerin önem derecelerine karar vermek için görüntülerin incelenmesidir (Jensen, 2000).

Görsel görüntü yorumlama bir analist tarafından uygulanır ve genellikle kaba ve büyük ölçekli detaylar ve nesnelere hakkında bilgi elde etmek için kullanılır. Bu metodun başarılı olması görüntüdeki spektral, konumsal ve zamanla ilgili ipuçlarını çok iyi yorumlayabilme yeteneğine sahip olan analiste bağlıdır. Konumsal bilgi şekil, boyut ve doku biçiminde sunulur. Yollar, nehirler, kıyıları ve çizgisel detaylar konumsal ipuçlarına göre belirlenir. Zamanla ilgili ipuçları bir nesnenin bir tarihten başka bir tarihe kadar olan değişimini ifade etmekle beraber, spektral ipuçları analistin, nesnelerin spektral yansıma özellikleri ve uydu algılayıcısı tarafından bu özelliklerin nasıl örneklendiği hakkındaki bilgi ve tecrübesine dayanır (Richards, Jia, 1999).

Görsel görüntü yorumlama çoğu zaman küçümsenen ve fazla önemseyen bir uydu görüntü analiz metodlarından biridir. İlk Landsat uydusunun 1972 yılında fırlatılışından itibaren sayısal görüntü yorumlamada ve analizlerinde meydana gelen artış, uzun süredir kullanılan ve kendini kanıtlamış olan görsel yorumlama tekniklerinin yavaş yavaş kullanılmamasına sebep oldu. Görsel görüntü yorumlama sadece hava fotoğraflarının kullanıldığı zamanlarda, uzaktan algılamanın belkemiğini oluşturmuştur. Uydu teknolojisindeki gelişmeler, uzaktan algılamanın uygulama sahasına, yeni algılayıcı sistemler ve görüntü işleme metodlarının girmesini sağladılar[1].

Uydu görüntüleri; kendi algılayıcı sistemlerinin özelliklerine göre görünür ve görünür olmayan bantlardan oluşmaktadır. Görünür bantlarda uydu görüntülerini yorumlamak fotoğraf yorumlamak ile yaklaşık olarak aynı olmakla beraber, görünür olmayan bantlar için durum biraz farklıdır. Görünür olmayan bantlardan oluşan kompozit görüntülerde detaylar her zaman gördükleri renklerden daha farklı renklerde görünürler. Örnek olarak orman kırmızı renkte, yerleşim alanları açık mavi renkte, deniz siyah renk olarak veya her biri daha başka

renklerde görünebilirler. Bu yüzden görünür olmayan bantlardan oluşan görüntüleri yorumlamak belli bir eğitim ve tecrübe gerektirir.

2.2 Görüntü Yorumlamasının Temelleri

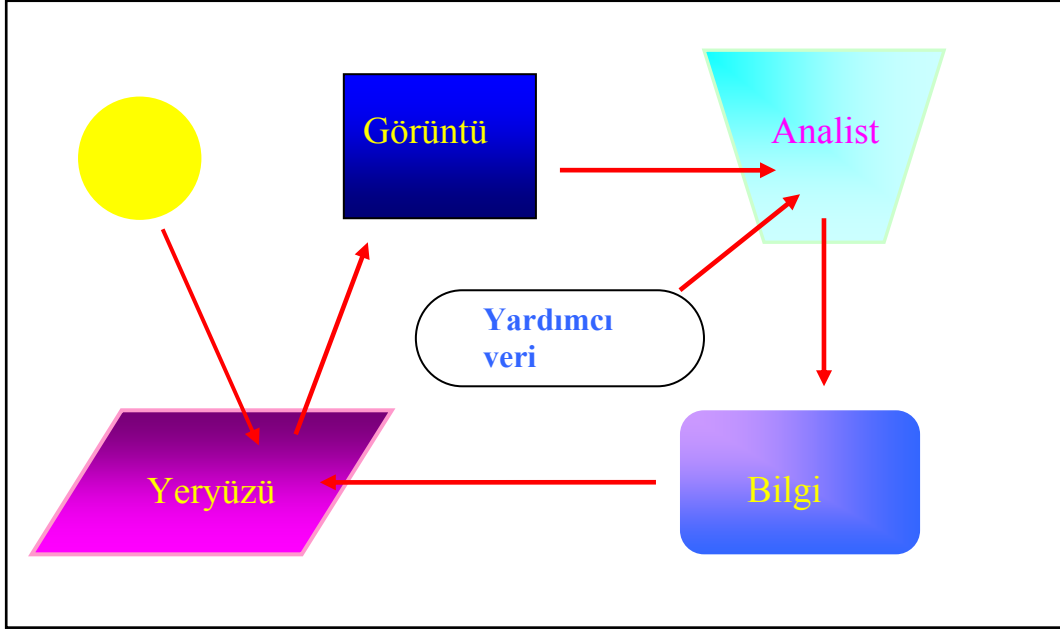
Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntülerden yararlanmak ve onların sahip olduğu bilgileri alabilmek için onları doğru bir biçimde yorumlayabilmek gerekir. Görüntülerdeki doku, desen, ton ve renklerin ne anlama geldiği bilinmeli ve görüntü bu elemanlardan elde edilen bilgilere göre yorumlanmalıdır. Bu sebepten dolayı görüntü yorumlamada bilinmesi gereken üç şey vardır:

- Yorumlanacak nesne veya detay nedir? Analistin aranan nesne veya detay hakkında yeterli uzmanlık bilgisi var mıdır?
- Görüntünün kapsadığı coğrafi bölge, analist tarafından yeterince iyi tanınmakta mıdır?
- Analist, görüntüyü elde eden uzaktan algılama sisteminin özelliklerini bilmekte midir?

Öncelikli olarak, analist yorumlanacak nesne ve görüntü alanının kapsadığı coğrafi bölge hakkında, yardımcı verileri de kullanarak bilgi sahibi olmalıdır. Analist ilgilendiği nesne ve bölge hakkında bilgi sahibi olmak için bölgeyi gezebilir, yardımcı veri olarak çeşitli haritalardan ve kitaplardan yararlanabilir. Son olarak analist, görüntüyü sağlayan uzaktan algılama sisteminin karakteristik özelliklerini bilmesi gerekir. Çünkü her algılayıcı sistem farklı spektral, radyometrik ve konumsal çözünürlüğe ve farklı kayıt sistemlerine sahiptir (Campbell, 1996). Bu anlamda görsel görüntü yorumlama; analist tarafından, yardımcı verilerle birlikte, uzaktan algılama görüntüsünden bilgi elde etme çalışmasıdır (Şekil 2.1).

Görüntü yorumlamada, analistin rutin olarak yaptığı işlemler dört başlık altında toplanabilir. Aşağıda maddeler halinde sıralanan bu işlemleri, analist sistematik bir biçimde, bir bütün olarak veya her bir işlemi ayrı ayrı yapabilir.

- **Sınıflandırma:** Nesnelerin veya detayların görüntüdeki temsillerine göre sınıflara ayrılmalarıdır. Sınıflandırmanın üç seviyesi vardır:
 - **Bulma (Detection):** Bir nesnenin var olup olmadığını anlama seviyesidir. Diğer bir deyişle, nesnenin var olduğunu anlama, fakat bu nesnenin ne olduğuna karar verememe seviyesidir (Yol mu? Dere mi?). Veriye ait konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal ipuçlarından yararlanılarak uygulanır (Lo, 1986).



Şekil 2.1 Görsel görüntü yorumlamanın genel modeli[7]

- Tanıma (Recognition): Detayın genel bir kategoriye veya sınıfa ayrılabilir şekilde belirlenmesidir. Bu sınıflandırma seviyesinde detayın özneliliği belirlenemez. Örnek olarak, detayın yol olduğu bilinir fakat bu yolun patika mı yoksa asfalt mı olduğu bilinemez.
- Kimliklendirme (Identification): Detaya ait öznelik bilgisinin yeterli bir güven aralığında elde edilmesi ve belirli bir sınıfa ayrılabilmesidir.
- **Sayma:** Görüntüdeki detayların sayısının belirlenmesidir. Örnek olarak, iki adet futbol sahası vb.
- **Ölçme:** Detayların ve nesnelerin alan, uzunluk ve parlaklık değerlerinin ölçülmesidir.
- **Sınırların Belirlenmesi:** Alan detayların sınırlarının belirlenmesidir.

Analist bir görüntüyü incelerken yukarıda belirtilen işlemlerden birkaçını aynı anda uygulayabilir. Tanıma, sınır belirleme ve ölçme analiste bir görüntüyü incelerken her zaman gerekli olabilir. Fakat bazı özel yorumlama problemleri, özel işlemler gerektirebilir. Diğer bir deyişle, bazı uygulamalar için yukarıdaki işlemlerden biri veya sadece birkaçı daha fazla önemli olabilir. Örnek olarak arazi kullanım haritası için sınır belirleme, askeri haritalarda ise tanıma ve sayma işlemleri önemlidir (Campbell, 1996).

2.3 Görsel Görüntü Yorumlamada Kullanılan Görüntü Biçimleri

Sayısal görüntü oluşturmanın iki temel ürünü vardır. Bunlardan birincisi, görüntü verisinin her bant için siyah-beyaz olarak üretilmesidir. İkinci tip ürün ise, çoklu spektral veriden

seçilen bantlarla oluşturulan renkli görüntülerdir. Bu renkli görüntü ise üç banttandır. Görüntü daha fazla banda sahip olabilir, fakat ekranda sadece üç bant birlikte gösterilebilir. Bu nedenle detayların spektral yansıma karakteristikleri referans alınarak, görüntüleri oluşturacak bantların seçimi yapılır. Bu anlamda, seçilecek bantların spektral özellikleri ve detayların spektral yansımalarının hangi bantlardan oluşacak görüntülerde en iyi sonuçlar vereceğinin bilinmesi gerekir.

Landsat bantlarından oluşan görüntüler genellikle mavimsi ve kırmızımsı renklerden oluştuğu için, bu renklerin baskın olduğu görüntülerde ayrıntılı bir yorumlama yapmak insan gözü için daha zordur. Bu renk tonları, insan gözünün ayrıntıları en kötü algıladığı tonlardır. Sarımsı ve yeşilimsi tonların ağırlıkta olduğu görüntüler, insan gözünün detayları daha iyi algılayabildiği bir görüntü oluşturacaktır (Richards, Jia, 1999).

Bu görüntülerden farklı olarak, görüntü verisinin spektral olarak dönüştürülmesi ile elde edilen temel bileşenler analizi (PCA, principle component analysis) görüntüsü ve bant oranlama görüntüleri kullanarak, görüntü görsel yorumlama için daha anlamlı hale getirilebilir. Bunlardan birincisi olan temel bileşenler analizi ile kendi aralarında hem görsel olarak hem de sayısal olarak yüksek korelasyona sahip olan bantlardan, korelasyonsuz ve birbirlerinden bağımsız yeni bantlar elde edilir. Bu bantlarla oluşturulan görüntüler, orijinal görüntüye oranla daha iyi yorumlanabilirler (Erdas FieldGuide, 2003). Bant oranlama işlemlerinde ise, bir banttaki piksellerin sayısal değerleri, başka bir bantta kendisine karşılık gelen piksellerin sayısal değerlerine bölünerek görüntü gölgeleme etkilerinden kurtulur ve istenen detaylar daha anlamlı hale getirilebilir. Bu işlem için birbirine korelasyonu az olan bantlar tercih edilmelidir [7].

2.4 Görsel Görüntü Yorumlamada Uygulanan Sayısal İşlemler

Sayısal görüntü verisi, görsel yorumlamaya daha elverişli hale getirilmek ve yorumlamada kullanılan görsel ipuçlarını daha da belirginleştirmek için sayısal işleme tabi tutulabilir. Bu sayısal işlemlere görüntü zenginleştirme denir. Doğru uygulanan bir görüntü zenginleştirme ile spektral ve konumsal veri, analist için daha anlamlı hale gelmektedir. Görüntü zenginleştirme kendi arasında ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi olan radyometrik zenginleştirme ile görüntüdeki piksellere ait parlaklık değerlerinin aralıkları insan gözünün daha rahat yorumlayacağı aralıklara getirilir. Buna kontrast zenginleştirme de denmektedir. Görüntü zenginleştirmenin ikinci türü olan geometrik zenginleştirmede ise belirli bir piksele yeni parlaklık değeri, komşu piksellerin parlaklık değerleri kullanılarak verilmektedir. Kenar zenginleştirme de denilen bu işlem; görüntünün yumuşatılması ve keskinleştirilmesi, kenar ve

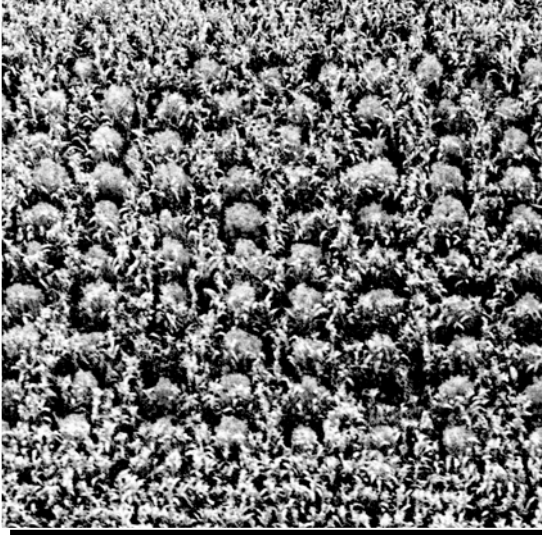
çizgi detaylarına ait piksellerin belirginleştirilmesi gibi işlemleri de kapsamaktadır (Richards, Jia, 1999).

2.5 Görsel Görüntü Yorumlama Elemanları

1858 yılında Gaspard Felix Tournachon'un ilk başarılı hava fotoğrafından itibaren birçok tecrübe ve deneyimlerle günümüze kadar uzanan görsel görüntü yorumlamasının ilkelerinden en temelini oluşturanlara, görsel yorumlama elemanları denir. Bu elemanlar görüntüdeki detayların ve nesnelerin özelliklerini belirtirler ve onların tanınmalarını sağlarlar. Uzman bir analist bu elemanların birçoğunu çabuk bir şekilde kullanırken, görsel yorumlamaya yeni başlayanlar, bu elemanları sistematik bir biçimde kullanmak için, elemanları belli bir sırayla kullanabilirler. Bu elemanlar aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

Ton: Siyah-beyaz bir görüntüde bir alanın veya nesnenin parlaklık durumunu belirtir ve beyaz, gri, koyu gri ve açık gri vb. gibi nitelendirilir. Renkli bir görüntüde ise nesnenin rengini belirtir. Yorumlama elemanlarının en önemlisidir. Çünkü ton farklılıkları olmadan diğer elemanlar ayırt edilemez.

Doku (Texture): Görüntüdeki ton değişiminin tekrarlanmasından dolayı oluşur. Diğer bir deyişle, ayrı ayrı belirlenemeyen küçük detay grupları tarafından oluşturulur. Görüntü alanının yumuşak, düzgün veya kaba, sert görünümünü belirtir. Bölgenin yüzey yapısından, aydınlanma açısının değişiminden ve görüntü ölçeğinin değişiminden etkilenir. Şekil 2.2(a) ve Şekil 2.2(b)'de doku elemanına ait örnekler görülmektedir.



Şekil.2.2 (a)



Şekil.2.2 (b)

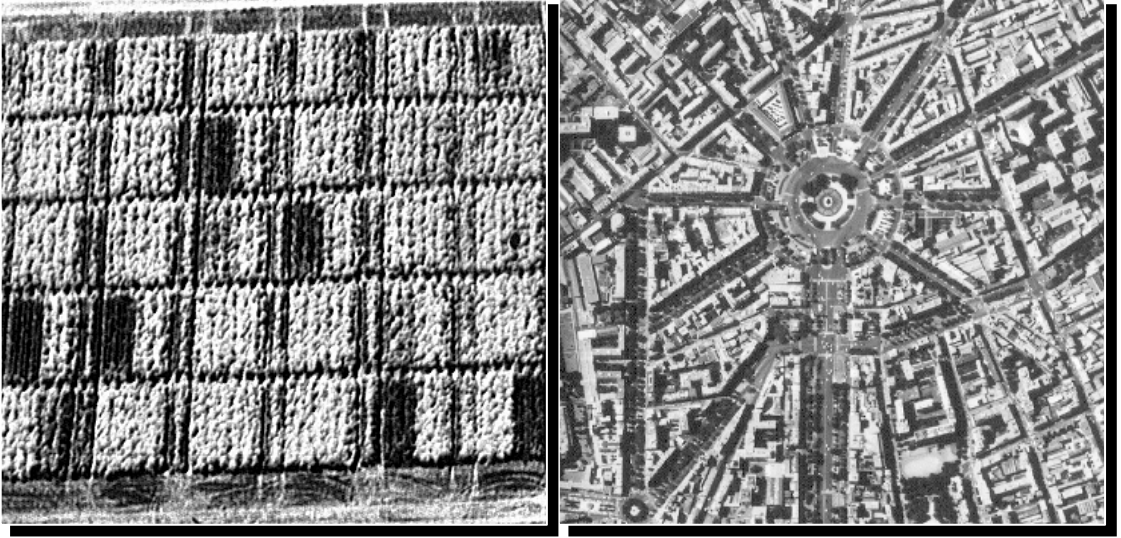
Şekil.2.2 Doku görsel yorumlama elemanına ait örnekler(Jensen, 2000)

(a) Mısır tarlası ve aralarına serpilmiş vaziyette ekilmiş marihuanalar-kaba doku

(b) Yol ve çimen-düzgün doku, ağaçlar-kaba doku

Gölge: Detayların boyut ve biçimleri hakkında önemli bilgiler verir. Nesnelerin uzunluklarını belirlemede analiste yardımcı olur.

Desen (Pattern): Her nesnenin kendisine özgü ve diğer detaylardan ayırt edilmesini sağlayan yapı şeklidir. Aynı zamanda nesnelerin yerleşme düzenini ifade eder. Şekil 2.3(a)'da patates tarlalarının oluşturduğu desenler ve Şekil 2.3(b)'de Paris caddelerinin oluşturdukları desenler görülmektedir.



Şekil 2.3 (a)

Şekil 2.3 (b)

Şekil 2.3 Desen görsel yorumlama elemanı için örnekler (Jensen, 2000)

(a) Patates tarlaları

(b) Paris caddeleri

Çağrışım (Association): Bazı detaylar her zaman başka detaylarla birlikte bulunurlar. Böylece görüntüde tanınan detayla birlikte, o detayın çağrıştırdığı ve her zaman beraber bulunduğu diğer detaylar, analist tarafından daha kolay tanınabilirler. Ayrıca bir detayın içinde bulunduğu çevre, detay hakkında analiste bilgi sağlar. Örnek olarak, yerleşim yeri içinde bir termik santral bulunmaz, fakat bir stadyum bulunabilir.

Şekil: Detayların şekilleri, kendilerinin tanınmaları için en açık ipuçlarıdır. Doğadaki nesnelerin çoğu zaman, farklı ve ayırt edilmelerini sağlayan şekilleri vardır. Bu nesneler tek başına sadece şekilleriyle tanınabilirler.

Boyut: Boyut iki şekilde kullanılır. Birinci olarak, bir detayın boyutunun anlaşılması diğer detayların boyutları hakkında, görüntünün çözünürlüğü ve ölçeği hakkında bilgi verir. İkinci

olarak, detayların görüntü üzerinde gerçek boyutlarının ölçümü, diğer faktörlerle beraber belirli boyutlara sahip detayların tanınmalarını pekiştirir. Ayrıca benzer detayları ayırt ederken, boyutlarının farklı olmalarından yararlanır.

Konum (Site): Konum, detayın topoğrafik durumunu ifade eder. Detayın bulunduğu konumdan yararlanarak, o detaya ait bilgi elde etmeye çalışılır. Özellikle bitki örtüsü ve yer şekillerinin belirlenmesinde önemlidir (Campbell, 1996).

2.6 Görsel Görüntü Yorumlama Yöntemleri

Yıllar boyunca bilim adamları, uzaktan algılanan verilerinin görsel olarak yorumlanmasına yönelik bazı metotlar geliştirdiler. Bu metotlar genel olarak yardımcı veri kullanmak, tüm bilgilerin birleştirilmesi ve çoklu analiz olmak üzere üç adettir.

Birinci yöntemde analist, çalışma bölgesine ait mümkün olduğunca çok yardımcı veri toplayarak çalışır. Bu yardımcı verilerden konum bilgisine sahip olanlar bir coğrafi bilgi sisteminde tutulur. Böylece analist, görüntü ile bu verileri her biri ayrı katman olarak üst üste bindirerek değerlendirme yapabilir.

İkinci yöntemde; analist, görüntüde bilinenlerden yola çıkarak, bilinmeyenleri tespit etmeye çalışır. Ne olduğu anlaşılamayan bir detayı tanımak için, o detayın çevresinde bulunan bütün detay ve nesnelere ait bilgiler bir araya getirilir.

Son olarak, çoklu-kavram (multi-concept) yönteminde, görüntü bölgesine ait çoklu spektral görüntüler, değişik ölçeklerde görüntüler ve farklı zamanlara ait görüntüler toplanarak her birinin birlikte veya ayrı ayrı analizi yapılır. Ayrıca bu yöntemde, daha doğru bilgi elde etmek için görüntü alanı, farklı bilim dallarında uzman kişilerce incelenir (Jensen, 2000).

2.7 Görsel Görüntü Yorumlama Kılavuzları

Görsel görüntü yorumlama kılavuzları; görüntüdeki nesne veya detayların, hızlı ve doğru bir biçimde tanınmalarını sağlayacak rehber materyallerdir. Bu kılavuzlar, görüntülerdeki karmaşık bilgiyi özetlemede çok yardımcıdırlar. Görsel görüntü yorumlama kılavuzları iki amaç için kullanılırlar. Birinci amaç, deneyimli olmayan personele görsel yorumlamada yardımcı olmak ve personeli eğitmektir. İkinci amaç, deneyimli personele bazı özel konularda bir rehber materyal ile yardımcı olmaktır. Görsel görüntü yorumlama kılavuzları, görüntüyü yorumlayan insanın yorumlama yeteneğini köreltebilirler(Campbell, 1996). Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de, görsel görüntü yorumlama kılavuzlarına ait örnekler görülmektedir.

2.8 Görsel Görüntü Yorumlama ve Sayısal Görüntü Analizinin Karşılaştırılması

Bir yorumlayıcı ton, doku, şekil, desen gibi görsel ipuçlarını kullanarak bir görüntüdeki birçok detayı tanımlayabilir. Uydu görüntülerini görsel olarak yorumlamak için kullanılan metotlar, 100 yıl önce hava fotoğraflarını yorumlamak için geliştirilen metotlarla hemen hemen aynıdır. Hızlı ve güçlü bilgisayarların yapılması ve sayısal analizde kullanılan karmaşık algoritmaların keşfi ile birlikte; çok sayıda uydu görüntüsü kullanıcısı, uydu görüntülerini yorumlamanın en iyi yolunun sayısal analiz olduğu kanaatine varmışlardır. Sayısal analiz ile elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin birçok kullanım alanı olmasına rağmen, sınıflandırılmış görüntüler, görüntü verisinin bilgi içeriğini azaltabilir ve yanıltıcı hatalara yol açabilirler [1].

Çizelge 2.1 Landsat 7 uydu görüntüsü için görsel yorumlama kılavuzu

	742 (RGB)	432 (RGB)	453 (RGB)
Orman	Yeşil, koyu yeşil	Kırmızı, koyu yeşil	Turuncu, bordo
Çimen	Bordo	Soluk koyu yeşil	Yeşil
Çıplak alan	Mor	Siyan	Siyan
Meskûn mahal	Pembe	Siyan	Mavi
Su	Lacivert	Koyu yeşil	Koyu mavi

Çizelge 2.2 Orman görüntüleri için yorumlama kılavuzu [2]

	Üst yapı	Ton	Desen	Doku
Sedir	Sivri mızrak uçlu konik	Karanlık	Parça noktalı	Sıkı fakat kaba
Servi	Yuvarlak konik	Karanlık fakat sedirden aydınlık	Noktalı	Sıkı fakat düzgün
Çam	Silindirik ve şekilsiz	Aydınlık fakat net değil	Düzensiz noktalı	Yumuşak fakat kaba
Karaçam	Konik ve net olmayan üst yapı	Serviden daha aydınlık	Noktalı	Yumuşak ve düzgün
Kökнар	Konik ve daha geniş üst yapı	Karanlık	Düzensiz	Kaba

Bu eleştiriler sınıflandırılmış görüntülerin güvenilir olmadığı veya faydalı ürünler olmadığı anlamına gelmemektedir. Tam tersine sınıflandırılmış görüntüler büyük bir önemle olmaya devam edecektir. Fakat bazı durumlarda doğrudan orijinal ürünlerle çalışmak daha faydalı bilgi sağlayacaktır[1].

Görsel görüntü yorumlama ve sayısal görüntü analizinin birbirlerine olan üstünlükleri ve dezavantajları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Görsel görüntü yorumlama, kullanılabilir bir ürün elde etmek için daha az zamana ihtiyaç duymaktadır. Güvenilir bir sayısal analiz çalışması; çalışılan görüntünün ve bölgenin özelliklerine göre değişmekle birlikte aylarca sürebilir. Görsel yorumlama ise görüntünün elde edilmesinden sonra, görüntünün ekranda gösterilmesiyle birlikte hemen başlar.
- Görsel görüntü yorumlama yönteminde, sadece görüntünün temini için para harcandığı için, sayısal analize oranla maliyeti daha azdır.
- Işık problemleri (gölge, aşırı parlak alanlar), görsel yorumlamada yardımcı unsur olarak kullanılırlar. Görüntü boyunca oluşan bu ışık problemleri uydu görüntüsünün rölyef olarak görünmesini sağlarlar ve görüntüdeki bazı detayların belirlenmesinde çok yardımcı olurlar.
- Görsel görüntü yorumlama daha az uzmanlık gerektirir. Görsel yorumlamada gerekli olan uzmanlık seviyesi, sayısal analiz için gereken uzmanlık seviyesinden daha düşüktür.
- Görsel görüntü yorumlama yönteminde daha fazla beyin gücü kullanılır. Günümüzde insan beyninin arazi detaylarını yorumlama kabiliyeti bir bilgisayardan daha iyidir. Bir bilgisayar bir görüntüyü belli kurallara göre çok başarılı bir biçimde sayısal olarak analiz edebilir. Fakat “gerçek dünyada” bu kurallar o kadar açık, net ve kesin değildir. Birçok durumda belli bir arazi örtüsü sınıfından başka bir sınıfa geçiş devamlılık gösteren bir süreç arz eder. Fakat bu devamlılık gösteren süreç; gözle çok rahat gözlemlenebilmesine karşılık, sayısal analiz sonucu elde edilen tematik haritalarda görülemez [1].
- Uzaktan algılama uydularıyla elde edilen sayısal görüntülerin, bir analist tarafından görsel olarak yorumlanması, görüntü verisinin tamamının aynı anda kullanılmasına izin vermez. Çünkü ekranda sadece üç bantın oluşturduğu bir kompozit görüntü gösterilebilir. Bu nedenle görsel yorumlamada, bir kerede en fazla üç banta ait görüntü verisi incelenebilir. Görüntünün sayısal analizi, bütün spektral bantların aynı anda incelenmesine olanak tanır.
- Görsel görüntü yorumlama yönteminde, insan gözünün duyarlılığı görüntüdeki bütün spektral farklılıkların algılanmasına izin vermez. Fakat sayısal analiz yöntemi ile insan gözünün algılayamadığı küçük farklılıklar tespit edilebilir.

- Sayısal analizde yapılabilen hata analizi, görsel yorumlamada yapılamaz(Richards, Jia, 1999).

2.9 Görsel Görüntü Yorumlamanın Kullanım Alanları

Görsel görüntü yorumlamada kullanılan görüntüler ve sayısal analiz ürünleri, kullanıldıkları alanlara göre, kendilerine özel önem ve anlam taşırlar. Fakat çoğu sayısal çalışmalarda daha çok sayısal analiz ürünü olan sınıflandırılmış görüntüler tercih edilir. Görsel görüntü yorumlamanın kullanım alanları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir [1].

- Kalkınma projelerinin planlanmasında ve ilgilenilen alana ait sınır belirleme çalışmalarında kullanılır. Kalkınma projelerinde, büyük çaplı inşaat ve yatırım projelerinde, ilgilenilen bölgelere ait iyi bir genel görünüm haritası sunulması gerekmektedir. Bu genel görünüm haritası en iyi şekilde uydu görüntüleriyle sağlanır. Bir coğrafi bilgi sistemi ortamında, altlık olarak kullanılan bir uydu görüntüsünün üstüne, yardımcı veri olarak yollar, yerleşim alanları ve idari sınırlar yerleştirilebilir. Ayrıca arazi karakteristiklerini daha iyi görebilmek için, sayısal arazi modelinin üzerine uydu görüntüsü bindirilebilir. Sayısal analizlerin kullanıldığı projelerin planlamalarında sonuçlar, uydu görüntüsü üzerine açılabilir ve yapılan sayısal analizler kontrol edilebilir.
- Arazi işlerini planlamak, herhangi bir bölgeyi görüntülemek ve bölge hakkında bilgi sahibi olmak ve bölge görüntüsü üzerine yardımcı veri bindirildikten sonra bölgeyi incelemek için kullanılır.
- Arazi örtüsü özelliklerini belirlemek ve arazi kullanım haritaları oluşturmak, yangın, sel ve kasırga gibi afetsel olayların etkilerini ve gelişimlerini izlemek için kullanılabilir.
- Arazi örtüsü değişiminin incelenmesi; iki farklı tarihte alınmış uydu görüntüsünün üst üste bindirilmesi, üstteki görüntünün alttaki görüntüyle değiştirilmesi ve iki görüntünün yan yana getirilmesi ile değişiklikler kolaylıkla gözlenebilir.
- Bir görüntüyü sınıflandırmak için görsel olarak veya her ikisinin de karışımı bir metot kullanılabilir.

3. SAYISAL GÖRÜNTÜ ANALİZİ

3.1 Giriş

Uzaktan algılama verisinin görüntü işleme yöntemleri daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi, görsel görüntü yorumlama ve sayısal görüntü analizi şeklinde ikiye ayrılır. Her iki yöntem, görüntü alanındaki detayları bulmak ve tanımlamak için kullanılır. Tanımlanan detaylar genellikle ölçülür ve elde edilen bilgi, problemi çözmek için kullanılır. En iyi sonuçlar iki yöntemin birleşimi ile elde edilebilir (Jensen, 2005).

Sayısal görüntü analizi; silah kılavuz sistemleri, tıbbi görüntüleme sistemleri, güvenlik amaçlı eşya tarama sistemleri ve yeryüzü kaynaklarının araştırılması gibi daha birçok uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada esas olarak incelenecek uygulama konusunu teşkil eden yeryüzü kaynaklarından anlaşılması gerekenler; bitki örtüsü, toprak, mineraller, kayalar, atmosfer, su kütleleri ve yerleşim alanları olarak özetlenebilir.

Sayısal görüntü analizi ile elde edilen bilgiler ile aşağıdaki maddelerde belirtilen uygulamaları ve olayları modellemek mümkündür (Jensen, 2005).

- Dünyadaki karbon çevrimi,
- Ekosistemlerin biyolojisi ve biyokimyası,
- Dünyadaki su ve enerji çevrimi,
- İklim değişkenliği ve tahminleri,
- Yeryüzünün özellikleri,
- Nüfus tahmini ve
- Afetsel olayların ve arazi kullanımı değişiminin izlenmesi.

Çok genel bir tanım olarak, uzaktan algılama görüntüsünün bir bilgisayar yardımı ile yorumlanmasına sayısal görüntü analizi denir. Bu yönteme görüntü piksellerinin sayısal özelliklerini kullandığı için, sayısal görüntü analizi denir. Bu yöntemin diğer bir adı; görüntü piksellerinin, spektral özelliklerine göre sınıflara ayrılmalarından dolayı, görüntü sınıflandırmadır (Richards, Jia, 1999). Sayısal görüntü analizinin ana amacı; analist için zor ve zaman alıcı görevleri yaparak, analistin yükünü hafifletmektir. Bu işlem ise çoğunlukla iki yaklaşım kullanılarak yapılır. Birinci yaklaşımda, görsel olarak ayırt edilmesi çok zor olan parlaklık seviyeleri sayısal olarak ölçülür. İkinci yaklaşımda ise, veri kaynaklarının (spektral bantlar gibi) birçoğunu birleştirmek için bilgisayar tabanlı algoritmalar kullanılır. Bilimsel

bakış açısından ise sayısal görüntü analizinin ana amacı; uzaktan algılama verisi ile ilgilenilen detaylar veya nesnelere arasında fonksiyonel ilişkiler geliştirmektir (Schott, 1997).

Sayısal görüntülerde, genellikle her piksel, birkaç spektral bandın değerlerini içinde barındıran özel bir birim olarak ele alınır. Sayısal görüntü analizinde bir piksel; başka bir pikselle veya bilinen piksel gruplarıyla karşılaştırılırken, birbirine yakın spektral özelliklere sahip piksel grupları, kullanıcının belirlediği sınıflarda toplanırlar. Bu sınıflar, sınıflandırma sonrasında görüntü üzerinde kendilerine ait alanlar oluştururlar. Böylece sonuç ürün, her biri farklı renkte gösterilen homojen alanlardan oluşan bir mozaik haline gelir (Campbell, 1996).

Yukarıda kısaca açıklanan sayısal görüntü analizi veya görüntü sınıflandırma; uzaktan algılama görüntüsünden tematik harita üretmek için kullanılan bir süreçtir. Üretilen tematik haritada gösterilecek konular; toprak, bitki ve su gibi genel kategoriler olabileceği gibi toprak, mineral ve bitki çeşitleri gibi daha detaylı alt kategorileri de kapsayabilir. Pikseller arasındaki veya piksel grupları arasındaki spektral benzerlik ilişkisi birçok sınıflandırma algoritmasının arkasındaki temel kavramdır (Schowengerdt, 1997).

Görüntü sınıflandırmanın genel olarak, kontrolsüz sınıflandırma ve kontrollü sınıflandırma olmak üzere iki türü vardır. Bu iki türden kontrolsüz sınıflandırmada, analistin sınıflandırma işlemine etkisi çok azdır. Buna karşılık kontrollü sınıflandırmada; analist, sınıflandırmaya en başından sonuna kadar rehberlik eder. Bir de bu sınıflandırma yöntemlerinden ikisine de girmeyen ve her iki sınıflandırma türüne ait özellikler taşıyan melez sınıflandırma yöntemi vardır.

3.2 Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma, çok bantlı verinin içindeki doğal sınıfların belirlenmesi, tanımlanması, isimlendirildikten sonra haritalanması işlemidir (Campbell, 1996). Bu sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar, çoğunlukla doğrudan görüntünün özel anlam taşıyan detaylarına veya analistin istediği sınıflara karşılık gelmez. Bu sınıflandırmada, spektral özellikleri birbirlerine benzeyen piksel grupları oluşturulur. Bu metot genellikle, analistin sınıflandırma öncesinde, görüntü hakkında yeterli bilgi sahibi olmadığı durumlarda kullanılır (Erdas FieldGuide, 2003).

Kontrolsüz sınıflandırma genel olarak iki adımdan oluşur. Birinci adımda, veri kümelerine ayrılır. Benzer yeryüzü nesnelere yansıyan spektral değerler yakın bir gruplaşma gösterir. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar spektral sınıflardır. İkinci adımda, daha büyük ölçekli görüntü veya harita gibi referans verileri ile bu spektral sınıflar karşılaştırılarak, hangi yeryüzü gerçeğine karşılık geldikleri belirlenir (Ayhan, Karşı, Tunç, 2003).

Dezavantajları ve kısıtlamaları başlıca, doğal gruplamaya dayanmasına ve analistin ilgilendiği sınıflar ile sınıflandırma sonucu belirlenen bu doğal grupları eşleştirmedeki zorluklardan kaynaklanır (Campbell, 1996).

3.3 Kontrollü Sınıflandırma

Ne olduğu bilinen örnek piksellerin kullanılarak, ne olduğu bilinmeyen piksellerin sınıflandırılmasına kontrollü sınıflandırma denir. Bu ne olduğu bilinen örnek pikseller, eğitim alanlarında bulunur. Bu alanların içindeki örnek pikseller; sınıflandırma algoritmasına, tutarlı ve doğru sınıflandırma yapması için rehberlik ederler. Bu anlamda; örnek piksellerin seçimi, kontrollü sınıflandırmada en önemli adımdır. Analist eğitim alanlarını görüntü üzerinde bilinen bölgelerden seçer. Bu alanlar, temsil ettikleri sınıfların spektral özelliklerini taşırlar ve homojendirler (Campbell, 1996).

Kontrollü sınıflandırmada sınıflar, yapılacak uygulama tarafından belirlenir. Jeoloji uygulamalarında mineral tipleri, orman uygulamalarında ağaç cinsleri ve tarım uygulamalarında ürün türleri sınıflandırılabilir. Kontrollü sınıflandırmada, sınıflandırılmak istenen her sınıf için örnek pikseller seçilir. Çok bantlı görüntü, yeterli görsel ipuçlarına sahipse doğrudan bu örnek pikseller, görüntü üzerinden seçilebilir. Fakat genellikle örnek piksellerin seçimi yardımcı verilere başvurularak yapılır (Schowengerdt, 1997). Aşağıdaki alt başlıklarda, örnek piksellerin içinde bulunduğu eğitim alanlarının özellikleri ve eğitim alanlarının seçiminde dikkat edilecek konular açıklanmıştır.

3.3.1 Eğitim Alanları

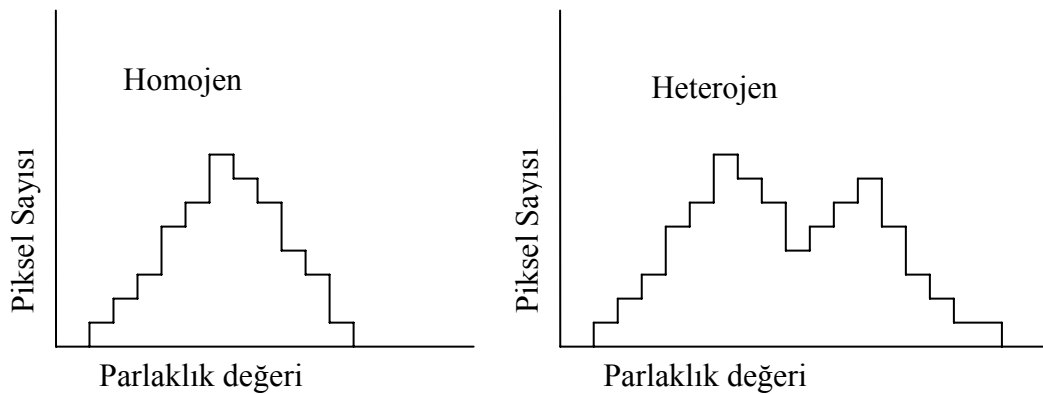
Eğitim alanları, içinde belirli bir sınıfa ait örnek piksellerin bulunduğu ve uydu görüntüsü üzerinde sınırları çizilerek belirlenen alanlardır. Kontrollü sınıflandırmada, en önemli adım eğitim alanlarının belirlenmesidir. Eğitim alanlarının belirlenmesinde yapılacak olan yanlışlık, doğrudan sınıflandırmanın sonucuna etki etmektedir. Çok dikkat isteyen bir adım olan bu adımın safhalarına geçmeden önce, eğitim alanlarının seçiminde göz önünde bulundurulması gereken özellikler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

3.3.1.1 Eğitim Alanlarının Özellikleri

- **Boyut:** Eğitim alanlarının boyutları, her sınıfın spektral özelliklerinin doğru bir biçimde tahmin edilmesini sağlayacak şekilde büyük olmalıdırlar. Eğitim alanlarının boyutları çok büyük olduğu takdirde, istenmeyen değişimi içerebilirler. Joyce (1978), her eğitim alanının en uygun boyutunun 4–16 ha arasında olmasını, maksimum boyutunun ise 65 ha olabileceğini belirtmiştir. Küçük alan kaplayan bir eğitim alanı, doğru bir sınıflandırma için yeterli piksel sayısını içermeyebilir ve görüntüde doğru bir şekilde yerleştirilmesi

zordur. Fakat her analist, en uygun eğitim alanı boyutunu, çalışma bölgesinin özelliklerine göre kendisi belirlemelidir. Rehber olması açısından, her bir eğitim alanının en az 100 pikselden oluşması gerektiği söylenebilir (Campbell, 1996).

- **Yerleşme ve Konum:** Eğitim alanları görüntü içinde kendi sınıflarını iyi temsil edecek ve sınıfların içerisindeki farklılıkları iyi temsil edebilmeleri için görüntünün bütününe yayılacak şekilde yerleştirilmelidirler. Eğitim alanlarının sınırları, kenar piksellerin karışmaması için parsel kenarlarından uzak olmalıdır. Eğitim alanı gerek hava fotoğrafında gerekse de haritalarda kolay görünebilecek yerlerde seçilmelidir(Campbell, 1996).
- **Sayı:** Her sınıf için eğitim alanı sayısı, sınıfların kendi içlerindeki değişim oranlarına ve eğitim alanlarını belirlemede kullanılan yardımcı verilere bağlıdır. İdeal olarak, her sınıfın spektral özelliklerinin gösterimini tam olarak sağlamak için, her sınıf birden çok (minimum 5–10 arası) eğitim alanı ile temsil edilmelidir. Her bir sınıf için, birçok eğitim alanının seçilmesi, sonraki sınıflandırma sürecinde uygun olmadığı değerlendirilen eğitim alanlarının çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Eğitim alanlarının seçiminde, birkaç tane büyük alan seçmek yerine çok sayıda küçük alan seçmek daha iyidir(Campbell, 1996).
- **Homojenlik:** İyi bir eğitim alanının en önemli özelliği homojen olmasıdır. Eğitim alanları içindeki örnek pikseller, kullanılan her spektral bant için tek modlu (unimodal) dağılım göstermelidir. Çift modlu (bimodal) histogram gösteren eğitim alanları atılmalıdır(Campbell, 1996). Şekil 3.1’de birinci grafik homojen (tek modlu) ve ikinci grafik ise heterojen (çift modlu) bir eğitim verisini temsil etmektedir.



Şekil 3.1 Homojen ve heterojen eğitim verilerinin histogramları(Campbell, 1996).

3.3.1.2 Eğitim Verisi Seçimi İşlem Adımları

Kontrollü sınıflandırmada, eğitim verisi seçimi işlemleri için genel bir taslak olarak aşağıdaki adımlar sırasıyla takip edilir.

- Çalışma bölgesine ait hava fotoğrafı, topoğrafik harita, jeoloji haritası veya toprak haritası vb. haritalar temin edilir. Arazi çalışması yapılarak, birinci elden bilgi toplanır. Eğer analist araziye çok iyi biliyorsa ve elinde güncel harita veya fotoğraf varsa arazi çalışmasına gerek yoktur (Campbell, 1996).
- Sayısal görüntünün kalitesi incelenir. Görüntüyü daha kaliteli bir hale getirmek için sayısal işlem yapılması gerekiyorsa, görüntüye radyometrik zenginleştirme veya geometrik zenginleştirme uygulanır.
- Eğitim alanları, bir önceki başlıkta açıklanan unsurlar dikkate alınarak belirlenir. Eğitim alanlarının boyutları, yardımcı veriler ile sayısal görüntü arasındaki ölçek farkı dikkate alınarak seçilir. Eğitim alanlarının yerleri görüntüde, fotoğraf ve haritalarda kolay tanınan detaylar dikkate alınarak seçilmelidir.
- Sayısal görüntü ekrana getirilir ve eğitim alanları sayısal görüntünün üzerine çizilir. Eğitim alanlarına sınır piksellerinin girmemesi için dikkat edilmelidir. Bu adımın sonunda bütün eğitim alanları görüntünün koordinat sistemine göre tanımlanmış ve belirlenmiş olur.
- Her eğitim alanı için sınıflandırmaya uygun olup olmadığı, histogramları incelenerek belirlenir. Çift modlu eğitim alanları çıkarılır ve bunların yerine başka eğitim alanlarının seçilmesi için en baştaki adıma dönülür.

3.3.2 Kontrollü Sınıflandırma İşlem Adımları

Kontrollü sınıflandırma uygulaması, kontrolsüz sınıflandırmaya oranla daha karmaşık ve yorucudur. Analist, her adımda durumu değerlendirmelidir. Kontrollü sınıflandırmada sırasıyla aşağıda belirtilen işlem adımları takip edilir.

- Sınıfların belirlenmesi.
- Eğitim alanlarının belirlenmesi ve seçimi.
- Homojen eğitim verisi oluşturmak için eğitim alanlarının incelenmesi ve uygun olmayanların değiştirilmesi. Eğitim alanlarını inceleyen analist, bazılarını silebilir veya başka bir eğitim alanı ile birleştirebilir.
- Sınıflandırmanın yapılması.
- Sınıflandırmanın değerlendirilmesi.

Bu sıralama kontrollü sınıflandırma için gerekli olan temel adımları göstermektedir. Sınıflandırma işlemine ait detaylar, kişiden kişiye ve farklı görüntü işleme sistemlerine göre değişebilir.

3.4 Kontrolsüz Sınıflandırma ve Kontrollü Sınıflandırmanın Karşılaştırılması

Aşağıda, maddeler halinde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmıştır.

- İki yöntemin ihtiyaç duyduğu bilgiler farklıdır. Kontrolsüz sınıflandırmada, bölge hakkında kapsamlı bir ön bilgiye ihtiyaç yokken; kontrollü sınıflandırmada, her sınıfı temsil eden örnekleri tanımlayabilmek için bölgeye ait detaylı bilgi gerekir.
- Kontrollü sınıflandırma için verilen birçok detaylı kararlar, kontrolsüz sınıflandırma için gerekmez. Bu nedenle kontrolsüz sınıflandırmada, analistin yapması muhtemel hatalar en aza indirilmiş olur. Eğer analistin bölge hakkında yanlış önyargıları varsa, bu önyargıların kontrolsüz sınıflandırmaya etkisi, kontrollü sınıflandırmaya oranla çok az olur.
- Kontrollü sınıflandırmada, belli bir sınıfa ait olan fakat çok küçük alan kaplayan piksel grupları, analistin gözünden kaçabilir. Bu durum sınıflandırma işleminde hatalara yol açar. Kontrolsüz sınıflandırmada her sınıf, farklı bir birim olarak ele alınır ve çok küçük alan bile kaplasalar, sınıflandırma işlemi sonucu ayrı bir sınıf olarak belirlenirler.
- Kontrolsüz sınıflandırma, veri içindeki spektral olarak homojen olan sınıfları belirler. Fakat bu sınıflar, analistin ilgilendiği sınıflara karşılık gelmek zorunda değildirler. Örnek olarak; analistin ilgilendiği sınıflar kil, demir ve kireç taşı olarak düşünülürse, kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen spektral sınıflar, bunlardan birine veya üçüne birden karşılık gelmeyen sınıflar olabilirler. Kontrollü sınıflandırma, örnek piksellere dayalı olduğu için, sınıflandırma sonunda herhangi bir sürprizle karşılaşmaz (Campbell, 1996).
- Kontrollü sınıflandırmada eğitim verisinin özenle seçilmesi zaman alıcı, pahalı ve sıkıcı olabilir. Kontrolsüz sınıflandırma, örnek pikselleri kullanmadığı için kontrollü sınıflandırmaya oranla daha kısa sürer.

3.5 En Yüksek Olasılık Yöntemi (Maximum Likelihood)

Sınıflandırmanın temeli, benzer piksel gruplarını, belirlenen sınıflara atamaktır. Bu atama işlemini gerçekleştiren birden çok sınıflandırma metodu vardır. Bu sınıflandırma metodlarının en çok kullanılanları; paralel çubuklar (parallelepiped classification) yöntemi, en kısa mesafe yöntemi (minimum distance classification), ISODATA, en yüksek olasılık yöntemi ve yapay sinir ağı (artificial neural networks) yöntemleridir. En yüksek olasılık yöntemi ise en çok kullanılan sınıflandırma yöntemidir (Richard, 1995).

En yüksek olasılık yöntemi olasılığa dayanmaktadır. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğunun olasılığı hesaplanır ve piksel en yüksek olasılığa ait sınıfa atanır. Bu yöntemde, eğitim verisi içindeki her bantın histogramının normal dağılıma sahip olduğu varsayılır. Bir bantdaki çift

modlu veya daha fazla modlu histograma sahip eğitim verileri bu yöntem için uygun değildir(Jensen, 2005). Bu tip eğitim verilerini sınıflandırmak için paralel çubuklar yöntemi veya en kısa mesafe yöntemi tercih edilmelidir (Erdas FieldGuide, 2003).

En yüksek olasılık yöntemi, her bir pikselin yalnız bir sınıfa ait olduğu olasılığına dayanır(Erdas FieldGuide, 2003). Eğer pikselin herhangi bir sınıfa ait olma olasılığı, belirlenen bir eşiğin altında ise piksel bilinmeyen olarak sınıflandırılır (Lillesand, Kiefer, 2000). Bu yöntemdeki temel denklem, bütün sınıflar için bu olasılıkların eşit olduğu ve bantların histogramlarının normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayanır. Fakat her sınıfa ait olasılıkların eşit olmadığına dair bir ön bilgi varsa, her bir sınıf için ağırlık katsayısı belirlenebilir. En yüksek olasılık yönteminin bu türüne ise Bayes karar yöntemi denmektedir(Erdas FieldGuide, 2003).

Bu yöntemin en önemli dezavantajı, her pikselin sınıflandırılması için çok sayıda hesaba ihtiyaç duymasıdır. Genel bir kural olarak, bu yöntemde sınıflandırmada kullanılan bant sayısı arttıkça sınıflandırmanın doğruluğu da artmaktadır. Ancak kullanılan bant sayısının çok fazla olması, bazı durumlarda bazı bantların diğer bantların duyarlıklarını azaltmasına neden olabilir. Bundan dolayı sınıflandırmada kullanılacak en uygun bantların seçimi önemlidir (Ayhan, Karşlı, Tunç, 2003).

3.6 Sayısal Görüntü Analizinde Yardımcı Verilerin Kullanımı

Görüntünün kendisi dışındaki verilere yardımcı veriler denir. Yardımcı veriler değişik türde grafik ve öznitelik bilgiler (sayısal yükseklik verisi, jeoloji, hidroloji, ulaşım ağı, bitki örtüsü haritaları) olup sınıflandırma için önemlidirler. Yardımcı veriler sınıflandırma öncesinde, esnasında, sonrasında veya bunların kombinasyonlarında kullanılabilir. Sınıflandırma öncesinde katmanlandırma, görüntü bölme, eğitim alanı örneklerinin seçilmesinde; sınıflandırma esnasında görüntü istatistiklerini destekleyecek bir bilgi tabanı vazifesi gören öncül olasılıklar olarak ve sınıflandırma sonrasında spektral yanımlar sonucu yanlış sınıflandırılmış piksellerdeki hataları gidermek ve kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan spektral sınıfların adlandırılmalarında kullanılırlar (Türker, 1999).

Sayısal analiz yapılabilmesi için yardımcı veri, sınıflandırılacak olan görüntü ile uyumlu formatta olmalıdırlar. Çoğu zaman yardımcı veri ölçek, çözünürlük, tarih ve doğruluk olarak uzaktan algılama verisi ile uyuşmaz (Campbell, 1996).

4. LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ

4.1 Giriş

23 Temmuz 1972 yılında, ilk yer kaynakları teknoloji uydusu olan ERTS-1'in NASA tarafından, üzerinde çok bantlı tarayıcı ile uzaya gönderilmesiyle birlikte uydulardan çok bantlı görüntü alma çağı başlamış oldu (Buiten, Clevers, 2000). Daha sonra adı Landsat-1 olarak değiştirilen bu uydusu sayesinde; yeryüzü ilk defa uzaydan, ışığın ikisi görünür ve diğer ikisi de kızılötesi bölgede olan dört farklı dalga boyundan görüntülendi. Görüntü, her spektral bant için yaklaşık 80 m konumsal çözünürlüğe sahip piksellerden oluşuyordu. Landsat-1 uydusunun icadı ile uzaktan algılama döneminin uygulama safhası kararlı bir şekilde başlamış oldu. 1972 yılından önce sadece sayılı birkaç kuruluştaki bulunan uçaktan alınmış çok bantlı görüntüler, NASA'nın "Açık Gökler" politikası sonucu uzaya fırlatılan Landsat uydusu ile ilk defa uzaydan alınmış biçimde, dünyadaki bütün araştırmacıların kullanımına sunuldu. Tüm bilim tarihi içinde, bilimsel verinin barışça paylaşımı konusunda Landsat-1'in icadına eşit bir olay yoktur. Soğuk savaş döneminde, bütün yeryüzü kaynaklarına ait verinin tüm dünyaya paylaşılması, o zaman için çok devrimci bir fikirdi (Vincent, 1997).

1972 yılından günümüze kadar uzaya 7 adet Landsat uydusu fırlatılmıştır. Bunlardan Landsat-6 uydusu, 1993 yılında, fırlatıldıktan kısa bir süre sonra bir arıza sonucu düşmüştür. Bu düşen uydunun yerine 15 Nisan 1999 tarihinde, Landsat uydularının sonuncusu olan Landsat-7 uydusu uzaya gönderilmiştir.

Landsat uydusu sistemi, düzenli bir yörünge sisteminde, yeryüzüne ait çok bantlı görüntü alımına olanak veren ilk uzaktan algılama sistemidir. Günümüze kadar tüm Landsat uydularında, dört tip görüntüleme aleti kullanılmıştır. Bunlar; dönel ışınli vidikon kamera (RBV), çok bantlı tarayıcı (MSS), tematik görüntüleyici (TM) ve geliştirilmiş tematik görüntüleyicidir (ETM+) (Richards, Jia, 1999). Landsat uydusu sistemlerinin elde ettiği çok bantlı görüntüler (MSS, TM, ETM+) bu bölümde alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

4.2 Landsat MSS Görüntüsü

Landsat MSS algılayıcısı, ilk beş Landsat uydusunda kullanılmıştır. Landsat MSS tarayıcısında dört adet spektral bant vardır. Bunlar aşağıda gösterilmiştir.

- **Band 4:** 0.5-0.6 μm , yeşil. Tortu yüklü suların hareketlerinin izlenmesi, sağlık alanların ve mercan kayalarının haritalanmasında kullanılır.
- **Band 5:** 0.6-0.7 μm , kırmızı. Şehir alanları gibi kültürel detayların yanı sıra bazı bitki türlerinin de belirlenmesinde kullanılır.

- **Band 6:** 0.7-0.8 μm , yakın kızılötesi. Bitki örtüsü çalışmalarında, kara-su sınırlarının çizilmesinde ve yer şekillerinin belirlenmesinde kullanılır.
- **Band 7:** 0.8-1.1 μm , yakın kızılötesi. Atmosferik etkinin en az olduğu banttır. Bitki örtüsü çalışmalarında, kara-su sınırlarının çizilmesinde ve yer şekillerinin belirlenmesinde kullanılır[3].

Landsat 3'te bu bantlara ek olarak 10.4-12.6 μm spektral aralığında, termal 8'inci bant vardır. MSS'e ait bu bantların numaralandırılması Landsat 4 ve Landsat 5'te sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 olacak şekilde değiştirilmiştir. MSS görüntü alanı, doğu-batı yönünde 185 km ve kuzey-güney istikametinde 170 km'lik bir alanı kapsar. Landsat görüntüsündeki pikseller kare şeklinde olmakla birlikte, piksellerin bir kenarı yeryüzünde yaklaşık 79 metreye karşılık gelmektedir. Bantların sayısallaştırılması 6 bitte (0-63 arası) yapılır (Campbell, 1996). MSS'in band aralıkları, bitki örtüsü ve jeolojik çalışmalardaki uygunluklarına göre seçilmiştir (Jensen, 2000).

4.3 Landsat TM Görüntüsü

Landsat TM algılayıcısına "tematik görüntüleyici" ismi, tematik haritaları elde edecek spektral detay tanımlama tekniklerine, sistem verilerini uygulamak amacıyla verilmiştir(Önder, 1999). Landsat TM, MSS'in daha gelişmiş bir sürümü olarak düşünülebilir. Landsat TM algılayıcısı, 1982 yılında Landsat 4 uydusu ve 1984 yılında Landsat 5 uydusu ile uzaya gönderilmiştir. Landsat TM'in elde ettiği görüntüler, MSS algılayıcısının görüntülerine oranla daha iyi konumsal, radyometrik, spektral ve zamansal çözünürlüğe sahiptir (Jensen, 2000). TM algılayıcısının yapısı esas olarak, uzaydan bitki örtüsünü izlemek için tasarlanmıştır. Algılayıcı yapısı, uzaydan bitki örtüsünü izlemek için en uygun spektral çözünürlüğü bulan bir araştırmanın analizleri dikkate alınarak ve bunun yanı sıra politik, ekonomik ve teknik detaylar da düşünülerek oluşturulmuştur(Lusch, 1999). Başka bir görüşe göre ise, TM band seçimi bu bantların su geçme, bitki örtüsü ayırt etme, toprak ve bitki nem ölçümü, bulutlardan buz ve karı ayırabilme ve bazı kaya tiplerindeki hidrotermal değişimi belirleme yeteneklerine göre yapılmıştır(Jensen, 2000). MSS'den daha dar spektral aralıkları olan bu bantlar, ayrıca MSS'in bantlarına oranla spektral yansımada daha yüksek değerlere sahiptirler ve band dışı hassasiyetleri daha azdır(Hord, 1986).

TM algılayıcısının 7 adet spektral bandı vardır. Bu bantlardan 1-5 ve 7'inci bantlar 30 m, 6'ncı bant ise 120 m konumsal çözünürlüğe sahiptir. TM'in tarama genişliği 185 km'dir. Sayısallaştırma her bant için 8 bitte (0-255 arası) yapılır. TM'de, MSS'e oranla 4 bant yerine 7 bant kullanılması, aynı görüntü alanında daha küçük boyutlu daha çok piksel bulunması,

TM görüntülerinin MSS görüntülerinden daha çok veri değeri içerdiği anlamını taşır(Campbell, 1996).

Analist, TM bantlarını kullanarak gerekli bilgiye ulaşmak için, bantlara ait özellikleri bilmelidir ve band seçimini buna göre yapmalıdır. En iyi TM bant kombinasyonu, çalışmanın amacına, mevsime, coğrafik duruma ve diğer faktörlere bağlı olarak değişir. Aşağıda maddeler halinde Landsat TM bantlarının özellikleri görülmektedir.

- **Bant 1:** 0.45–0.52 μm , mavi. Arazi kullanımı, toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin analizi yanında, sudaki tortuların görüntülenmesi, mercan adalarının haritalanması ve su derinliğini inceleme olanağı sağlar. Mavi ışık diğer bantlardan daha çok saçıldığı için Landsat bantlarının arasında en gürültülü banttır[1].
- **Bant 2:** 0.52–0.60 μm , yeşil. Bitki ayrımı ve canlılık gücünü belirlemeye yardım eder. Bu bant aralığı, insan gözünün bitkilerde gördüğü yeşil ışığa karşılık gelir.
- **Bant 3:** 0,63-0,69 μm , kırmızı. Bitki ayrımı için en önemli banttır. Toprak ve jeolojik bölge sınırlamalarında, toprak-bitki ayrımında ve bitki sağlığının izlenmesinde yararlıdır. Atmosferik etkiler, bu bantta daha az olduğu için 1 ve 2'inci bantlardan daha fazla kontrast gösterir (Jensen, 2000).
- **Bant 4:** 0,76-0,90 μm , yakın kızılötesi. Su kütleleri, bu dalga boyundaki ışığın su tarafından tamamen emilmesi sonucu çok karanlık görünür. Ayrıca ürün tiplerinin belirlenmesinin yanı sıra toprak-ürün, toprak-su sınırlarını vurgulamada kullanılabilir.
- **Bant 5:** (1,55-1,75 μm , orta kızılötesi). Neme çok duyarlı bir bant olduğu için bitkilerdeki ve topraktaki nemi izlemek ve bulut-kar ayrımının belirlenmesinde kullanılır[1].
- **Bant 6:** (10,4-12,5 μm , uzak kızılötesi). Termal bir banttır ve yüzey sıcaklığını ölçmek için kullanılır. Genel olarak jeolojik amaçlar için kullanılmakla beraber bitki sınıflandırma uygulamalarında da kullanılabilir[1].
- **Bant 7:** (2,08-2,35 μm , orta kızılötesi). Jeoloji ve toprak haritalarının yapılmasında ve özellikle jeolojik kayaç formasyonlarının ayrıştırılmasında kullanılır(Jensen, 2000).

4.4 Landsat ETM + Görüntüsü

ETM+ algılayıcısı Landsat 7 uydusu ile 15 Nisan 1999 yılında uzaya gönderilmiştir. ETM+ sistemi, dünya yüzeyine ilişkin yüksek çözünürlüklü veri sağlayabilme yeteneğinde, sekiz bantlı, radyometrik bir multispektral tarayıcıdır. Landsat ETM+ görüntüsü, Landsat TM görüntülerinden; 15 metrelik pankromatik bantı, iki yeni görüntüleme aralığı, geliştirilmiş 60 metre çözünürlüklü termal bantı, geliştirilmiş radyometrik kalibrasyon doğruluğunu sağlayan iki güneş kalibre edicisinin eklenmiş olmasıyla oldukça farklıdır. EROS Veri Merkezinden,

0R Düzeyi (ham görüntü), 1R (radyometrik olarak düzeltilmiş 0R) ve 1G (radyometrik ve sistematik olarak düzeltilmiş 0R) işlem düzeyinde veriler sağlamak mümkündür. Standart veriler, CD'ler, 8 mm.lik teypler veya FTP aracılığıyla elektronik olarak kullanıcılara ulaştırılır[4]. Çizelge 4.1'de Landsat ETM+ tarayıcısına ait bantların özellikleri görülmektedir.

Çizelge 4.1 Landsat ETM+ tarayıcısının spektral ve konumsal çözünürlüğü (Jensen, 2000)

Band Numarası	Spektral Aralık (μm)	Konumsal Çözünürlük (m)
1	0.450–0.515	30
2	0.525–0.605	30
3	0.630–0.690	30
4	0.750–0.900	30
5	1.550–1.750	30
6	10.40–12.50	60
7	2.080–2.350	30
8 (pan)	0.520–0.900	15

4.5 Landsat ETM+ Görüntülerinin Uygulama Alanları

Amaca bağlı olarak ETM+ görüntüleri pek çok farklı alanda kullanılabilir.

- Ziraat ve Ormancılık
 - Bitki örtüsünün, tahıl ve ağaç türlerinin ayrımı,
 - Tahıl ve ormanla kaplı alanların tespiti,
 - Orman kesimlerinin izlenmesi,
 - Bitki ve ormanlık alanlarda çıkan yangın hasarlarının tespiti,
- Arazi Kullanımı ve Haritacılık
 - Arazi kullanımına ilişkin sınıflandırmalar,
 - Kartografik harita üretimi ve bütünlemesi,
 - Şehirsel alanların gelişmesinin izlenmesi,
 - Arazi ve su kaynaklarının sınıflandırması,

- Jeoloji
 - Bazı jeolojik birimlerin haritasının yapılması,
 - Jeolojik haritaların revizyonu,
 - Belirgin kaya çeşitlerinin tanınması,
 - Arazi yüzeyindeki maden kaynaklarının araştırılması,
- Su Kaynakları
 - Su sınırlarının ve yüzey sularının belirlenmesi,
 - Sellerin ve sel baskın alanlarının haritalarının yapılması,
 - Karla ve buzla kaplı alanların sınırlarının belirlenmesi,
 - Çökeltili ve çamurlu alanların belirlenmesi,
 - Sulama alanlarının tespiti,
- Deniz Kıyısı Kaynakları
 - Çamurluluk durumunun tespiti,
 - Sahil şeridi değişikliklerinin haritalarının yapılması,
 - Sığ alanların haritalarının çıkarılması,
 - Deniz ulaşımı için buzulların izlenmesi,
- Çevre
 - Su kirliliği haritalarının yapılması ve izlenmesi,
 - Doğal afetlerin etkilerinin belirlenmesi,
 - İnsanların neden olduğu çevresel faaliyetlerin izlenmesi/4/.

5. UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ KULLANIMI VE DEĞİŞİKLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

5.1 Uygulamanın Amacı

Uygulama aşamasında; arazi kullanımının ve değişikliğin, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak, hem görsel hem de sayısal analiz yöntemi ile tespit edilmesi amaçlanmıştır.

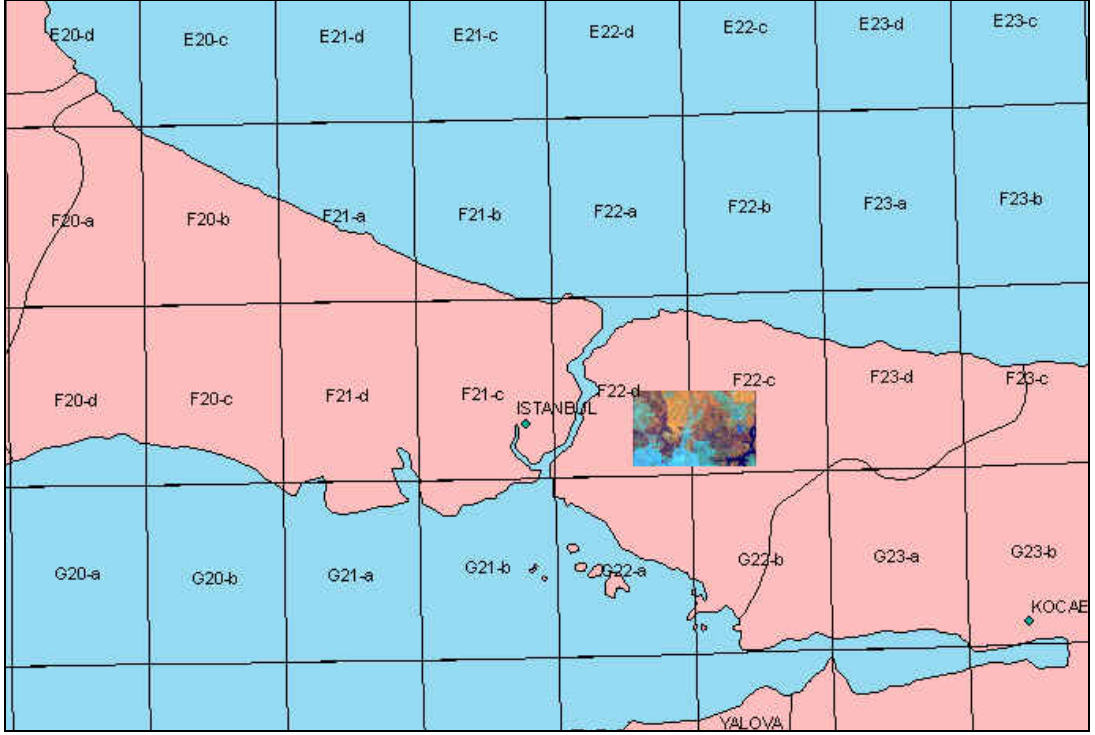
5.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı; İstanbul'un Anadolu yakasında, Ümraniye ve Pendik ilçe sınırları içerisinde bulunmakla beraber, 1:25.000 ölçekli İSTANBUL F22-d3 ve F22-c4 paftalarını kapsamaktadır (Şekil 5.1). Çalışma bölgesi tam olarak 41°00'34"-41°07'10" enlemleri ve 29°08'48"-29°22'10" boylamları arasında kalmaktadır. Bölge yaklaşık olarak doğu-batı ekseninde 19 km ve kuzey-güney ekseninde 12 km uzanmaktadır. Çalışma alanının merkezi, İstanbul Boğazı'na yaklaşık 18 km uzaklıktadır.

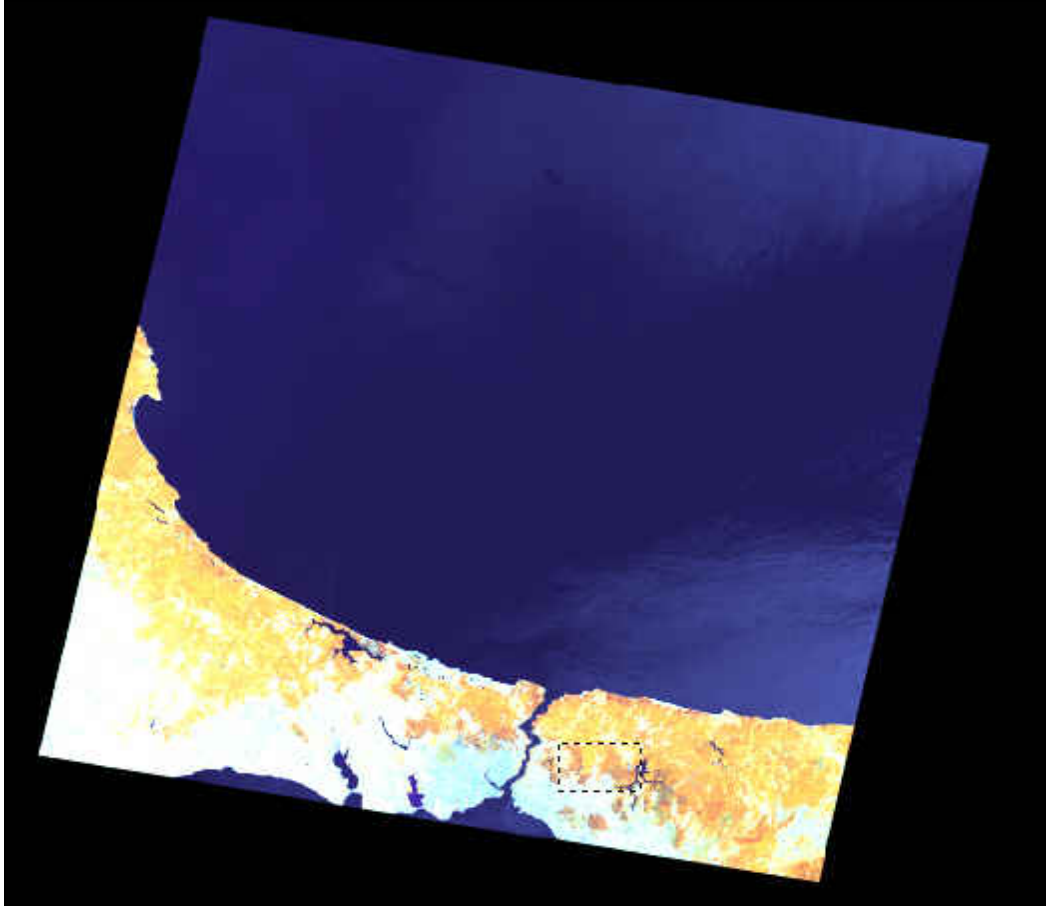
Bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilmesinin temel nedeni; orman, su, tarım alanları, maden ocakları ve yerleşim alanları gibi birçok arazi örtü tipini içinde barındırmasıdır. Bölge son yıllarda çok yoğun göç aldığından dolayı yerleşim alanları hızlı bir artış göstermiştir. Yerleşim alanları, gecekondulaşma ve plansız şehirleşme sonucu, çarpık kentleşmeye çok iyi bir örnek teşkil etmektedir. Ormanlık alanlardaki ağaç türleri; karaçam, kızılçam, sahil çamı, fıstık çamı, kestane, kayın, gürgen, ıhlamur ve meşedir. Ömerli Barajı'nın bir kısmı çalışma bölgesinin sınırları içindedir. Çalışma bölgesinde arazi yükseklikleri yaklaşık olarak 70 metre ile 320 metre arasında değişmekle birlikte, çalışma bölgesi az engebeli arazi olarak nitelendirilebilir.

5.3 Kullanılan Veriler

Çalışmada 3 adet farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntüler <http://glof.umiacs.umd.edu> internet adresinden ortorektifiye edilmiş bir şekilde indirilmiştir. İndirilen görüntü ve üzerinde çalışma bölgesini gösteren resim Şekil 5.2'de görülmektedir. Ortorektifikasyon işleminde kullanılan sayısal yükseklik modelinin ortalama karesel hatası 50 m veya daha düşüktür[5].



Şekil 5.1 İstanbul F22-d3 ve F22-c4 paftaları içerisinde giren çalışma alanı

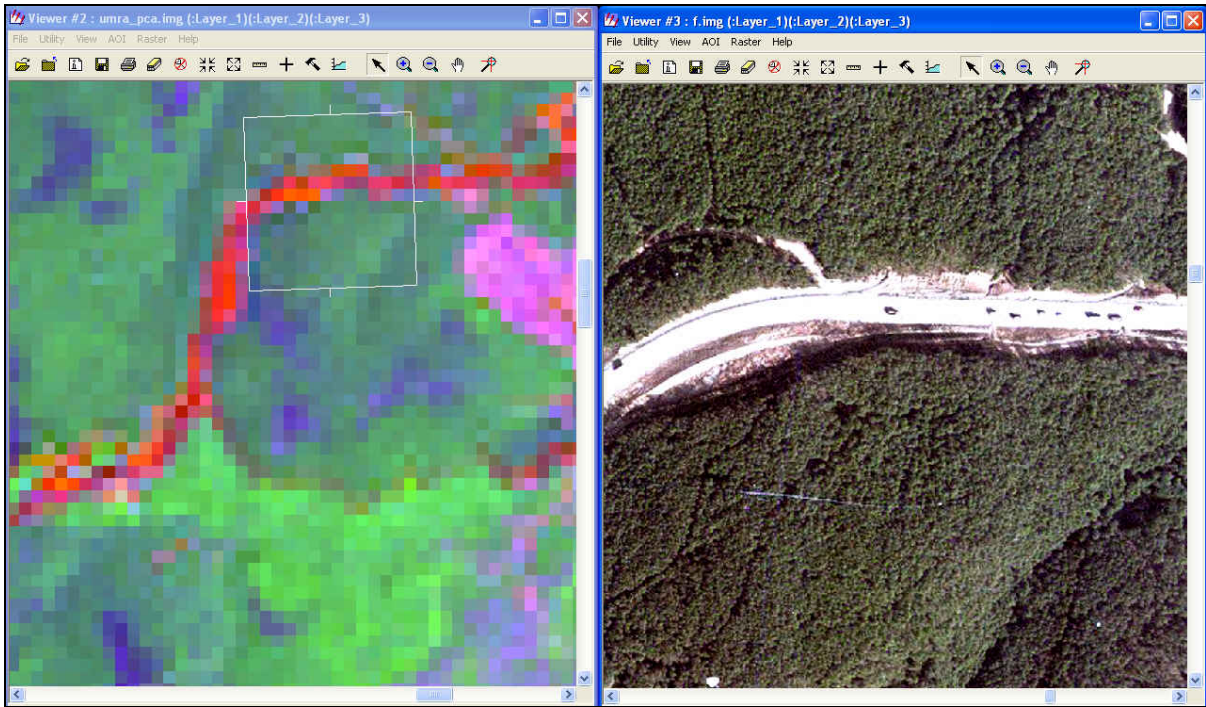


Şekil 5.2 Landsat ETM+ uydu görüntüsü ve çalışma bölgesi (4,5,3 RGB)

Kullanılan uydu görüntüleri ve alım tarihleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 31.05.1975 tarihli Landsat MSS görüntüsü (4 bant, 57m x 57 m),
- 25.09.1987 tarihli Landsat TM görüntüsü (7 bant, 28.5m x 28.5 m),
- 02.07.2000 tarihli Landsat ETM+ (7 bant, 28.5 m x 28.5 m).

Ayrıca 1/25.000 ölçekli F22-d3 ve F22-c4 topoğrafik haritaları, Eylül 1999 yılında alımı yapılmış 50 cm konumsal çözünürlüğe sahip 1/5.000 ölçekli İstanbul iline ait ortofoto ve 1988 yılında üretilmiş 1/25.000 ölçekli sayısal orman amenajman planları kullanılmıştır. Şekil 5.3'te, ortofoto ile uydu görüntülerinin yan yana getirilerek uydu görüntüsündeki bilinmeyen detayların tanımlanması görülmektedir. ArcInfo yazılımının ArcMap modülü kullanılarak, uydu görüntüsü ile orman amenajman planları üst üste bindirilerek, ağaç türleri hakkında detaylı bilgi elde edilmiştir (Şekil 5.4).

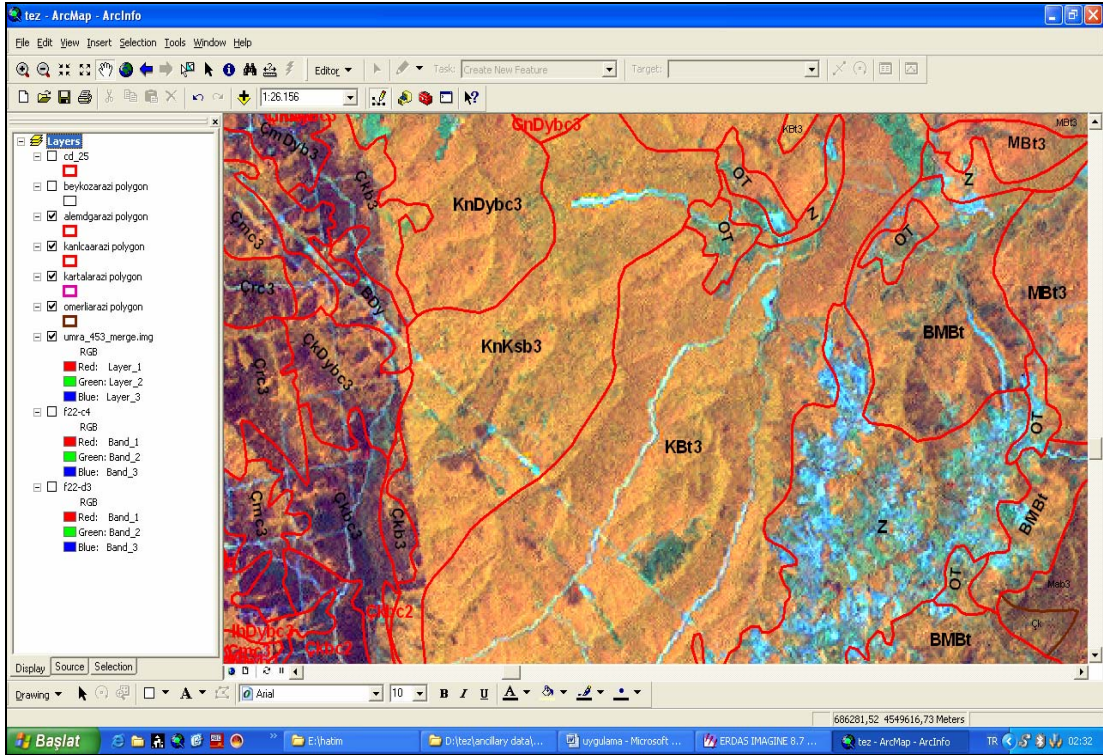


Şekil 5.3 Ortofoto yardımı ile uydu görüntüsünden bilgi toplama

5.4 Görsel Görüntü Yorumlama

Bu bölümde ekrana getirilen sayısal görüntüler, görsel yorumlama elemanları kullanılarak yorumlanmıştır. Görsel görüntü yorumlama yöntemi için, bantlar ayrı ayrı siyah-beyaz görüntü şeklinde veya çeşitli band kombinasyonlarında kompozit görüntüler şeklinde ekrana getirilerek, görsel yorumlama işlemi yapılmıştır. Bu çalışmada Landsat TM ve ETM+ görüntüleri için; 7,4,2 RGB, 4,5,3 RGB, Landsat MSS görüntüsü için 4,2,1 RGB kompozit görüntüleri kullanılmıştır. Bütün görüntülere kontrast zenginleştirme (linear contrast

stretching) uygulanmıştır ve ETM+ görüntüleri 15 m çözünürlüklü pankromatik bant görüntüsü ile birleştirilerek, görüntülerin konumsal çözünürlüğü 30 metreden 15 metreye yükseltilmiştir. Farklı band kombinasyonlarının oluşturduğu kompozit görüntülerin dışında, temel bileşenler analizi ile oluşturulan görüntüler ve bant oranlama ile elde edilen görüntüler de kullanılmıştır. Tanımlanan alanlar ve detaylar vektör olarak sayısal görüntü üzerine çizilmiş ve görüntü koordinatlarında kaydedilmiştir.

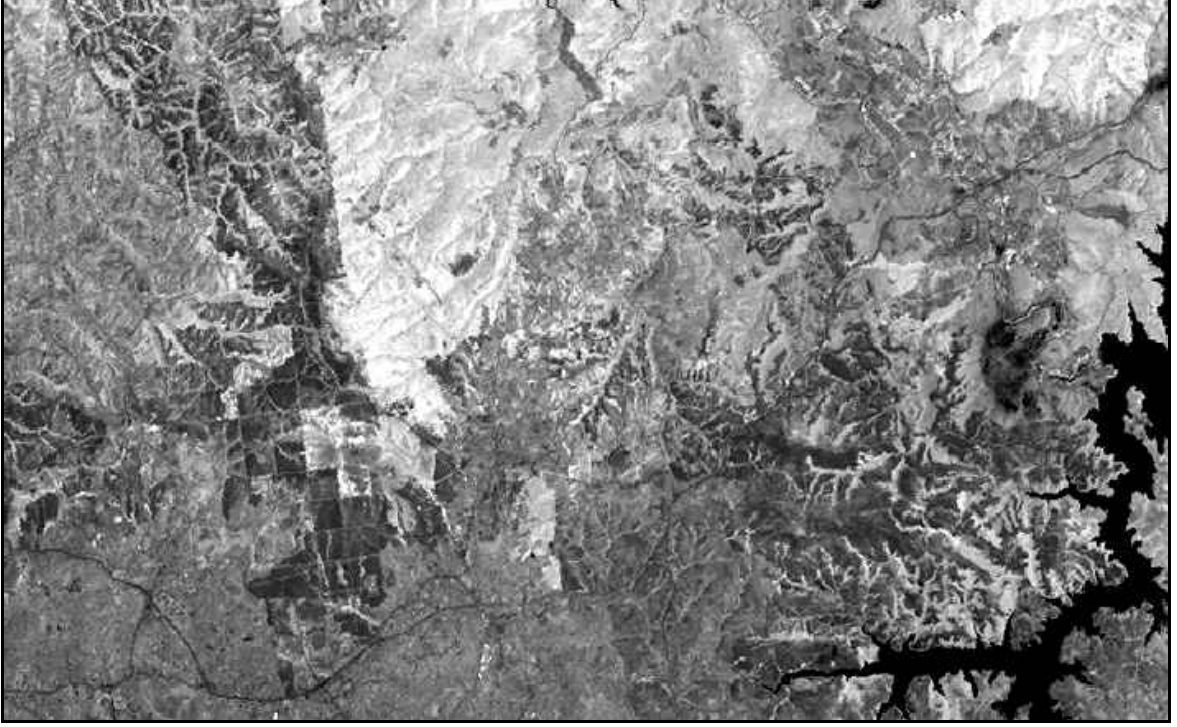


Şekil 5.4 Uydu görüntüsü üzerine bindirilmiş sayısal orman amenajman planları

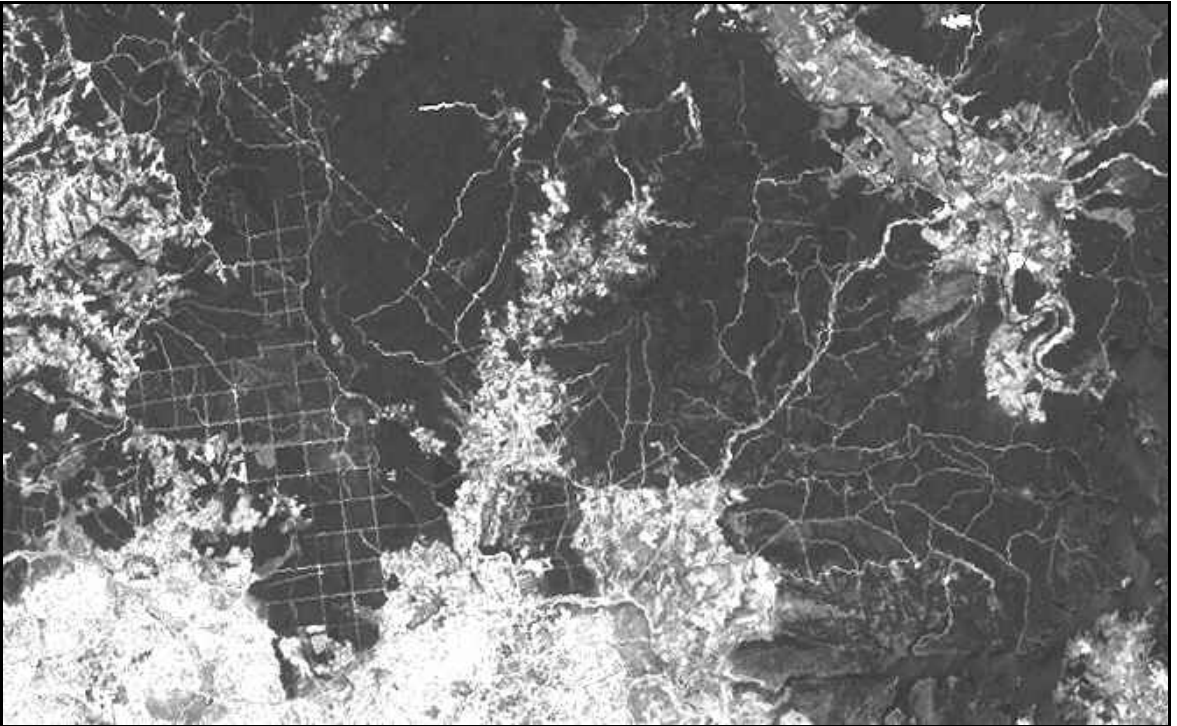
5.4.1 Siyah-Beyaz Görüntülerin Görsel Yorumlanması

Siyah beyaz görüntülerin kullanılması, analiste görüntü alanına ait genel bir görünüm sağlaması ve fikir sağlaması açısından önemlidir. Her bantın sahip olduğu spektral aralıklar farklı olduğu için, her bantın oluşturduğu görüntüler farklı detayları öne çıkarmaktadır. MSS ve TM bantlarının sahip oldukları özellikler bölüm 4.2 ve 4.3'te açıklanmıştır. Bu uygulamada, çalışma bölgesine ait detayları daha belirgin olarak ortaya çıkardıkları için Landsat ETM+ görüntü verisine ait 3'üncü ve 4'üncü bantlara ait görüntüler (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6) incelenmiştir.

Şekil 5.5'te, Landsat ETM+ görüntü verisinin 4'üncü bandının oluşturduğu bu görüntüde, 4'üncü bandın su tarafından tamamen absorbe edilmesi nedeniyle, kara-su sınırları ve Ömerli Barajı çok net bir şekilde görülmektedir. Geniş yapraklı ormanlık alanlar ve toprak alanlar açık tonlarda görülmektedir.



Şekil 5.5 Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ Bant 4 görüntüsü



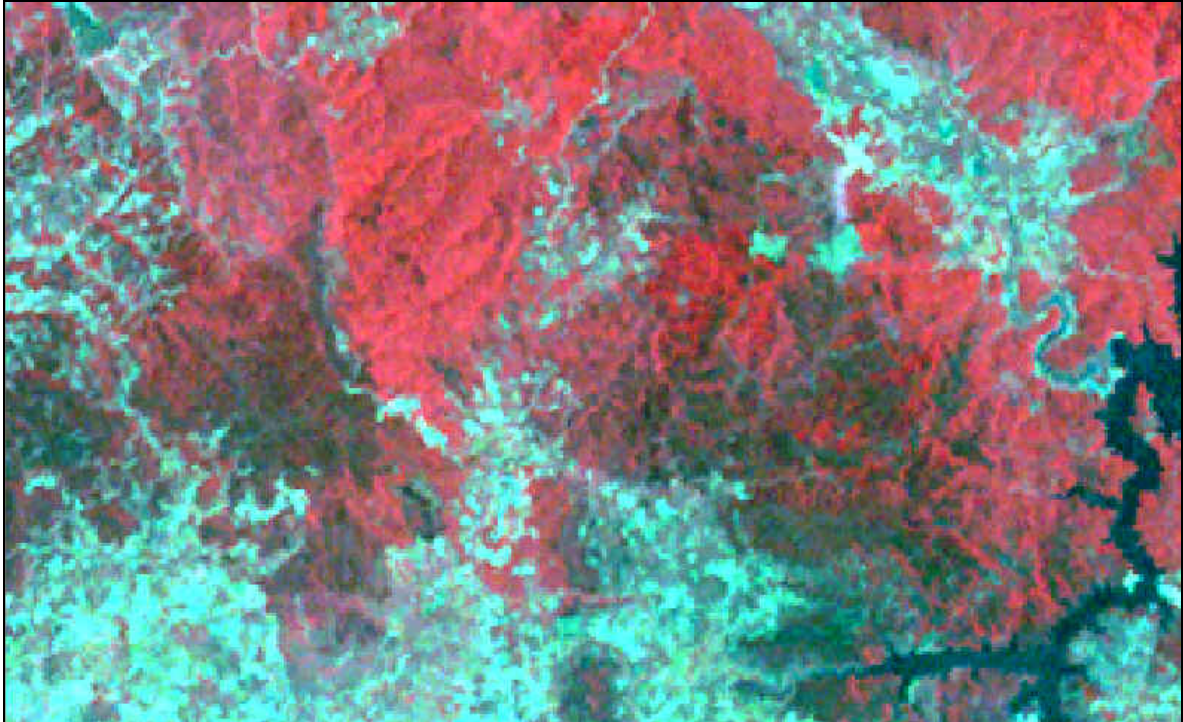
Şekil 5.6 Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ Bant 3 görüntüsü

Şekil 5.6'da, 3'üncü bantın oluşturduğu görüntü görülmektedir. Yerleşim alanları açık tonlarda görülürken, 3'üncü bantın bitkiler tarafından tamamen absorbe edilmesinden dolayı ormanlık alanlar koyu tonlarda görülmektedir. Ömerli Barajı'nın Şekil 5.6'da çok zor ayırt edilmesi, su kütlelerinin 3'üncü bantın oluşturduğu görüntülerde incelenmemesi gerektiğini

fakat bununla birlikte ormanlık bölgelerin belirlenmesi ve orman-toprak sınırlarının çizilmesi için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.4.2 Görüntü Kompozitlerinin Görsel Yorumlanması

Görüntüyü yorumlayan analist; ekrana getirilen kompozit görüntüde, her rengin karşılık geldiği detayı veya detayları, bilgi ve tecrübesiyle veya görüntü yorumlama anahtarları yardımı ile bilebilir. Tanımlanan detayların sınırları vektör olarak çizgi veya poligon şeklinde çizilir. Kompozit görüntüleri oluşturan bant kombinasyonları seçilirken, coğrafi bölge özellikleri ve detayların spektral yansıma özellikleri göz önünde bulundurulur.



Şekil 5.7 Çalışma bölgesinin Landsat MSS 4,2,1 RGB kompoziti

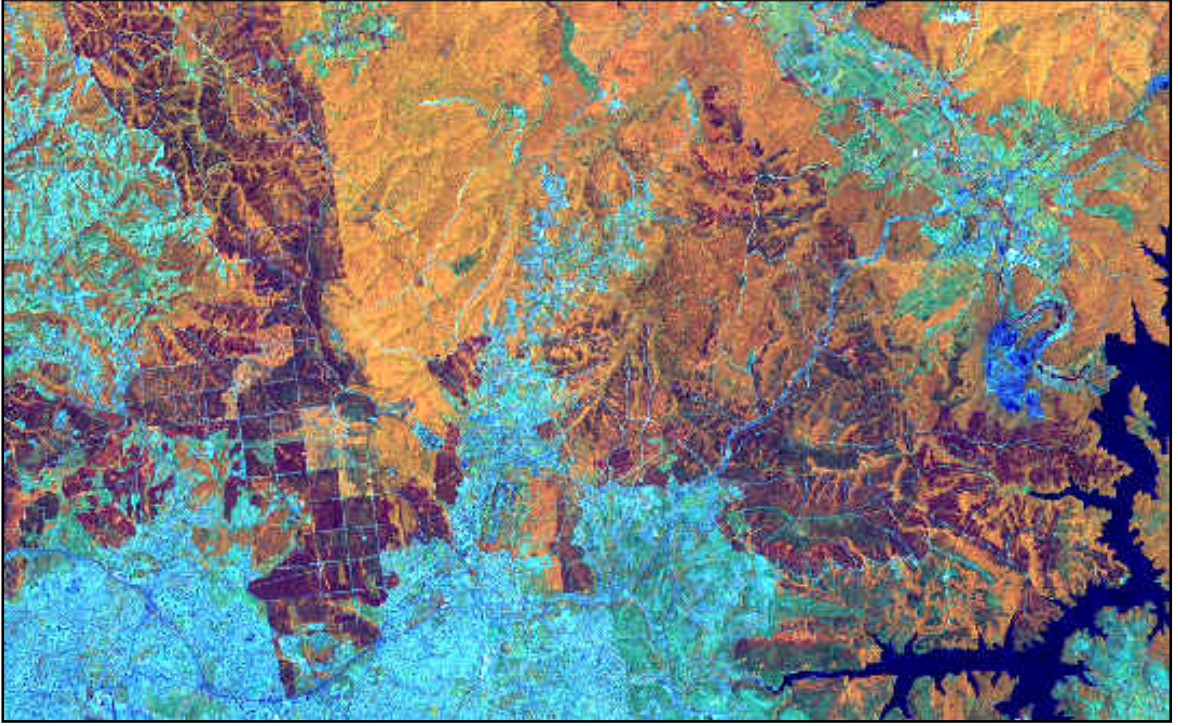
Şekil 5.7’de görülen 4,2,1 RGB MSS görüntüsünde; kırmızı tonlardaki bölgeler, geniş yapraklı ormanlık alanları, koyu yeşil tonlardaki bölgeler, iğne yapraklı ormanlık alanları, siyan ve açık mavi renkli bölgeler yerleşim yerlerini ve çıplak alanları, gri tonlu bölgeler çimen kaplı alanları ve tarım arazilerini göstermektedir. Siyah renkli bölgeler Ömerli barajını göstermektedir.



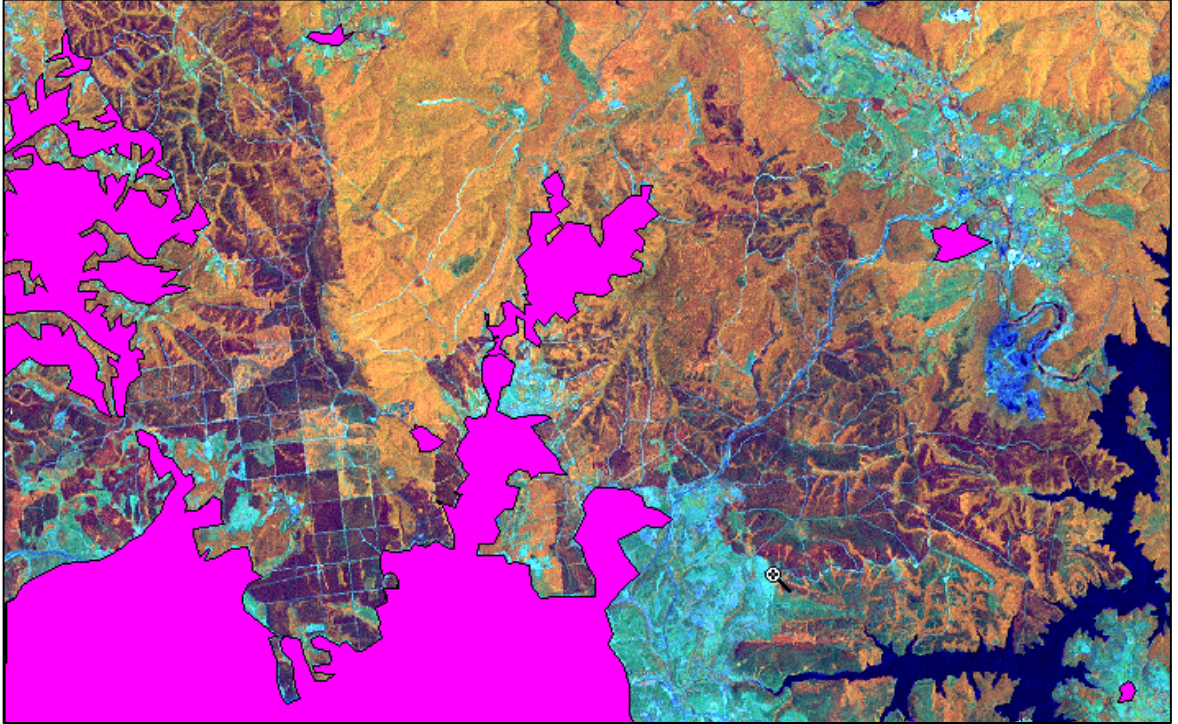
Şekil 5.8 Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ 7,4,2 pan RGB kompoziti

Şekil 5.8’de görülen 7,4,2 RGB ETM+ görüntüsünde; pembe renkli bölgeler yerleşim alanlarını, orman yangın önleme şeritlerini ve çıplak alanları, koyu pembe renkli bölgeler çimen kaplı arazileri ve tarım arazilerini, lacivert renkli bölgeler Ömerli Barajını, mor tonlu bölgeler ana asfalt yolları ve taş ocaklarını, koyu yeşil tonlardaki bölgeler iğne yapraklı ağaçların oluşturduğu ormanlık alanları ve açık yeşil tonlardaki bölgeler geniş yapraklı ağaçların oluşturduğu ormanlık alanları göstermektedir. Bu kompozit halen NASA için dünya çapında üretilen Landsat mozaiklerinde kullanılmaktadır.

Aşağıda Şekil 5.9’da görülen 4,5,3 RGB kompozit görüntüsünde; siyan tonlara sahip bölgeler yerleşim alanlarını, orman yangın önleme şeritlerini ve çıplak alanları, yeşil tonlu alanlar çimen kaplı alanları ve tarım arazilerini, koyu mavi bölgeler Ömerli Barajını, açık mavi alanlar taş ocaklarını ve ana asfalt yolları, bordo renkli bölgeler iğne yapraklı ormanlık alanları ve açık kahverengi alanlar ise geniş yapraklı ormanlık alanları göstermektedir. Bu kompozit, en popüler ve en çok kullanılan TM ve ETM+ kompozitidir. Bu kompozit görüntünün üzerine yerleşim alanları, görsel yorumlama ile vektör olarak çizilmiştir (Şekil 5.10). Vektör poligonlara ait öznitelik bilgi tablosu Çizelge 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.9 Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ 4,5,3 pan RGB kompoziti



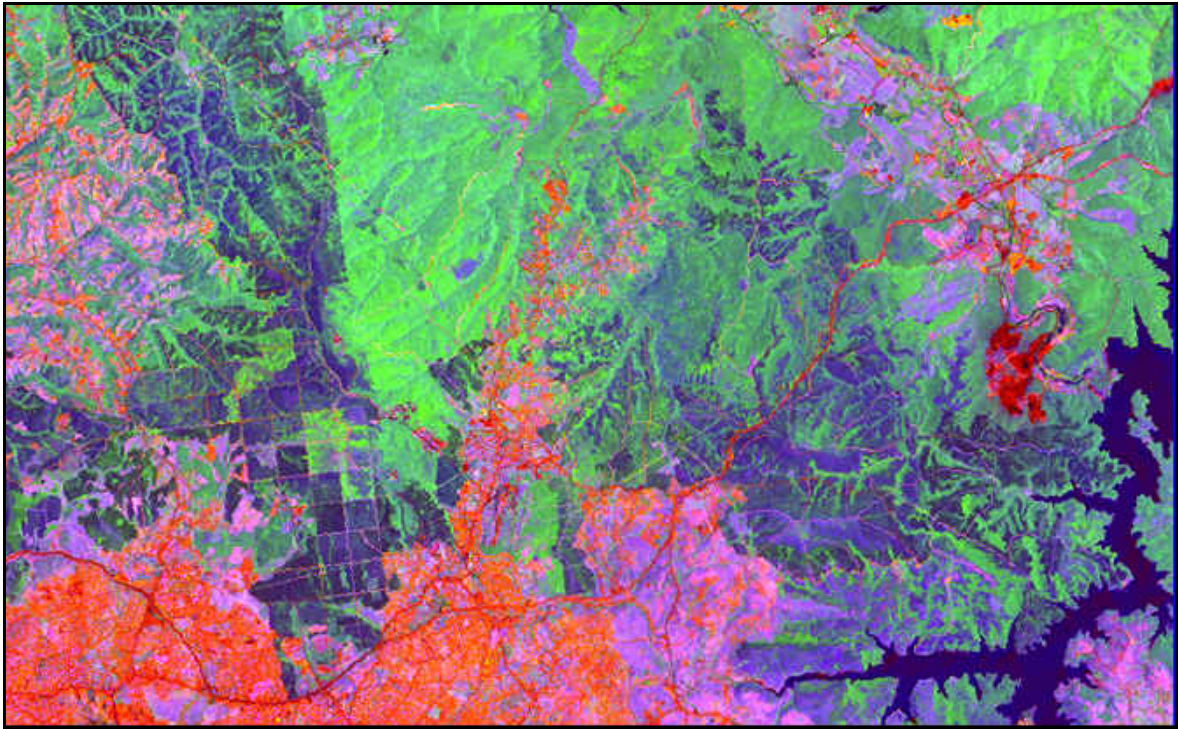
Şekil 5.10 Landsat ETM+ 4,5,3 pan RGB kompozitinde yerleşim alanlarının vektör olarak gösterimi (pembe renkli alanlar)

Çizelge 5.1 Vektör poligonlara ait öznitelik tablosu

Poligon No	Alan (ha)	Çevre (m)
1	105,10	6.670
2	600,36	31.102
3	137,92	13.081
4	16,70	3.112
5	12,91	1.545
6	33,52	2.771
7	11,73	1.968
8	2.785,76	55.723
9	307,96	17.126
10	2.789,47	55.614
11	6,40	1.018

5.4.3 Spektral Olarak Dönüştürülmüş Görüntülerin Görsel Yorumlanması

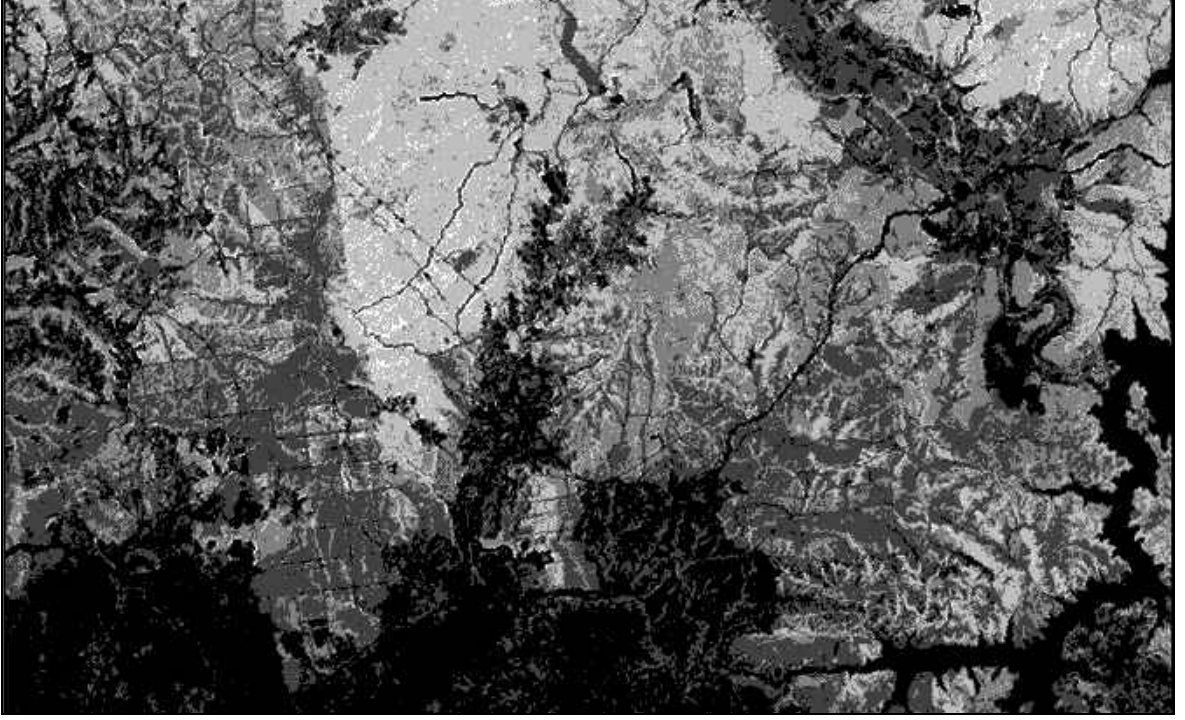
Bu başlık altında, temel bileşenler analizi ve bantların birbirlerine bölünmesi ile elde edilen iki adet görüntü kullanılmıştır.



Şekil 5.11 Çalışma bölgesi PC (1,2,3) RGB temel bileşenler kompoziti

Şekil 5.11’de görüldüğü gibi görüntü verisinin 6 bandının temel bileşenler analizi sonucunda oluşan ilk üç bileşeni(PC1, PC2, PC3) ile oluşturulan bu görüntü, diğer kompozit görüntülere oranla görsel analiz için daha anlamlı bilgi sunmaktadır. Mavi alanlar su kaplı alanları, açık yeşil renkteki bölgeler geniş yapraklı ormanlık alanları, lacivert bölgeler iğne yapraklı alanları, açık mor alanlar çimen kaplı alanları ve tarım arazilerini, turuncu alanlar yerleşim

alanlarını, açık pembe tonlardaki bölgeler çıplak alanları ve orman yangın önleme şeritlerini ve kırmızı renkteki bölgeler ana asfalt yolları ve taş ocaklarını göstermektedir.

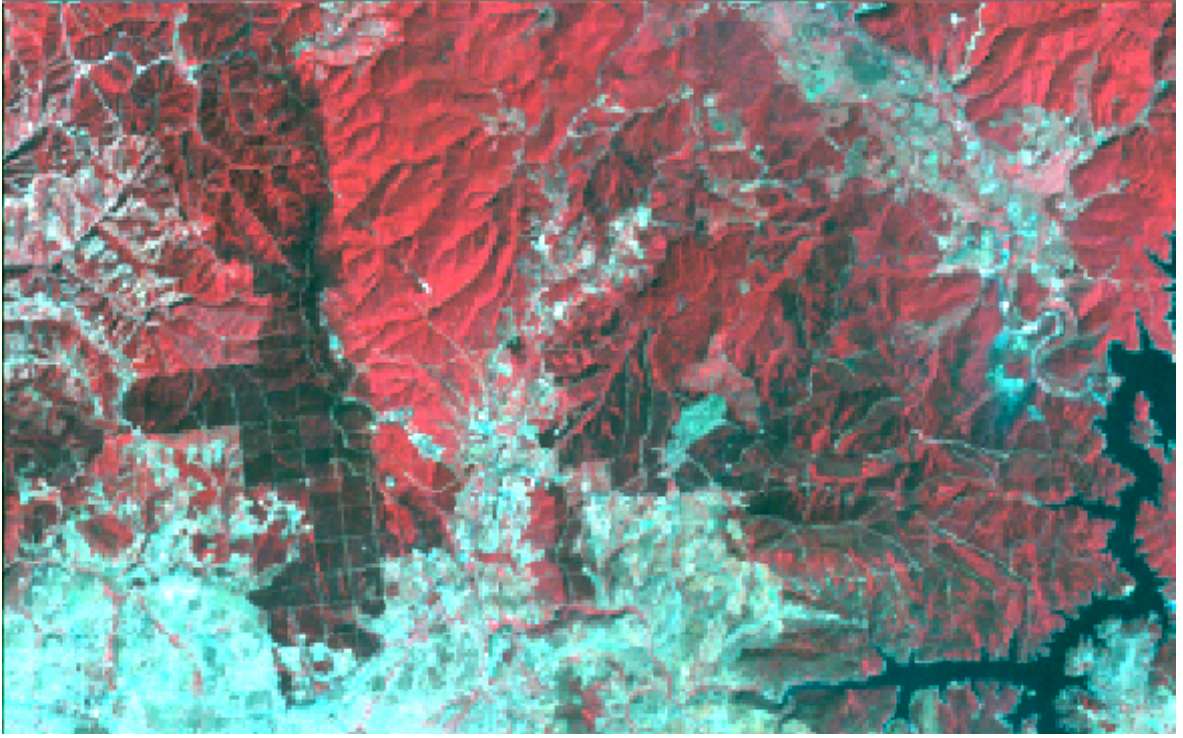


Şekil 5.12 Band oranları kullanılarak (bant4/bant3) oluşturulan ETM+ görüntüsü

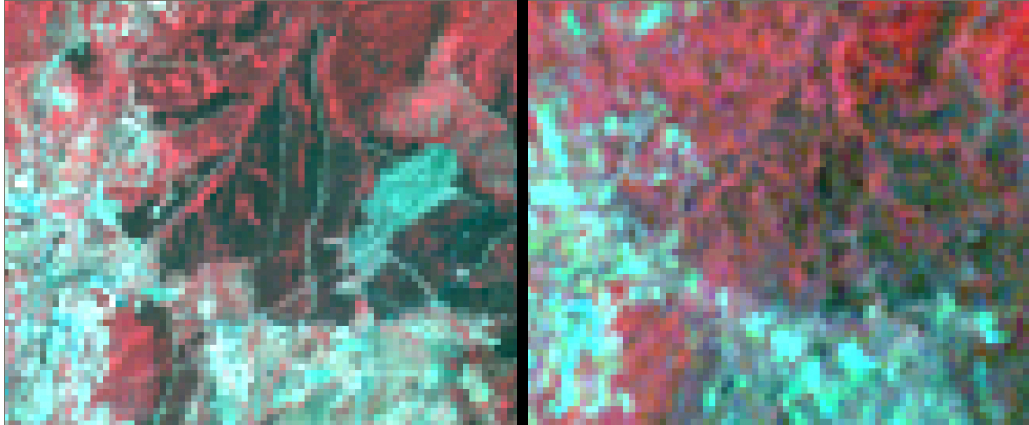
Şekil 5.12’de görülen görüntü, ETM+ görüntü verisinin 4’üncü bandının 3’üncü banta bölünmesiyle (bant4/bant3) oluşturulmuştur. Görüntüde açık tonlardaki bölgeler geniş yapraklı ormanlık alanları, gri bölgeler iğne yapraklı ormanlık alanları ve çok koyu bölgeler bitki örtüsü içermeyen alanları (su, tarla, bina vb.) göstermektedir. Bu görüntü sayesinde; bitki örtüsüne sahip alanlar ile bitki örtüsü içermeyen diğer alanlar, başka görüntülerle kıyaslanamayacak şekilde kolaylıkla gözlemlenebilir.

5.4.4 Görsel Görüntü Yorumlama ile Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Tespit Edilmesi

Çalışma alanına ait değişiklikler farklı tarihlerde alınmış görüntülerin üst üste ve yan yana getirilmesi ile izlenmiştir. Ayrıca iki görüntüye ait aynı spektral banttan bir kompozit görüntü oluşturularak da değişiklikler tespit edilmiştir. Şekil 5.13’te görülen TM görüntüsünün çözünürlüğü 28.5 metreden 57 metreye düşürülerek, ERDAS Imagine yazılımının “çekme (swipe)” özelliği ile Şekil 5.7’deki MSS görüntüsü ile üst üste bindirilerek değişiklikler tespit edilmiştir.



Şekil 5.13 25 Eylül 1987 tarihli Landsat TM 4,2,1 RGB kompoziti (57 m çözünürlüklü)



Şekil 5.14 (a)

Şekil 5.14 (b)

Şekil 5.14 TM ve MSS görüntülerinin yan yana getirilerek karşılaştırılması

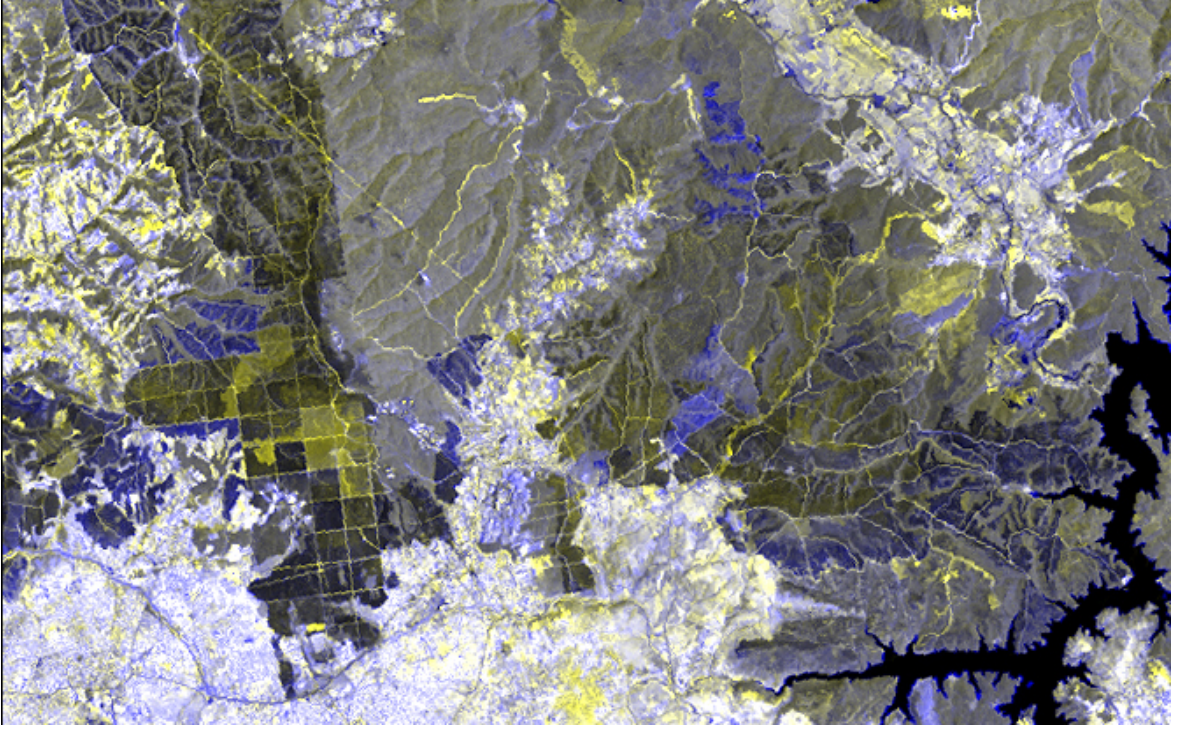
(a) 25 Eylül 1987 tarihli TM görüntüsü kesiti (57 m çözünürlüklü)

(b) 31 Mayıs 1975 tarihli MSS görüntüsü kesiti (57 m çözünürlüklü)

Şekil 5.14(a) ve Şekil 5.14(b) resimleri karşılaştırıldığında, 12 yıl içerisinde orman arazilerinin azalışı ve yeni yapılan orman yangın önleme şeritleri hemen dikkat çekmektedir.

Şekil 5.15'te TM ve ETM+ görüntü verilerinin 5'inci bantlarından oluşan kompozit görüntü görülmektedir. Bu görüntü sırasıyla kırmızı ve yeşile ETM+ 5'inci bant ve maviye TM 5'inci

bant girilerek oluşturulmuştur. Şekil 5.15'te görülen mavi ve sarı alanlar değişimin olduğu bölgeleri göstermektedir. Ömerli Barajı kıyı şeridi ve yerleşim alanlarındaki değişiklikler ve yeni yapılan orman yangın önleme şeritleri ve yollar hemen dikkat çeken değişikliklerdir.



Şekil 5.15 Çalışma alanı değişim görüntüsü (5 ETM+,5 ETM+,5 TM RGB)

5.5 Sayısal Görüntü Analizi

Sayısal görüntü analizinde kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırma; eğitim alanlarının seçilmesi ve düzenlenmesi, görüntünün sınıflandırılması ve sınıflandırmanın değerlendirilmesi işlem adımlarından oluşmaktadır. Sınıflandırılacak uydu görüntüsü olarak çalışma alanına ait detayların daha iyi ayırt edilebildiği 4,5,3 RGB kompoziti seçilmiştir.

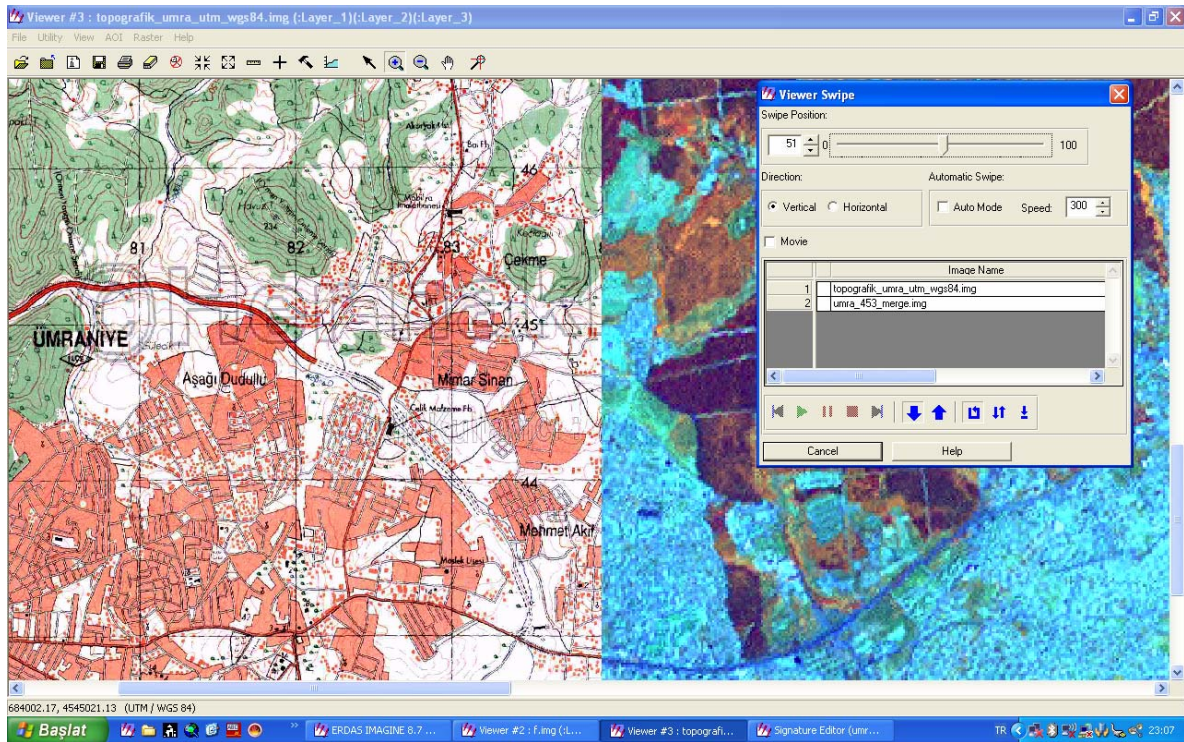
5.5.1 Eğitim Alanlarının Seçilmesi

Bu çalışmada uydu görüntüsünde incelenecek zemin ve arazi örtüsü detayları 6 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar aşağıda maddeler halinde görülmektedir.

- Geniş yapraklı ağaçlar,
- İğne yapraklı ağaçlar,
- Tarım arazisi, çimen kaplı alanlar, orman önleme şeritleri,
- Çıplak toprak alanlar, taş ocakları,

- Yerleşim yerleri,
- Su.

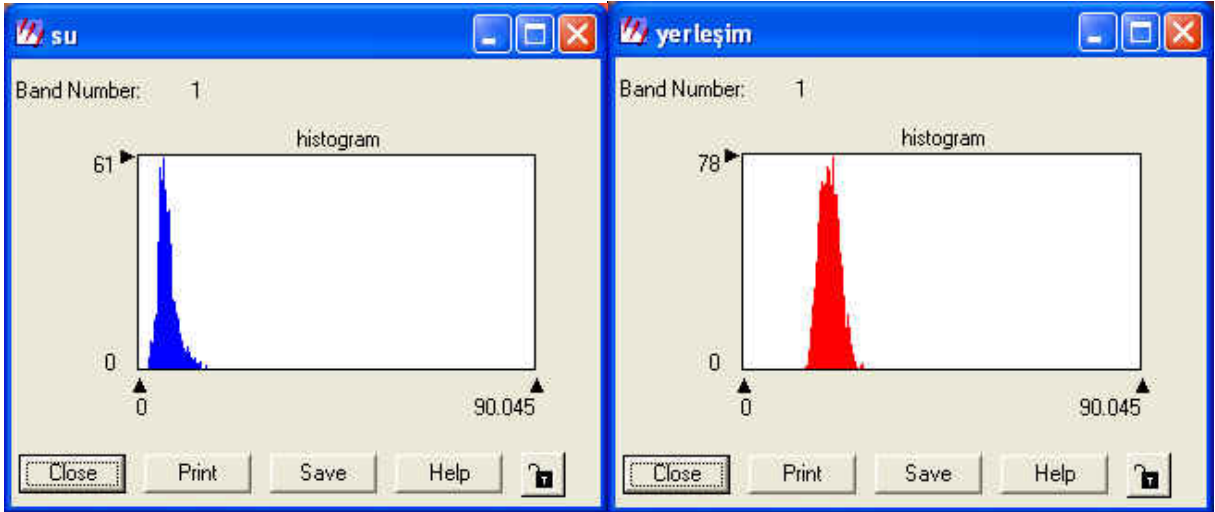
Erdas Imagine yazılımı ile bu sınıflara ait örnek pikselleri içinde barındıran eğitim alanları seçilmiştir. Eğitim alanları seçilirken çalışma bölgesine ait ortofoto harita ve sayısal orman amenajman haritaları kullanılmıştır (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4). Kendi içinde fazla değişiklik göstermeyen su sınıfı hariç olmak üzere diğer sınıflardan en az 10 eğitim alanı seçilmesine dikkat edilmiştir. Çalışma bölgesine ait sayısal topoğrafik harita ile uydu görüntüsü Erdas Imagine yazılımının “çekme(swipe)” fonksiyonu ile üst üste bindirilerek eğitim alanı seçiminde yararlanılmıştır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Eğitim alanlarının seçilmesinde sayısal topoğrafik haritanın kullanılması

5.5.2 Eğitim Alanlarının Düzenlenmesi ve Kontrolü

Bu aşamada eğitim alanları değerlendirilerek, atandığı sınıfı temsil etmeyen eğitim alanları uygulamadan çıkarılmıştır. Şekil 5.17’de “su” ve “yerleşim alanı” sınıflarına ait eğitim alanlarının histogramları görülmektedir. Her sınıfın eğitim alanlarına ait histogramlar kontrol edildikten sonra normal dağılım göstermeyen eğitim alanları atılmıştır. Ayrıca diğer bir kontrol yöntemi olan hata matrisi ile eğitim alanlarına ilişkin hata matrisi hesaplanmış ve hata matrisinde birbirlerine yüksek korelasyonu olduğu gözlenen eğitim alanları birleştirilmiştir.



Şekil 5.17 Seçilen eğitim alanlarının histogramları

5.5.3 Sınıflandırmanın Yapılması ve Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Eğitim alanları kontrol edildikten sonra sınıflandırma işlemine geçilmiştir. Bu aşamada sınıflandırma algoritması olarak en yüksek olasılık yöntemi kullanılmıştır.

Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü Şekil 5.18'de görülmektedir. Şekil 5.18'de

Pembe: Geniş yapraklı ağaçları

Bordo: İğne yapraklı ağaçları

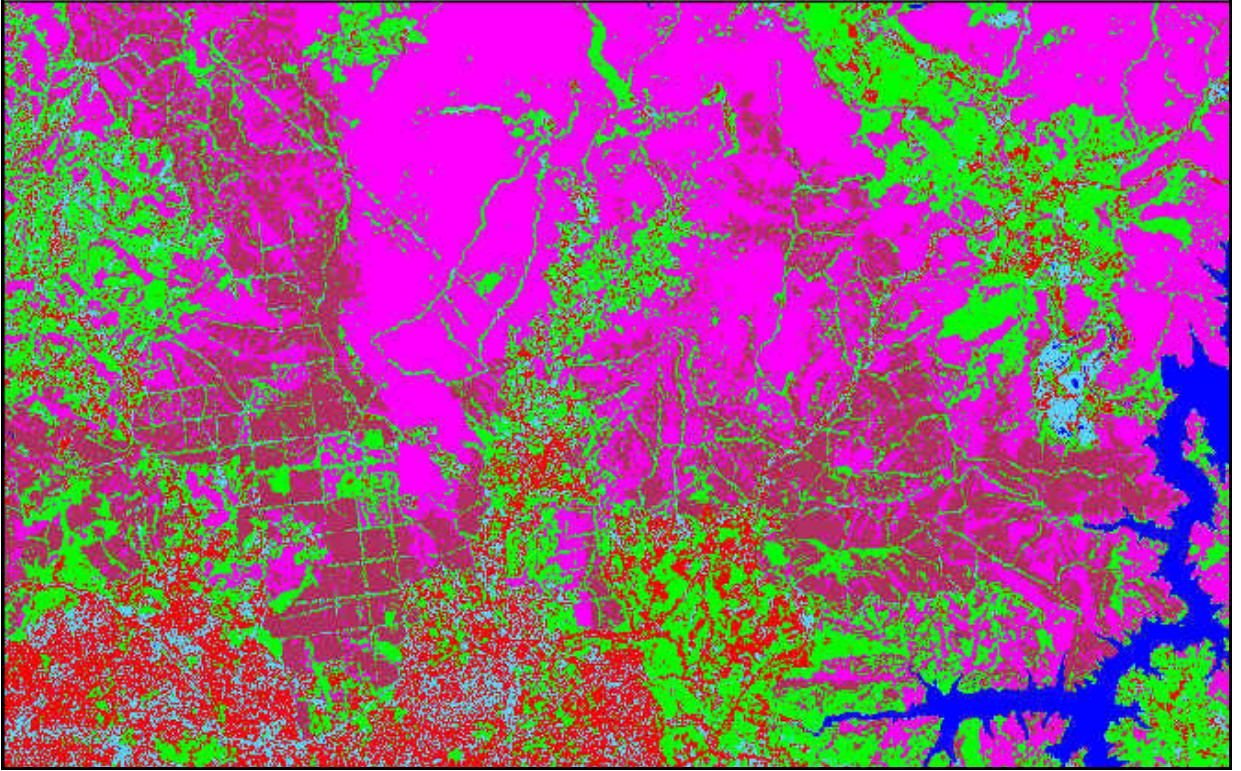
Yeşil: Çimen kaplı alanları, tarım arazilerini ve orman önleme şeritlerini

Siyan: Çıplak alanları, taş ocaklarını ve ana asfalt yolları

Kırmızı: Yerleşim alanlarını

Mavi: Ömerli Barajı'nı göstermektedir.

Sınıflandırma işleminden sonra doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizinde yazılımın görüntüde rasgele seçtiği 256 nokta kullanılmıştır. Bu noktalara karşılık gelen referans noktaları çalışma alanının ortofotosundan yararlanılarak girilmiştir. Sınıflandırma algoritmasının noktalara atadığı sınıflar ile referans olarak girilen sınıflar karşılaştırılmış ve Çizelge 5.2'de görülen hata matrisi ve Çizelge 5.3'de görülen doğruluk tablosu oluşturulmuştur. Çizelge 5.2'de tablonun ilk sütununu oluşturan sınıflara karşılık gelen değerler algoritmanın bulunduğu değerlerdir. Tablonun ilk satırını oluşturan sınıflara karşılık gelen değerler ise referans olarak girilen değerlerdir. Örnek olarak, çimen sınıfını incelersek, referans olarak girilen 62 çimen sınıfı noktasına karşılık, algoritmanın çimen sınıfı olarak bulunduğu nokta sayısı 69'dur.



Şekil 5.18 Sınıflandırma sonucu elde edilen sınıflandırılmış görüntü

Çizelge 5.2 Sınıflandırma hata matrisi

Sınıflar	Sınıflan- dırılma- mış	İğne yap.	Yerleşim	Çimen	Çıplak alan	Geniş yap.	Su	Satır toplamı
Sınıflandırıl- mamış	1	0	0	0	0	0	0	1
İğne yaprak	0	40	0	4	1	2	0	47
Yerleşim	1	0	29	2	6	0	0	38
Çimen	0	2	5	55	2	5	0	69
Çıplak alan	0	0	1	0	5	0	0	6
Geniş yaprak	1	7	0	1	0	79	0	88
Su	0	0	0	0	0	0	7	7
Sütun toplamı	3	49	35	62	14	86	7	256

Çizelge 5.3’de sınıflara ilişkin üretici ve kullanıcı doğruluk yüzdeleri verilmiştir. Sınıflandırma için genel doğruluk %84.38 olarak bulunmuştur. Üretici doğruluğu; altlık olarak referans haritayı kullanarak, sınıflandırmayı yapan analiste, her sınıfın arazideki gerçek alanının yüzde kaç doğrulukla sınıflandırıldığını belirtir. Kullanıcı doğruluğu ise altlık olarak sınıflandırılmış haritayı kullanarak, haritanın doğruluğu hakkında kullanıcıya rehberlik eder ve sınıflandırılmış görüntüdeki sınıfların yüzde kaç doğrulukla gerçek araziye karşılık geldiğini belirtir. Sınıflandırma algoritması tarafından uygulanan hata azaltma oranları olan

kapa (κ) katsayıları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Genel kapa katsayısı 0.7949 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.3 Doğruluk tablosu

Sınıflar	Referans nokta toplamları	Sınıflandırılan nokta toplamları	Doğru nokta sayısı	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu
Sınıflandırılmamış	3	1	1	-	-
İğne yaprak	49	47	40	81.63%	85.11%
Yerleşim	35	38	29	82.86%	76.32%
Çimen	62	69	55	88.71%	79.71%
Çıplak alan	14	6	5	35.71%	83.33%
Geniş yaprak	86	88	79	91.86%	89.77%
Su	7	7	7	100.00%	100.00%
Toplam	256	256	216		

Çizelge 5.4 Sınıfların kapa katsayıları

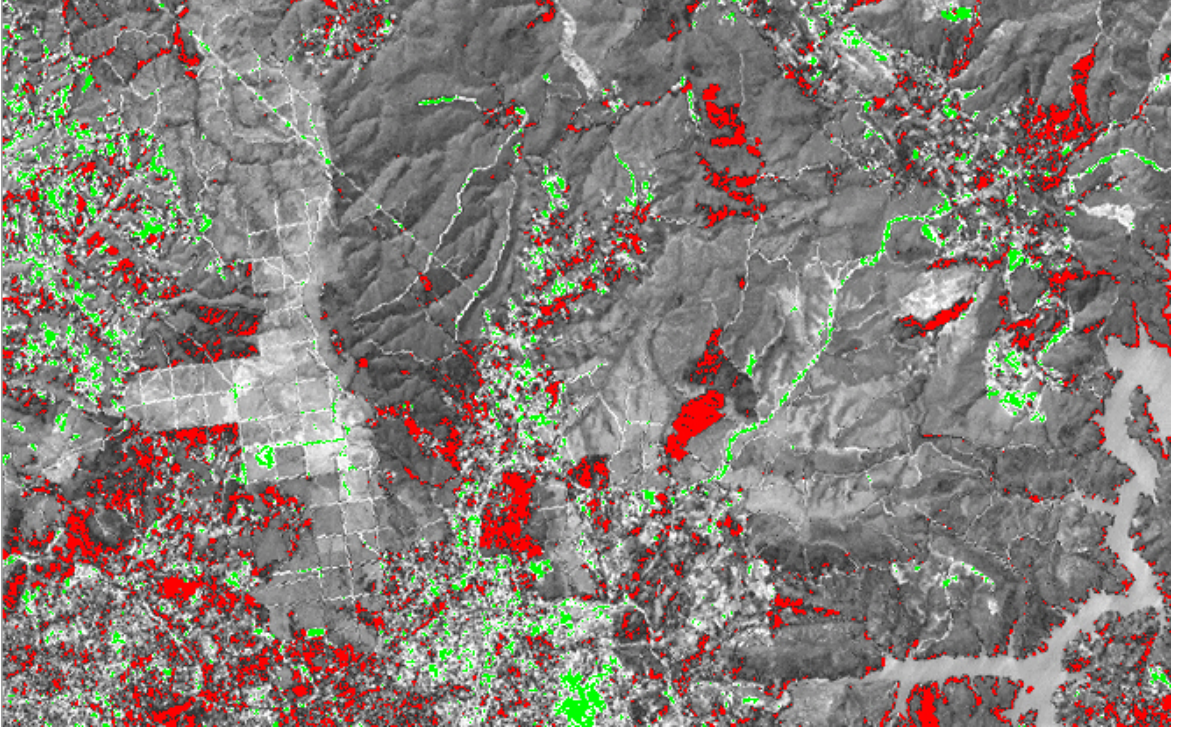
Sınıf	Kapa(κ)
Sınıflandırılmamış	1.0000
İğne yaprak	0.8158
Yerleşim	0,7256
Çimen	0,7323
Çıplak alan	0,8237
Geniş yaprak	0,8460
Su	1,0000

5.5.4 Sayısal Görüntü Analizi Yöntemi ile Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Tespit Edilmesi

Sayısal görüntü analizi ile otomatik olarak değişikliklerin izlenmesi için temel bileşen analizi kullanılmıştır. TM ve ETM+ görüntü verilerinin her birinin 6 bandı kullanılarak, Erdas Imagine yazılımı ile temel bileşen analizi yapılmıştır. Değişikliklerin tespitinde Erdas Imagine yazılımının "Change Detection,, modülü kullanılmıştır. Temel bileşen analizi sonucu oluşan iki yeni görüntü bandı bu modülde girdi olarak girilerek değişikliklerin tespitinde kullanılmıştır.

Otomatik değişiklik tespiti, farklı parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler; bir noktanın, iki farklı tarihli görüntüde sahip olduğu gri değerleri arasındaki farkın oranı olup yüzde olarak ifade edilmiştir. Bu parametrenin küçük tutulması (%5, %10 gibi), düşük doğrulukta çok detaylı değişiklik bilgisi için uygundur. Küçük yüzdeli değişimler; iki görüntünün farklı zamanlardaki atmosferik koşulları ve güneş ışınlarının yer yüzeyine değişik açılardan gelmesi gibi nedenlerden dolayı oluşabilmektedir. Yüksek oranlar (%25, %35 gibi), yüksek doğrulukta bilgiler vermesine rağmen, arazide oluşan çoğu

değişiklik tespit edilememektedir. TM ve ETM+ görüntülerinin birbirlerinden oldukça farklı tarihlerde alınmış olmaları dolayısıyla (TM Eylül ve ETM+ Temmuz aylarında), gri değerler arasındaki farklar yüksek oranlarda tutulmuştur. En uygun değerin tespit edilebilmesi için farklı değerler denenerek, sonuç olarak %20 ve %30 oranları kullanılmıştır.



Şekil 5.19 TM ve ETM+ görüntü verilerinin karşılaştırılması sonucu tespit edilen değişiklikler

Şekil 5.19'da, değişiklik olarak tespit edilen alanların çoğunlukla yerleşim alanları, yeni yapılan yollar ve yangın önleme şeritlerinden ve Ömerli barajının kıyı şeridinden oluştuğu gözlemlenmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uydu ve bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişimi ile birlikte günümüzde uydu görüntülerinin kullanımı ve uydu görüntülerini değerlendiren sayısal analiz algoritmalarının sayısı her geçen artmaktadır. Uydu görüntülerinin internet üzerinden sunumlarının ve ticaretinin yapılmakta olduğu günümüzde, uydu görüntülerinin kullanım alanları günlük hayatı da içine alacak şekilde genişlemektedir. Uydu görüntüleri ile yeryüzünü gözlemlemek, yeryüzü kaynaklarını araştırmak ve yeryüzünde meydana gelen değişiklikleri tespit etmek en hızlı ve en ekonomik yöntemdir.

Uydu görüntüleri ile arazi kullanımı ve değişikliğinin araştırılması halen yeni ve popüler bir konu olarak yer bilimleri literatüründeki güncelliğini korumaktadır. Bu tez çalışmasının amacı; uydu görüntüleri ile arazi kullanımını ve zamanla meydana gelen değişikliklerin tespit edilmesi amacıyla gütmüştür. Çalışma alanı olarak İstanbul'un Anadolu yakasında 19x12 km'lik bir bölge seçilmiştir. Bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilmesine temel teşkil eden hususlar olarak, bölgenin birçok arazi örtü tipini içermesi ve ortofotosunun olması sayılabilir. Uydu görüntüleri olarak, 1972 yılından itibaren görüntü arşivine sahip olan Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Böylece çalışma alanına ait farklı tarihlerdeki görüntüler karşılaştırılabilmiştir. Uygulama safhasında, uydu görüntüleri ile arazi kullanımı ve değişikliklerinin belirlenmesi için, uydu görüntüleri görsel görüntü yorumlama yöntemi ve sayısal görüntü yorumlama yöntemleri ile incelenmiştir. Bu iki yöntemin uygulama biçimleri ayrıntılı olarak ele alınmış fakat uygulamada iki yöntem arasında kıyaslama yapılmamıştır.

Landsat ETM+ uydu görüntüsünün konumsal çözünürlüğünün, pankromatik bantla diğer bantların birleştirilmesi sonucu 15 metreye yükseltilmesiyle, 185x185 km'lik alanı kaplayan bir bölge, yüksek detay seviyesinde gözlemlenebilmekte, arazi kullanımı ve değişiklikleri tespit edilebilmektedir. Bir Landsat uydu görüntüsünün 185x185 km'lik bir alanı kapsadığı ve dünyanın herhangi bir bölgesine ve istenen tarihe ait Landsat uydu görüntüsünün internet üzerinden kolayca satın alınabildiği dikkate alınarak, uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanımı ve değişikliğinin tespit edilmesinin, çok hızlı ve ekonomik bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma bölgesini ve ilgilendiği nesnelerin elektromanyetik spektrumdaki yansımaları hakkında yeterli bilgiye sahip olan bir analist, çok büyük alanların arazi örtüsünü yüksek bir doğrulukla ve uydu görüntüsünün olanak tanıdığı detay seviyesinde kısa bir zaman içerisinde belirleyebilir. Uygulama neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Siyah-beyaz görüntülerde, görsel görüntü yorumlama yöntemi kullanılarak; su-kara sınırının çizilmesi ve bitki örtüsüne sahip alanların belirlenmesi gibi genel hedefli çalışmalarda hızlı ve etkili sonuçlara ulaşılmıştır.
- Görsel görüntü yorumlama yöntemi ile uygun bant kombinasyonlarının oluşturduğu kompozit görüntüler kullanılarak, arazi örtüsünü oluşturan detaylar hızlı bir şekilde tespit edilmiştir. Yerleşim alanları, ormanlar, su kütleleri, tarım alanları, ana asfalt yollar, yangın önleme şeritleri ve çıplak alanlar görsel yorumlama ile kolaylıkla gözlemlenmiştir. Uygun bant kombinasyonlarında, geniş yapraklı ağaçlar ile iğne yapraklı ağaçlar çok açık olarak birbirlerinden ayırt edilebilmektedir.
- Temel bileşen analizi ile elde edilen bantlarla oluşturulan kompozit görüntülerde, görsel görüntü yorumlama yöntemi kullanarak, detayların normal kompozit görüntülere oranla daha kolay tanımlanabilir olduğu gözlemlenmiştir. Görüntü verisine ait bantların spektral özellikleri dikkate alınarak, birbirlerine bölünerek oluşturulan siyah-beyaz veya kompozit görüntülerin özel amaçlar için kullanılabileceği değerlendirilmektedir.
- Görsel görüntü yorumlama yöntemi ile arazide meydana gelen değişiklikleri tespit etmek amacıyla görüntülerin yan yana veya üst üste getirilmesinin küçük alanlarda kolay, hızlı ve güvenilir bir yöntem olduğu, fakat büyük alanlarda zaman alıcı ve sıkıcı bir işlem olacağı değerlendirilmektedir. Değişikliklerin tespit edilmesinde kullanılan diğer bir yöntem olarak, iki görüntü verisine ait iki banttan oluşturulan görüntü ile değişikliklerin tespiti bir önceki yöntemin aksine olarak büyük alanlarda hız ve kolaylık sağlayacağı fakat güvenilirliğinin daha az olacağı değerlendirilmektedir.
- Sayısal görüntü analizinde kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemi sonucunda oluşan tematik harita, yaklaşık %85 doğrulukla oluşturulmuştur. Bu doğruluk oranı tematik haritanın güvenle kullanılması için yeterlidir(Campbell, 1996). Bu doğruluk oranının detay düzeyinin artması ile birlikte düşeceği unutulmamalıdır. Uygulama sırasında, kontrollü sınıflandırmanın bu doğrulukla üretilmesi için gereken sürenin, görsel yorumlama yöntemine oranla çok fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sayısal analiz yönteminin küçük alanlara oranla büyük alanlarda uygulanmasının daha ekonomik ve akılcı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.
- Sayısal görüntü analizi ile değişikliklerin tespit edilmesi amacıyla yapılan uygulamada, gri değerler arasındaki farkın oranı analistin isteğine bağlı olarak değiştirilebildiği için, değişikliklerin doğruluk ve detay seviyeleri istenen düzeylerde tespit edilebilmektedir. Bu

anlamda bu yöntemin görsel uygulamada yapılan değişiklik tespitinden daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ayhan, E., Karşlı, F. ve Tunç, E., (2003), “Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz, Harita Dergisi”, 130:32-46.
- Buiten, J.H. ve Clevers, G.P.W.J., (2000), “Land Observatory by Remote Sensing: Theory and Applications”, Gordon and Breach Science Publishers.
- Campbell, B.J., (1996), “Introduction to Remote Sensing”, Taylor and Francis, London.
- Erdas Imagine 8.7 FieldGuide, (2003).
- Hord, R.M., (1986), “Remote Sensing Methods and Applications”, John Wiley & Sons, New York.
- Jensen, R.J., (2000), “Remote Sensing of The Environment: An Earth Resource Perspective”, Prentice Hall, New Jersey.
- Jensen, R.J., (2005), “Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective”, Prentice Hall, New Jersey.
- Jia, X. ve Richards, A.J., (1999), “Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Liang, S., (2004), “Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces”, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R.W., (2000): “Remote Sensing and Image Interpretation”, John Wiley & Sons, New York.
- Lo, P.C., (1991), “Applied Remote Sensing”, Longman Scientific & Technical, New York.
- Lush, P.D., (1999), “Introduction to Environmental Remote Sensing”, Center For Remote Sensing and GIS, Michigan State University.
- Önder, M., (1999), “Uzaktan Algılama Ders Kitabı”, Kara Harp Okulu Yayınları, Ankara.
- Richards, J.A., (1995), Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Springer Verlag.
- Schott, R.J., (1997), “Remote Sensing: The Image Chain Approach”, Oxford University Press, New York.
- Schowengerdt, A.R., (1997), “Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing”, Academic Press, MA.
- Türker, M., (1999), “Uzaktan Algılama Görüntülerinin Sınıflandırılması İşleminde Yardımcı Verilerin Kullanılması Teknikleri, Harita Dergisi”, 122:1-10.
- Vincent, K.R., (1997), “Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing”, Prentice Hall, New Jersey.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] http://cbc.rs-gis.amnh.org/remote_sensing/guides/image_interp/methods.pdf
- [2] <http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriales/rsnote/cp7/t7-5-1.gif>
- [3] <http://geo.arc.nasa.gov/esdstaff/landsat/lpsun.html>
- [4] <http://www.landsat7.usgs.gov>
- [5] <http://glcf.umiacs.umd.edu/esdi2-help/dataFormats.html>

[6] [rsclass.gis.umn.edu/documents/ 11-PhotoInterpretation-2.pdf](https://rsclass.gis.umn.edu/documents/11-PhotoInterpretation-2.pdf)

[7] <http://www.spatial.maine.edu/~snoox/sie433/Lab5.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	08.03.1979	
Doğum Yeri	Orta/Çankırı	
Lise	1992–1996	Kuleli Askeri Lisesi
Lisans	1996–2000	Kara Harp Okulu Sistem Mühendisliği
	2000-2002	Harita Yüksek Teknik Okulu Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar

	2002-2006	HGK.lığı As.Coğ.D.Bşk.lığı Veri Toplama Ş.Md.lüğü
--	-----------	---