

**T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AÇIK MADEN İŞLETMELERİNDE MADEN
YATAKLARI ÜZERİNDEKİ DEĞİŞMELERİN
MULTİ-TEMPORAL LANDSAT TM
GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK İZLENMESİ**

**Müfit Çetin
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİMDALİ**

**GEBZE
2001**

ÖZET

Son yirmi yıldır, iletişim ve bilgisayar teknolojisinin hızlı büyümesi ile birlikte uzay biliminin bir parçası olan uzaktan algılama sistemi yeryüzünü gözlemleme imkanı sunmuştur. Uzaktan algılama ile yeryüzü haritasını yapmak modern uydu teknolojisinin en önemli uygulamalarından biridir. Çevre planlaması, doğal kaynakların yönetilmesi, toprak düzenlemesi, sivil mühendislik ve doğal felaketlerden korunma gibi çok bir uygulama alanı uzaktan algılama sisteminden yararlanmaya devam edecektir.

Orman ürünlerinin tüketilmesi, hava kirliliği, orman yangınları, ormanların tarıma açılması, açık maden ocakları gibi insan etkinlikleri son yıllarda hızla orman alanlarının azalmasına neden olmaktadır.

Açık maden ocaklarının çevre üzerindeki etkisi inkar edilemez. Açık maden ocakları büyük miktarda bitki örtüsünü, toprağı ve kayaları yerle bir etmektedir. Yer altı toprağının yeryüzüne çıkartılması çevrede fiziksel ve kimyasal değişikliklere yol açmaktadır. Yeryüzünde bitki örtüsünün azalması toprak erozyonu riskini de artırmaktadır.

Bu çalışmanın amacı yeryüzü kullanımında meydana gelen değişiklikleri uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılarak tespit edilmesidir. Yeryüzü üzerinde açık maden ocakları açılması çevreyi korumada karşılaşılan büyük problemlerden birisidir. Açık maden ocaklarının ölçeğı çevrenin değişmesine sebep olacak kadar tehlikeli bir seviyeye ulaşmıştır.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Bu tezin ikinci bölümünde elektromanyetik enerji ve elektromanyetik enerjinin atmosfer ile olan etkileşiminden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde ise dijital veri yapıları ve uzaktan algılama görüntüleri tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde ise görüntü zenginleştirme, rektifikasyon ve sınıflandırma konularını içeren görüntü işleme teknikleri anlatılmıştır. Uygulama kısmında ise 1989 ve 1999 uzaktan algılama verileri kullanılarak Soma'daki açık maden ocaklarındaki arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler değerlendirilmiştir. Havzadaki arazi kullanım değişikliklerinin analiz sonuçlarından ilki, yüksek geometrik ve tematik doğrulukla elde edilen Landsat TM

sınıflandırma sonuçları arazi kullanımındaki değışikliklerin tespit edilmesinde etkili şekilde kullanılabileceğidir. İkincisi, 1989 ve 1999 datalarının karşılaştırılması ile Soma Havzası'ndaki açık ocak alanlarında yüzde yüzden fazla artış görülmüştür.

SUMMARY

In the last two decades, space science with the rapid growing of computer and communication technologies, Remote Sensing System, is a part of the space technology, is providing to observe the earth. The mapping of land cover by remote sensing is potentially one of the most important applications of modern satellite sensor technology. A wide field of practical applications in environmental planning, natural resources management, landscape design, civil engineering, natural hazard protection etc. will continue to benefit from remote sensing system.

Human activities either by over consuming of the forest products, or negative effects on the forest ecosystems by air pollution, forest fire, agricultural land open, open mining or any other kinds of forest destruction reduce the forest areas with an increasing trend in recent years. Human factors also effective in this phenomena.

The impact of surface mining on the natural environment is undeniable. Surface mining techniques devastate large areas of surface and dislocate large amounts of soil and rock. The exposure of the subsurface soils to a surface environment leads to physical and chemical changes. The lack of vegetation increases the potential for erosion of soils from surface mines.

The aim of the study was to determine land use changes in area using with remote sensing and GIS (Geographic Information Systems) data. Pressure of land for open mining use is one of the big problems to protect the environment. The scale of surface coal mining has increased to a level where it can have a significant effect on the alteration of environmental systems.

The study consists of the sixth main sections. In the first part of this thesis, general information about the aim of the study. In the second part of this thesis electromagnetic energy and the atmospheric effects to this energy have been explained. In the third part, the

digital data structures and the remote sensing images have been described. In the fourth part, the image processing techniques including the image enhancement, the rectification and the classification have been explained. In the application part of this study, land use change in Soma Open Mining areas has been evaluated using Remote Sensing data for 1989 and 1999. According to the results, it has been seen that increases of the open mining areas in Soma basin. The first of the results of the analysing land-use change in basin , the classification results of remote sensing data obtained in this project have shown that the Landsat TM data which was resulted with high geometric and high thematic correction can be effectively used for measuring land-use change. Second, from the comparison between remote sensing data of 1989 and 1999, it has been seen that increases of the open mining areas more than a hundred percent in the Soma basin .

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIII

1.GİRİŞ	1
2.ELEKTROMANYETİK İŞİNİM	4
2.1.Giriş	4
2.2.Elektromanyetik Spektrum	4
2.3.Elektromanyetik Spektrumun Başlıca Bölümleri	5
2.4 Elektromanyetik Enerjinin Etkileşimi	7
2.4.1.Atmosfer İle Etkileşimler	7
2.4.2.Atmosferik Pencereleler	10
2.4.3.Yüzeylelele Olan Etkileşimler	11
3. ELEKTROMANYETİK VERİ	12
3.1. Dijital Görüntü ve Veri	12
3.2. Veri Formatı	15
3.3. Uydu Sistemlelele	18
4.SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ	24
4.1.Giriş	24
4.2.Görsel Yorumlamamının Elemanları	25
4.3.Dijital Görüntü İşleme	26
4.3.1. Önışleme	28
4.3.2. Görüntü Zenginleşirme	34
4.3.3. Görüntü Transformasyonları	36
4.3.4.Görüntü Sınıflandırma Ve Analizi	38
4.3.4.1. Kontrollü Sınıflandırma	38

4.3.4.1.1. Eğitim Alanlarının Belirlenmesi	38
4.3.4.1.2. Kontrollü Sınıflandırma Yöntemleri	39
4.3.4.1.2.1.Parallel Kenar Yöntemi	39
4.3.4.1.2.2.En Kısa Uzaklık Yöntemi	40
4.3.4.1.2.3.En Çok Benzerlik Yöntemi	41
4.3.4.1.2.4 Mahalanobis Uzaklık	45
4.3.4.2 Kontrolsüz Sınıflandırma	46
4.3.4.3. Kontrollü Ve Kontrolsüz Sınıflandırmanın Karşılaştırılması	48
4.3.4.4 Sınıflandırma Doğruluk Analizi	48
4.4. Veri Entegrasyonu	51
5. UYGULAMA	52
5.1.Uygulama Konusu Ve Amacı	52
5.2.Uygulama Alanının Tanıtımı	52
5.3.Uygulama Alanındaki Açık Ocak İşletmeleri ve Üretim Yöntemleri	55
5.4.Uygulamada Kullanılan Veriler	
5.4.1. Haritalar	57
5.4.2.Arazi Çalışması	57
5.4.3.Kullanılan Donanım , Yazılım Ve Uydu Verileri	57
5.5.Uygulama Aşamaları	58
5.5.1.Yer Kontrol Noktalarının Seçimi ve Geometrik Düzeltme	58
5.5.2.Yeniden Örnekleme	64
5.5.3.Dijital Arazi Modeli Ve Eğim Haritası Oluşturulması	64
5.5.4. Bitki İndeksi	67
5.5.5. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması	70
5.5.5.1.Kontrolsüz Sınıflandırma	70
5.5.5.2.Kontrolsüz Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Tematik Harita Bilgilerinin Yerinde Tespiti Çalışmaları	79
5.5.5.3.Kontrollü Sınıflandırma Öncesi Eğitim Alanlarının Belirlenmesi	83
5.5.5.4.Kontrollü Sınıflandırma Çalışması	83
5.5.5.4.1.Eynez Açık Ocağının Sınıflandırma Çalışması	85

5.5.5.4.2.İşıklar Açık Ocağının Sınıflandırma Çalışması	91
5.5.5.5.Sınıflandırma Sonuçlarının Doğruluk Değerlendirmesi	96
5.5.5.6.Uzaktan Algılama Verilerinin Cbs Ortamına Aktarılması	99
6.SONUÇ	102

1.GİRİŞ

Çevremizde meydana gelen değişiklikler, insanoğlunun ilgisinin geçmişten günümüze kadar, çevresel doğa olaylarının izlenilmesi üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu çevresel değişiklikler nüfus artışı ile paralel artan bir potansiyel ve çeşitlilik arz etmektedir.

Küresel anlamda çevresel değişim büyük bir ulusal ve uluslararası politik sorun haline gelmiştir. Değişim sadece yerel alanda değil aynı zamanda kaynaklardan uzak olan ekosistemide etkilemektedir.

Uzaktan algılama verileri belirli bir zamana ait arazi kullanımını veya arazi örtüsünü ve farklı zamanlar arasındaki yeryüzü değişikliklerini değerlendirmek için kullanılmakta olup uzaktan algılama lokal, bölgesel ve global arazi değişikliklerine mantıklı yaklaşımlarda bulunmaktadır (Dai X.Long, 99 , s.1187).

Arazi kullanımını izlemek ve bunlarla ilgili politikalar geliştirmek çevresel koruma için stratejik kararlar üretilmesinde yardımcı olmaktadır. Uzaktan algılama teknolojilerinin ürünü olan uydu görüntü verilerinin farklı bant kombinasyonlarında bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi arazinin topoğrafik yapısı hakkında detaylı bilgi edinilmesini sağlamaktadır.

Uzaktan algılama teknolojilerinin ilk uygulamalarından birini doğal çevredeki değişimin izlenmesi oluşturmuştur. Bu amaçla kapsamlı olarak açık maden ocaklarının doğal çevreye etkisi yıllardır izlenilmekte ve araştırılmaktadır. Açık maden ocaklarının gerek çevreye verdiği tahribat, gerekse bu alanların yeniden ağaçlandırma veya bitki örtüsüne kavuşturulması çalışmaları uzaktan algılama teknolojileri veya yöntemleri ile kolayca izlenebilmektedir.

Basit anlamda açık maden ocağı işletimi, üstteki toprak yüzeyinin kaldırılarak alttaki maden cevherinin çıkartılmasıdır. Açık maden ocakları, yeraltı maden ocaklarına göre işletim açısından daha avantajlıdır. Çalışma ortamlarının daha

güvenli ve elverişli olması, üretimde maksimum verimliliğe ulaşılması ve ucuz olması açısından, açık maden ocakları işletmeciliğini cazip kılmaktadır. Bu tür işletmelere daha çok nüfus artış oranı yüksek, gelişmekte olan ülkelerde rastlanılmaktadır. Elektrik ihtiyacının yüksek olduğu ülkemizde de açık maden ocak işletmeleri yaygın olarak görülmektedir.

Açık maden ocaklarının çevresel sistem üzerinde derin bir etkisinin olduğu ve doğada kalıcı izler bıraktığı bir gerçektir. Yeryüzü üzerinde büyük arazi parçalarının kazılıp metaryeller çıkarılıp geriye kalan artığın kazı alanından daha önce çalışılan kazı alanlarına yığılması çevrede büyük bir etki oluşturmakta, ormanlık ve tarım alanlarının tahribatına veya yok olmalarına neden olmaktadır. Açık maden ocakları arazi yüzeyinin tüm elementlerini etkilemektedir. Bu elementlerden en önemlilerinden olan toprak, maden ocaklarındaki kazı ve hafriyatlarda önemli derecede etkilenmektedir. Daha önce yüzey alt katmanlarında olan toprak üstte, üst katmanlarda olan toprak alta gelmek suretiyle yeni bir fiziksel ve kimyasal yapıya kavuşmaktadır. Açık maden ocaklarının çevreye etkisinin net bir şekilde görüldüğü bir diğer husus da arazi yüzeyindeki bitki örtüsünün yok olmasıdır. Bu tür işletmelerin bulunduğu yer ve civarındaki bitki örtüsü tamamen yok olmakta ve toprak yeni bir bitki örtüsü oluşumu için önceki durumdan çok farklı hale gelmektedir. Tahrip olan arazinin tekrar bitki örtüsüne kavuşması ise yıllar almaktadır. Yeryüzü ve yer altı suyu sistemlerinin açık maden ocağı çalışmalarından çok ters bir şekilde etkilendiği de bilinmektedir.

Toprak yüzeyindeki değişimler topraktaki besleyici ve organik maddeler bakımından toprağın yetersiz hale gelmesine ve su geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır. Toprağın hafriyat sırasında alt üst yapılması, besin bakımından zengin olan kısmın altta kalmasına sebep olmakta yüzeyde kalan kısım ise kalsiyum, magnezyum, demir, çinko bakımından daha zengin hale gelmektedir. Yeni toprak yüzeyi genelde nitrojen, potasyum ve fosfor gibi besin elementlerinden yoksundur. Topraktaki besinlerin eksikliği, zehir bileşenlerinin olması, erozyon vb. sebeplerden dolayı yeni toprak yüzeyine tekrar bitki örtüsü kazandırmak doğal ortamdan çok daha zor olmaktadır.

Bu çalışmada Soma Havzası'ndaki Eynez ve Işıklar açık ocaklarına ait 1989 ve 1999 Landsat TM görüntüleri ile arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Bunun için genelde uzaktan algılamada kullanılan uydu görüntüsüne ait spektral değerlerde eşik değeri belirleme yöntemi ile çok zamanlı görüntüleri karşılaştırma yöntemi ve görüntü sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Açık maden ocaklarında maden cevherlerinin tümüyle çıkarılmasından sonra genellikle başlatılan kazı alanlarının restorasyonunda yeniden bitki örtüsü kazandırılması önemli bir adımdır. Kazı yapılan alan ve civarındaki toprağın erozyona uğramasını önlemek ve doğal estetiği sağlamak açısından da bu tür çalışmalar gereklidir. Başarılı bir bitki örtüsü oluşturulması organik maddelerin eklenmesi, iklimsel durum gibi faktörlere bağlı olmakla birlikte söz konusu çalışmanın izlenerek gerekli tedbirlerin alınması başarının daha kısa bir sürede ve başarıyla tamamlanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

2.ELEKTROMANYETİK IŞINIM

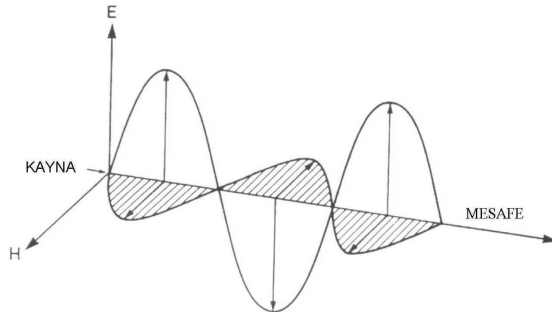
2.1.Giriş

Bütün objeler elektromanyetik ışınım yayarlar. Aynı zamanda bazı objeler diğer objeler tarafından yayılan elektromanyetik ışınımı yansıtırlar. Elektromanyetik ışınımın günümüzde sıkça karşılaştığımız şekli elektromanyetik spektrumun küçük bir parçası olan görünen ışıktır.

2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik enerji ayrı ayrı mekanizmalardan oluşmaktadır. Bunlar elektronların enerji düzeylerindeki değişimler, elektriksel ivme , radyo aktif maddelerdeki bozulma , atom ve moleküllerin termik hareketleridir. Elektromanyetik ışınım yeryüzüne ulaşırken öncelikle atmosferden geçer. Yeryüzüne ulaşan ışınımın bir bölümü geriye yansır. Güneş ışınımının bir bölümü yeryüzü tarafından yutulur ve termal enerji olarak yayılır.

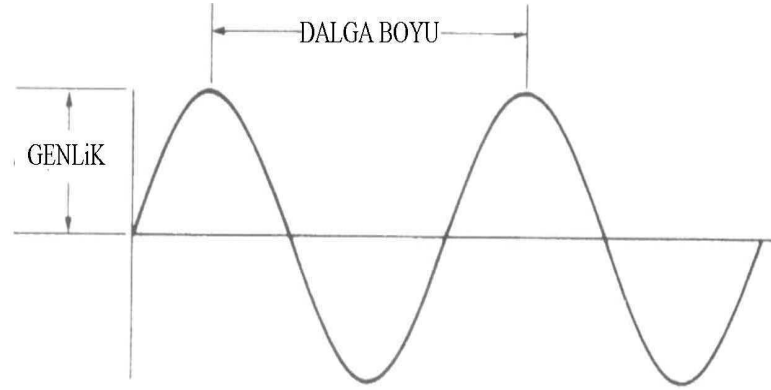
Elektromanyetik ışınım iki bileşenden oluşur. Bunlardan ilki elektriksel alan, diğeri de magnetik alandır. Elektriksel alan ışınım yönüne dik olarak, magnetik alanda elektriksel alana 90 derece dik yönlendirilmiş olarak değişir (Şekil.2.1).



Şekil 2.1. Elektromanyetik Işınımın Elektrik (E) Ve Magnetik (H) Bileşenleri

Elektromanyetik enerjiyi üç özellik gösterir (Şekil 2.2). Bunlar:

- 1.İki elektromanyetik dalga tepesi arasındaki mesafeye karşılık gelen dalga boyudur (λ).
- 2.Sabit bir noktadan belirli bir periyotta geçen elektromanyetik dalga tepesi sayısına karşılık gelen frekansıdır (f).
3. Elektromanyetik dalga tepesinin yüksekliğine eşit olan genliktir.



Şekil 2.2 Dalga Boyu Ve Genlik

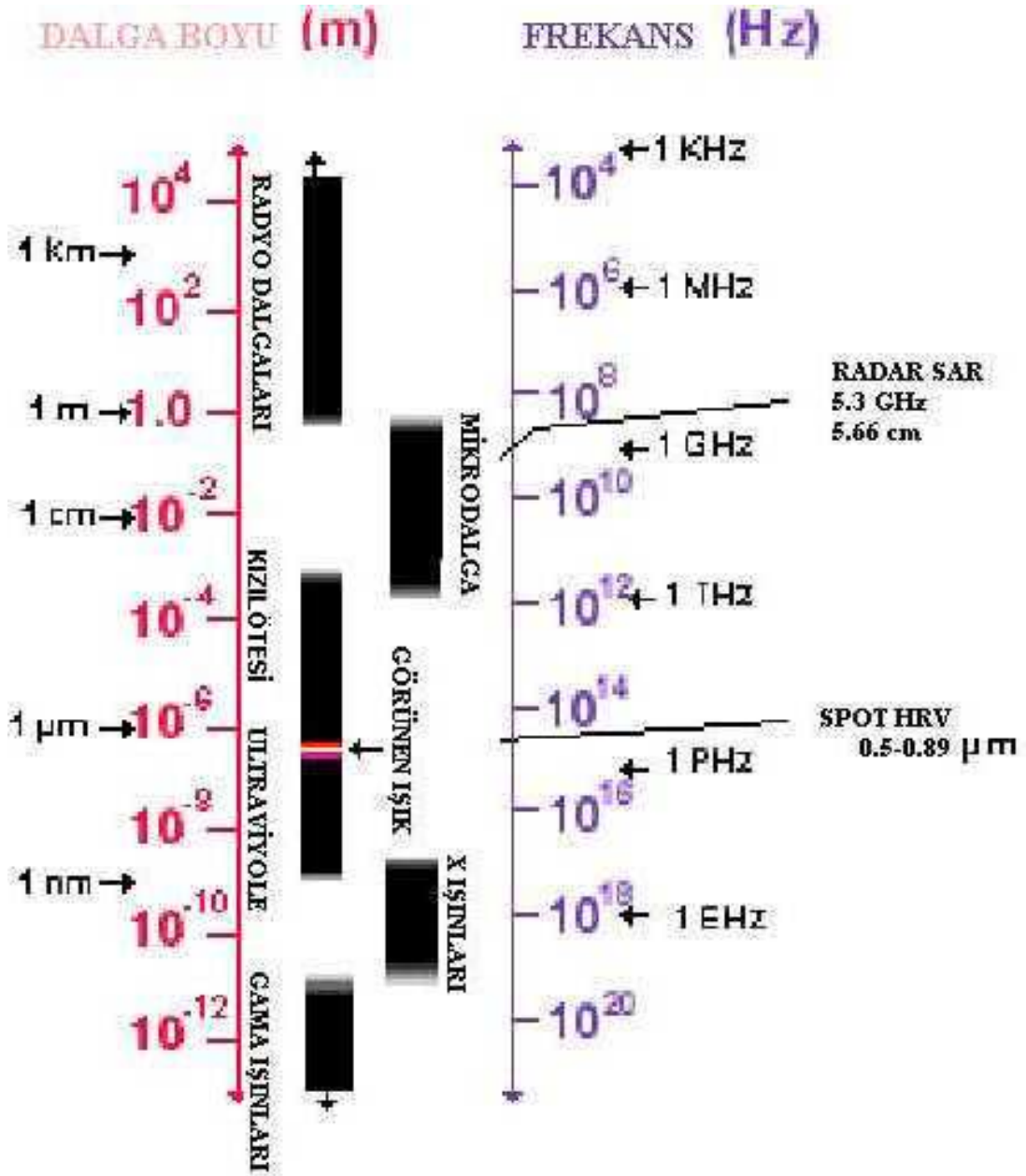
Elektromanyetik enerjinin hızı (c) 299893 km/sn 'dir. Frekans (f) ve dalga boyu (λ) şöyle ilişkilendirilmiştir.

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

Elektromanyetik enerjinin karakteristik özelliği frekans ve dalga boyuna göre belirlenir. Uzaktan algılama uygulamalarındaki elektromanyetik spektrum alanlarını belirleyen dalga boyu uzunlukları mikrometre (μm) , milimetre (mm) ve metre olarak gösterilir. Diğer taraftan, mikro dalga ışınlama ilgili elektromanyetik spektrum bölümleri ise frekans cinsinden verilmektedir.

2.3.Elektromanyetik Spektrumun Başlıca Bölümleri

Elektromanyetik spektrumun başlıca bölümleri Şekil 2.3'de gösterilmektedir. Spektrumdaki bölümler arasındaki kesin bir sınır yoktur.



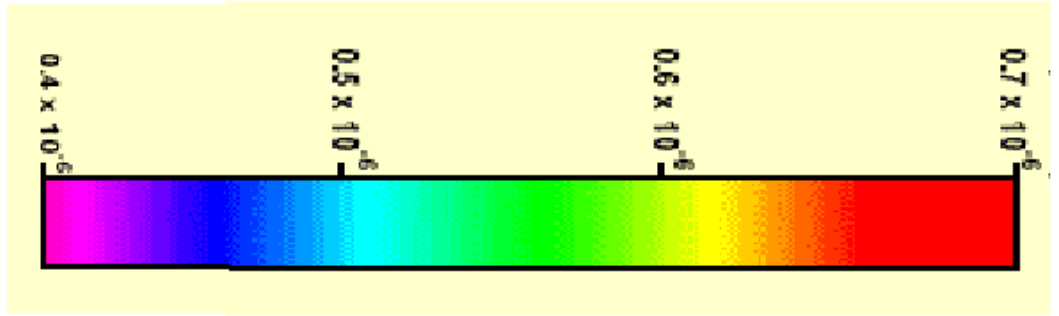
Şekil 2.3 Elektromanyetik Spektrumun Başlıca Bölümleri

Görünür ışıktan ($0.4 \mu\text{m}$ 'den daha az) daha küçük dalga boyuna sahip ışınlar elektromanyetik spektrumda gama ışınları, X ışınları ve ultraviyole ışınım olmak üzere üç spektral alana ayrılmıştır. Genelde çok fazla saçılma, yutulma gibi atmosferik etkilere maruz kaldıklarından dolayı bunlardan hiçbirini uzaktan algılamada kullanılmaktadır (Mather, 1995, s.9). Görünür ışık yaklaşık olarak $0.4 \mu\text{m} - 0.7 \mu\text{m}$ dalga boyları arasındaki bölgeyi (Şekil 2.4), kızılötesi ışık ise yaklaşık olarak $0.7 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ dalga boyları arasındaki bölgeyi kapsar ve görünen ışığa göre çok daha geniş bir spektruma sahiptir. Kızılötesi spektrum kendi içinde ışınım

özelliğine göre yansıyan infrared ve termal infrared olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Yansıyan infrared bölgesindeki ışıınım görünen spektrumdaki gibi aynı şekilde uzaktan algılama teknolojisinde kullanılabilir. Yansıyan infrared spektrum aralığı $0.7 \mu m - 3.0 \mu m$ arasını kapsar. Termal infrared ise görünür ışık ve yansıyan infrared bölümünden daha farklıdır. Termal infrared spektrum yeryüzü tarafından ısı formunda yayılır ve spektrum aralığı $3.0 \mu m - 100 \mu m$ 'dir. Uzaktan algılamada kullanılan diğer bir spektrum aralığı ise mikrodalga ışıınım bölgesidir. Mikrodalga ışıınım $1 mm$ ile $1 m$ arasında değişen daha büyük dalga boyuna sahiptir.

GÖRÜNÜR IŞIK

DALGA BOYU (METRE)



Şekil 2.4 Görünür Işık

2.4 Elektromanyetik Enerjinin Etkileşimi

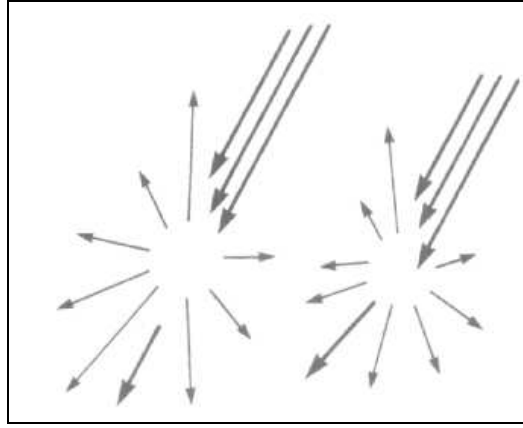
2.4.1. Atmosfer ile Etkileşimler

Uzaktan algılamada kullanılan ışıınım yeryüzü atmosferinden geçmek zorundadır. Eğer algılayıcı düşük irtifada giden bir hava aracı tarafından taşınıyorsa görüntü kalitesindeki atmosfer etkisi göz ardı edilebilir. Diğer yandan uydulardaki algılayıcılara ulaşan enerji yeryüzü atmosferini de geçmek zorundadır. Bu şartlar altında atmosferik etkiler görüntü kalitesinde önemli bir etkidir. Bu nedenle pratikte elektromanyetik enerji ile atmosfer arasındaki etkileşim konusunun bilinmesi gerekir.

Şehirlerde tozlu dumanlı veya sisli havanın görüşü ne kadar etkilediği bilinmektedir. Açık ve güneşli bir havada da atmosfer etkisinde görüş üzerindeki etkisi çok büyüktür. Fakat bu husus fark edilememektedir. Güneş enerjisi yeryüzü atmosferinden geçerken bir takım fiziksel değişimlere uğrar(Cambell, 1996, s.30). Bunlar saçılma , yutulma ve kırılma olarak sıralanabilir.

- **Saçılma**

Saçılma; atmosferdeki büyük moleküllü gazların veya parçacıkların etkisiyle elektromanyetik enerjinin yön değiştirmesidir (Şekil 2.5) .



Şekil 2.5 Saçılma

İyi bir detaya sahip görüntü verisi atmosfer nedeniyle meydana gelen atmosferik saçılmadan dolayı anlaşılması güç hale gelmektedir. Sonuç olarak, kentsel alanlardaki uygulamalarda olduğu gibi algılayıcı çözünürlüğünün ön plana çıktığı durumlarda atmosferik düzeltmeler önem kazanmaktadır (Richards, 1993, s.43).

Saçılmanın miktarı parçacıkların büyüklüğüne , çokluğuna , ışınının dalga boyuna , enerjinin yolladığı atmosferin uzunluğuna bağlıdır. Saçılmanın etkisi gelen ışın demetinin bir kısmının uzaya doğru bir kısmının da yeryüzüne doğru yön değiştirmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Dalga boyları küçüldükçe saçılma oranı yükselir. Örneğin; görünür spektrumda mavi ışık kırmızıya göre dört kat daha fazla saçılmaya maruz kalır. Saçılma en çok atmosferin yeryüzünden 9-10 km üzerinde gerçekleşir. Gözlemlenen parlaklığın elemanları Şekil 2.6 daki gibi ifade edilebilir.

Burada görünen ve kızılötesi spektrum bölgesindeki ışığın davranışı ifade edilmektedir.

- **Yutulma:**

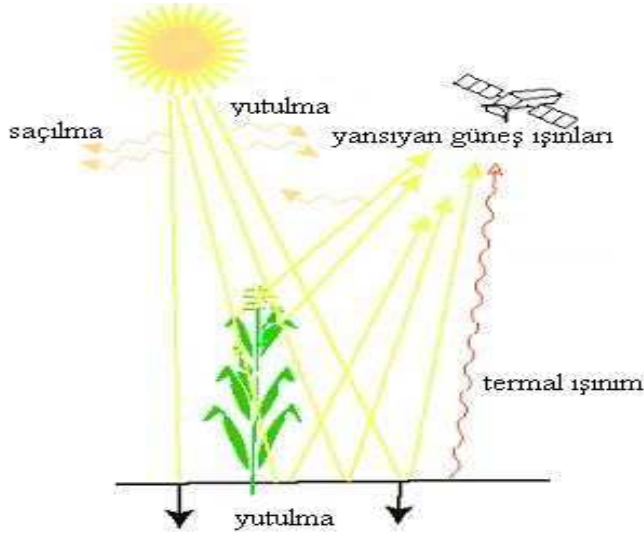
Yutulma; elektromanyetik ışınının atmosferden geçmesi sırasında meydana gelir. Atmosferdeki yutulmanın büyük çoğunluğu atmosferin değişik katmanlarında yer alan üç çeşit gaz tarafından yapılır. Bunlardan ilki olan Ozon, atmosferde yeryüzünden 20-30 kilometre uzaklıkta bulunur. Yutulma, oksijenin yüksek enerjili ultraviyole ışınlarla etkileşiminden meydana gelir. Yüksek enerjili ışınların ozon tarafından yutulmasıyla zararlı ışınların yeryüzüne ulaşması engellenmiş olur.

Karbondioksit, atmosferde düşük bir konsantrasyonda yeryüzüne yakın bölgede bulunur. Karbondioksit gazının oluşmasının başlıca sebepleri doğa olayları ve insandır. Özellikle son yüzyılda atmosferdeki yoğunluğu gittikçe artan karbondioksit gazı uzaktan algılama için önemlidir. Çünkü normal ve uzak infraret ışınların çoğu karbondioksit tarafından yutulur.

Sonuncusu, sudur. Su; atmosferin en alt tabakasında 3 % oranında bulunur. Her gün karşılaştığımız gibi atmosferdeki su veya su buharı oranı zaman ve yere göre değişir. Atmosferdeki su molekülleri de diğer gazlar gibi ışınların yutulmasında etkilidir. Suyun en çok yutma özelliğinin görüldüğü spektrum aralıkları 5.5- 7 μm aralığıdır. Atmosferde farkedilir şekilde su miktarının bulunması halinde güneş ışınlarındaki yutulma daha yüksek oranda gerçekleşir.

- **Kırılma**

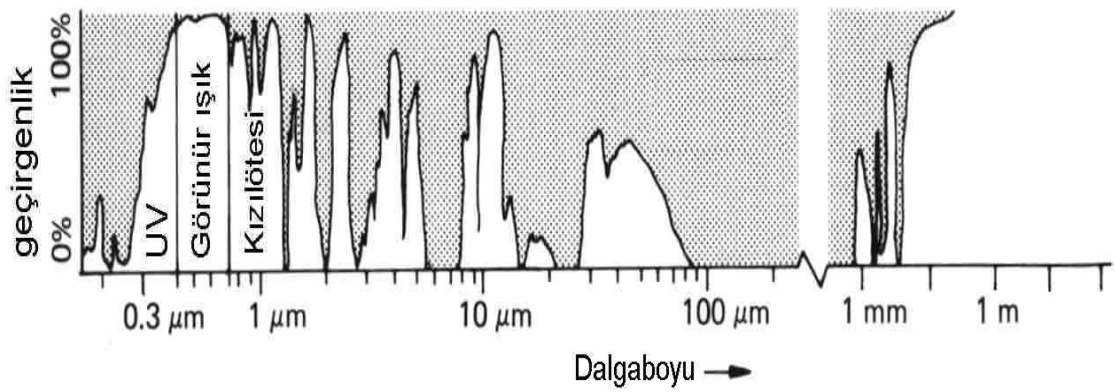
Kırılma; ışığın bir ortamdan başka bir ortama girerken ışınların yön değiştirmesidir. Atmosferde kırılma; ışığın açık , sisli , sıcak ve nemli ortamlardan geçişi esnasında meydana gelir.



Şekil 2.6. Güneş Işınlarnının Davranışı

2.4.2. Atmosferik Pencereleler

Yeryüzü atmosferi tümüyle geçirgen değildir. Çünkü elektromanyetik ışıınım atmosferik gazlar tarafından engellenir. Atmosferden belirli dalga boylarındaki ışıınlar geçer. Bunlara atmosferik pencereleler diyoruz (Şekil 2.7).



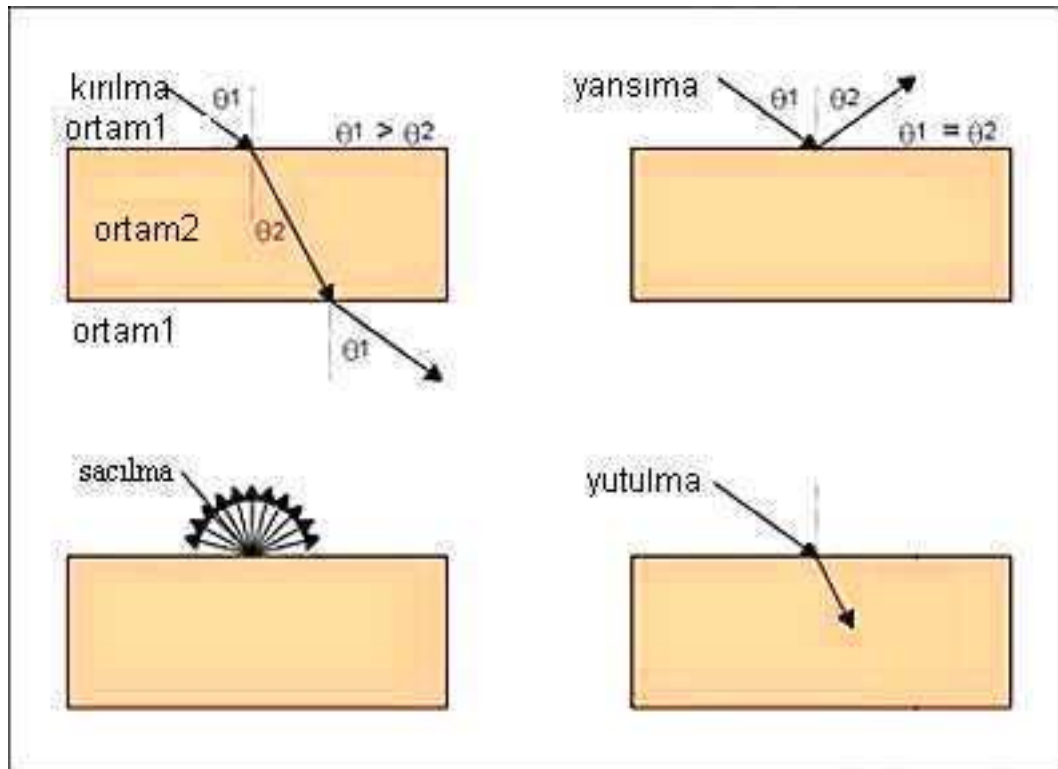
Şekil 2.7. Atmosferik Pencereleler

2.4.3. Yüzeylerle Olan Etkileşimler

Yeryüzüne ulaşan elektromanyetik ışıyım dört şekilde davranış gösterir. Bunlar ;Yansıma ,Yutulma,Kırılma,Saçılma (Şekil 2.8).

Yansıma : Yansıma, ışıyım demetinin saydam olmayan bir yüzeye çarptığında oluşur. Yansımanın türü dalga boyuna ve yüzey yapısına bağılıdır. Eğer yüzey dalga boyuna göre düz ise ayna yansıması meydana gelir. Eğer yüzey pürüzlü ve engebeliyse dağınık yansıma meydana gelir. Mükemmel bir dağınık yansımaya herhangi bir açıdan bakıldığında aynı eşit parlaklığı verecektir.

Kırılma : Bir maddeye gelen ışıyımın maddenin içinden hepsinin veya bir kısmının geçmesidir. Örneğin, ağaç yaprağı görünen ışıyım geçirmezken kızılötesi ışıyımın bir kısmını geçirir.



Şekil 2.8. Işıyımın Cisim Yüzeyi İle Olan Etkileşimi

3. ELEKTROMANYETİK VERİ

Uzaktan algılamada aktif ve pasif algılayıcılardaki elektro-optik tarayıcılar aracılığıyla cisim ile elektromanyetik enerji arasındaki etkileşim kaydedilerek elektromanyetik veri elde edilmektedir. Cisim ile elektromanyetik ışıma arasındaki etkileşim, cismin fiziksel özellikleri ve uzaktan algılanan elektromanyetik enerjinin dalga boyu ile belirlenir. Uzaktan algılama terimi, hedef karakteristiklerinin saptanması ve ölçülmesi amacıyla dönük olarak ışık, ısı ve radyo dalgaları ile elektromanyetik enerjiyi kullanan metotlara işaret eder. Bu çerçevede, uzaktan algılama geniş alanlara ait istenen zamanda çabuk veri sağlaması ve gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak; meteoroloji, oşinografi, jeoloji, jeomorfoloji, jeodezi, topoğrafya, kartoğrafya, ziraat, ormancılık, botanik, hidroloji vb. Alanlarda uygulama imkanı bulmaktadır (ÖZKAN, 1998, s.1).

3.1.Dijital Görüntü ve Veri

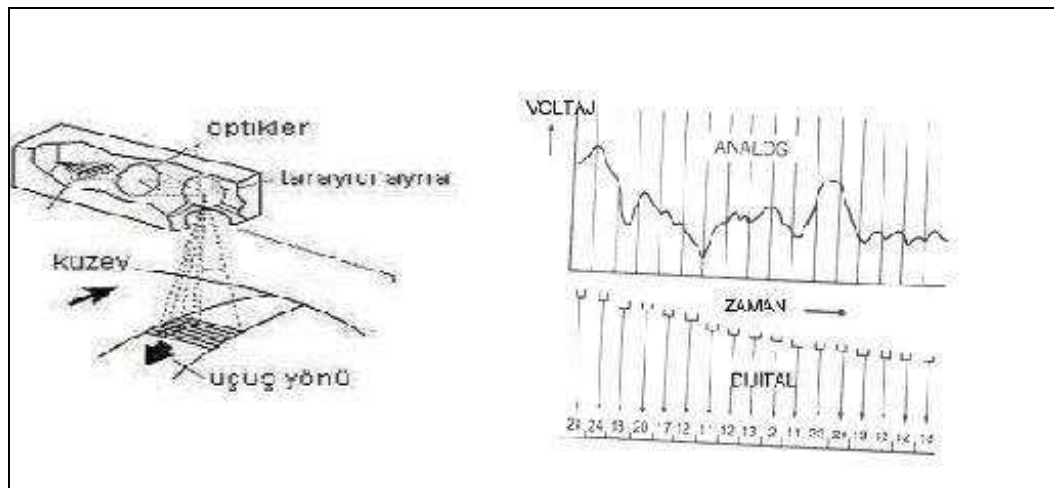
Fotoğraf veya benzeri materyallerdeki (örneğin uydu görüntülerinde olduğu gibi) parlaklık değerlerinin her birisinin dijital formda bir sayıya karşılık gelecek şekilde düzenlenmesiyle bilgisayar kayıt veya işlemci ortamlarında oluşturulan veri “dijital veri” olarak adlandırılır. Görüntü, sayılarla ifade edildiğinde parlaklık değerleri üzerinde çeşitli matematiksel ve istatistiksel işlemler yapabilme imkanı sağlanabilmektedir. Uzaktan algılama verilerinin analizi çok öncelere dayanmasına rağmen, 1972’de ilk Landsat uydusunun atılmasından sonra, verilerin bilgisayarlarla değerlendirilebilmesi imkanının ortaya çıkması uzaktan algılama uygulamalarının yaygınlaştırılmasında bir çığır açmıştır.

Dijital veriyi oluşturan en küçük birim element pikseldir. Bir dijital görüntü binlerce pikselden oluşur. Pikselin boyutu algılayıcının uzaysal çözünürlüğüne göre değişim göstermekte ve bu nedenle farklı ölçeklerde uygulamalar yapılmaktadır (Tablo 3.1). Her piksel yeryüzüne ait çok küçük bir yerin parlaklığını gösterir ve dijital olarak elektromanyetik spektrumun her bölgesi için ayrı ayrı değerlerde bilgisayar kayıt ortamlarında kaydedilir.

Tablo 3.1. Görüntülerin Piksel Büyüklükleri Gözönüne Alınarak Önerilen Maksimum Ölçekler (0.1 Mm Piksel Hassasiyetinde Print Edildiği Varsayılırsa) (Richards, 1993, s.34).

Ölçek	Piksel Büyüklüğü (m)
1:50.000	5
1:250.000	25
1:500.000	50
1:5.000.000	500
1:10.000.000	1000
1:50.000.000	5000

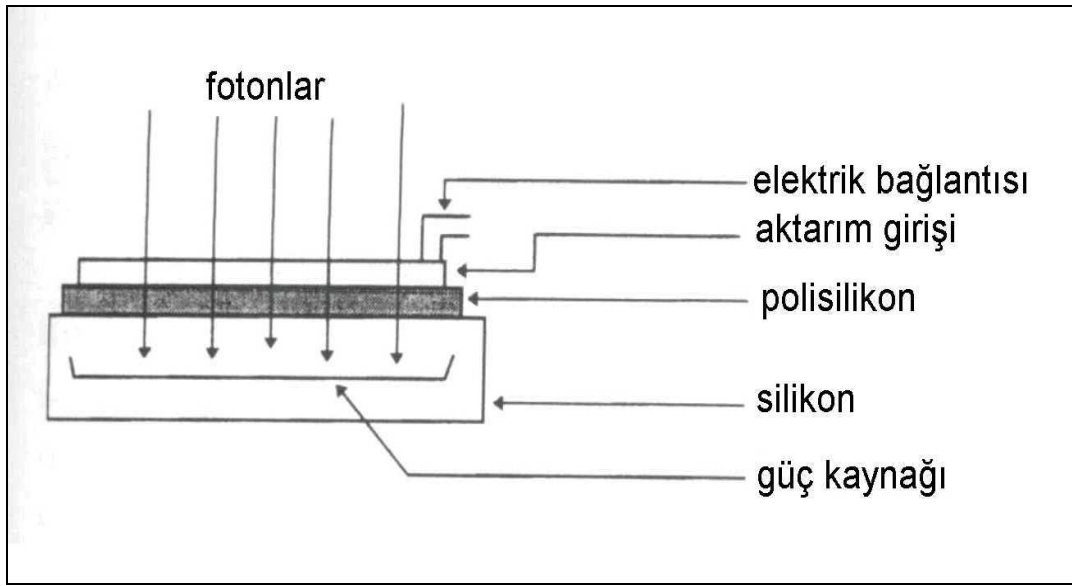
Dijital görüntüler genelde iki çeşit aygıt tarafından üretilmektedir. Bu aygıtlardan ilki hareketli ayna ve lense sahip olan mekanik tarayıcılardır. Mekanik tarayıcılar yeryüzü üzerinde tarama yaparken objelerden gelen elektiriksel sinyaller, dijital değerlere çevrilirler (Şekil 3.1).



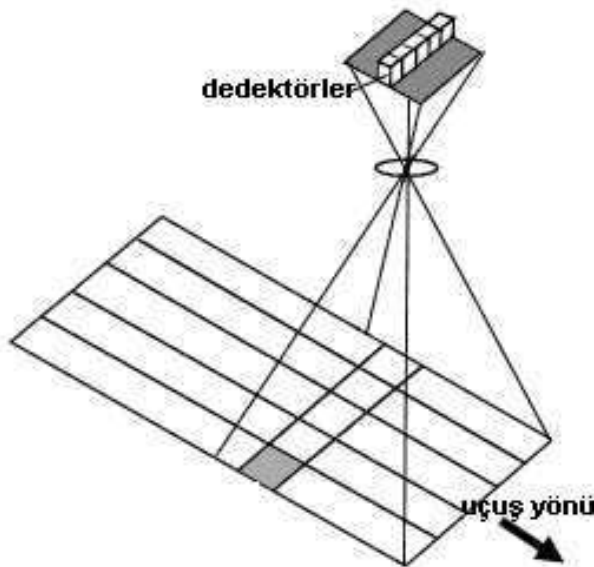
Şekil 3.1. Optik-Mekanik Tarayıcı Ve Analog-Dijital Dönüşüm

Diğer aygıt ise CCD (Charge-coupled device) olarak bilinen elektronik algılayıcılardır (Şekil 3.2). Bu aygıtta ışığa duyarlı olan CCD , bir mikro çip üzerine

yerleştirilmiştir. CCD algılayıcının parçaları $1\ \mu\text{m}$ küçüklüğünde olup görünen ve kızıl ötesi ışığa duyarlıdır. Bu elementler bir sıra veya dizi oluşturacak şekilde yanyana konumlandırılmışlardır. Hatta birkaç sıradan oluşmaktadırlar. Bu dizilerin en küçüğü $1\ \text{cm}$ 'den başlamaktadırlar. CCD'ler algılayıcının merkez noktasında konumlandırılmış olup uçuş doğrultusunda yeryüzüne dik konumda ince dikdörtgenimsi şerit olarak tarama yaparlar. Bu şekilde görüntü oluşturulmasına yöntem itibariyle Pushbroom tarama yöntemi denilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. CCD Algılayıcıların Yapısı



Şekil 3.3. Pushbroom Scanning

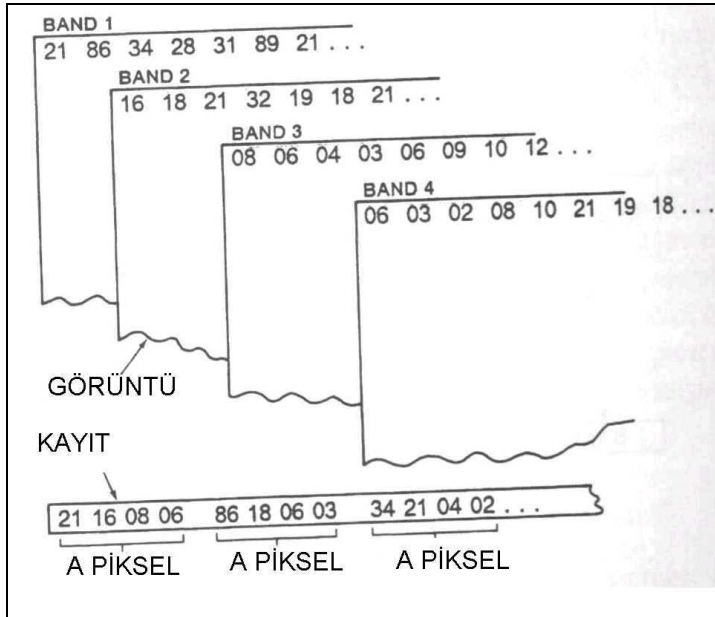
Elektronik algılayıcılar doğrudan dijital değerler üretir. Her digital değer bit olarak (Binari rakam olarak) kaydedilir. Her bit ikinin kuvveti olarak kaydedilir. Örneğin 7 bitlik bir dijital değer 127 değerine karşılık gelir.

Her piksele karşılık gelen dijital değerler bilgisayarlar tarafından teyb veya disklerle kaydedilir. Genelde bu parlaklık ifade eden dijital değerler dijital sayı adı verilir. Örneğin; 7 bitlik bir görüntüde 128 çeşit değer vardır.

3.2. Veri Formatı

Dijital görüntü analizinde genelde raster veri yapısından faydalanılır. Raster veri yapısı görüntünün sıra ve sütun olarak dizi değerleri şeklinde gösterilmesidir. Raster veri yapısı görüntü işlemede piksel değerlerinin kolay kullanılmasını sağlamaktadır.

Uzaktan algılama verileri genelde üç formattan birisiyle düzenlenir. Bunlardan ilki BIP (bant interleaved by pixel) formatıdır. Bu formatta, veri Şekil 3.4’de gösterildiği şekliyle ardışık düzen içerir (Satır 1 piksel 1 bant 1 ; satır 1 piksel 1 bant 2 ; satır 1 piksel 1 bant 3.....)(Campbell, 1996, 101).

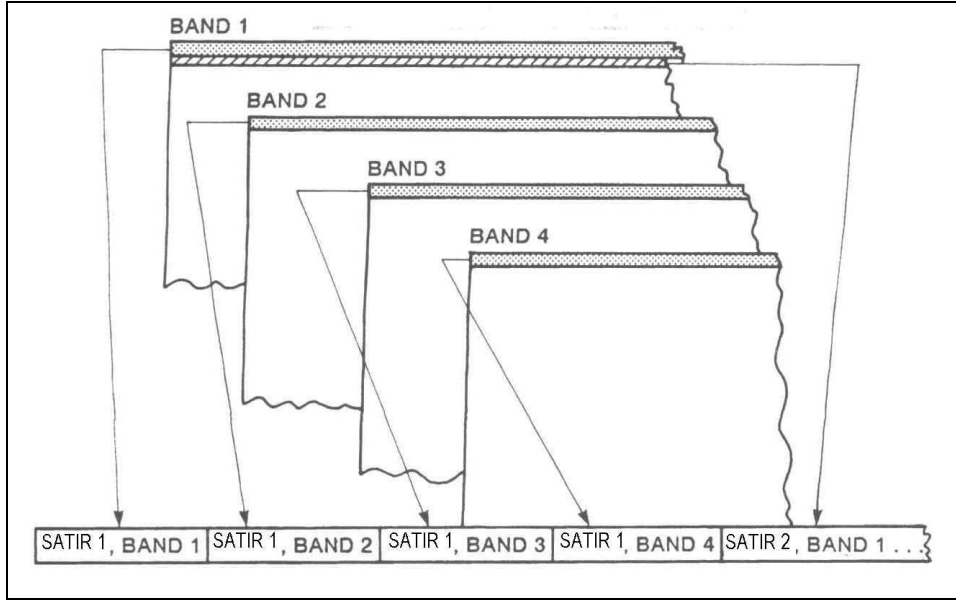


Şekil 3.4 BIP Format

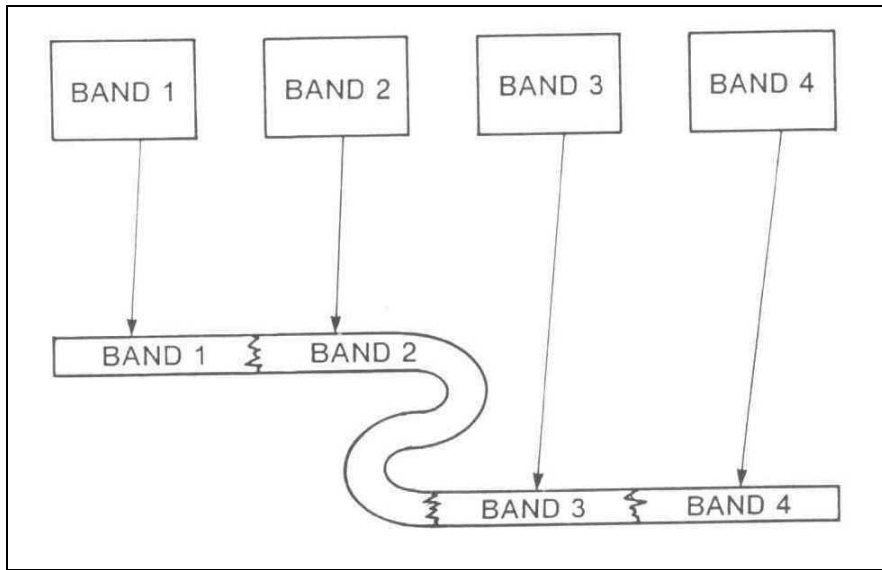
İkinci format olan BIL (band interleaved by line). Şekil 3.5’de gösterildiği gibi, görüntüyü oluşturan her satırı ayrı birim olarak görür. Bu formatta Şekil 3.5’de gösterildiği şekliyle ardışık düzen içerir (Satır 1 için, bant 1, satır 1 için bant 2, satır 1 için bant 3.....) (Campbell, 1996, 101).

Üçüncü format ise BSQ (Band sequential) formatıdır. Buradaki ardışık düzen şöyledir. Bant 1’e ait tüm veri bant 2’ye ait tüm veri bant 3’e ait tüm veri şeklinde devam eder (Şekil 3.6). Bu formatta her bir bant ayrı birimdir. Birçok uygulama da BSQ format daha çok pratik olduğu için tercih edilir (Campbell, 1996, 102).

Uzaktan algılama verilerinin ticari şirketler tarafından dağıtılmasında bu formatlardan biri kullanılır. Mesela EOSAT şirketi Lansad verisini BSQ formatta dağıtımını yaparken,, SPOT şirketi BIL formatını kullanmaktadır.



Şekil 3.5 BIL Format



Şekil 3.6 BSQ Format

BSQ ve BIL formatı bütün bantlarla tüm görüntüyü oluşturmak açısından daha uygun ve güvenilirdir. BIL formatında ise konumu bilinen bir bölgeye ait görüntüyü okumak için tüm görüntüyü okumak gerekmez.

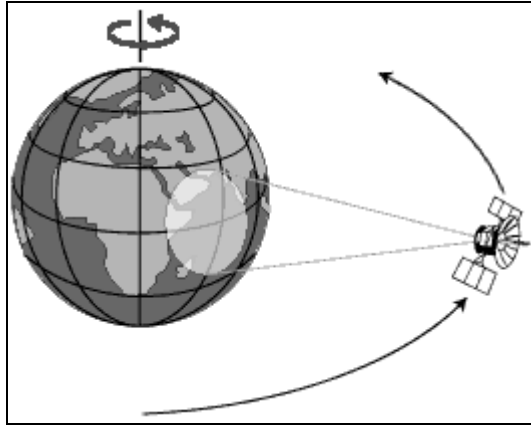
Uydu görüntü verileri çok büyük olduğu için çalışma sırasında veya bir yerden başka bir yere aktarma sırasında verilerin daha az yer tutması için çeşitli formatlarda

verilerin sıkıştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat veri kaybına sebep olan formatlarda sıkıştırma yapılmamalıdır. Buna örnek yaygın olan JPEG (Joint Photographics Experts Group) formatıdır. Bu tür formatlarla arşiv veya analiz yapılması uygun değildir.

3.3. Uydu Sistemleri

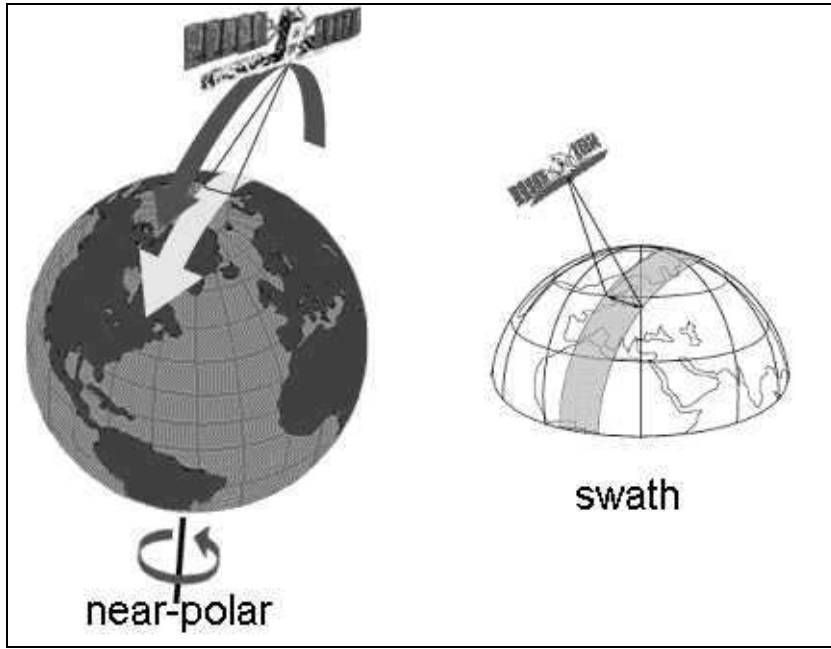
Dünya etrafında dönen uzaktan algılama, haberleşme ve navigasyon amaçlı bir çok uydu bulunmaktadır. Uydular dünya çevresinde belirli yörüngelerde sürekli olarak hareket halindedir. Uydular yeryüzünden olan yüksekliklerine, yeryüzüne göre olan dönme hızlarına ve yönlerine göre gruplanmaktadır.

Yeryüzünden çok yüksekte olan (yaklaşık 36000 km) ve yeryüzüne göre yönleri ve hızları aynı olan uydulara Geostationary uydular denilmektedir (Şekil 3.7). Bu tür uydular dünya üzerindeki spesifik bir alan için sürekli olarak gözlem yapmakta ve bilgi toplamaktadır. Meteorolojik tahmin ve iletişim amaçlı kullanılan uydular genelde bu tür özelliklere sahiptir.



Şekil 3.7. Geostationary Uydu

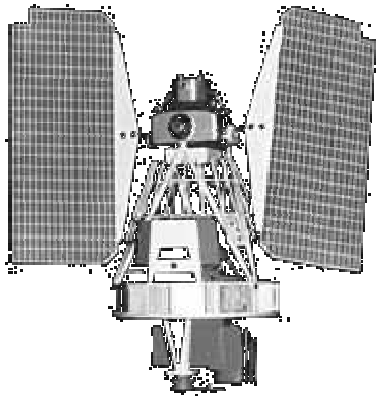
Dünya kendi etrafında batı-doğu yönünde dönerken bir çok uzaktan algılama uyduları kuzey-güney yönünde Near-Polar olarak adlandırılan bir yörüngede hareket etmektedir. Yörüngeleri bu özellikte olan uyduların çoğu aynı zamanda güneşe senkronize olarak hareket etmektedirler. Uydu dünya etrafında hareket ederken yeryüzü üzerinde gözlemlediği şeritvari yola Swath adı verilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Near-Polar Yörünge Ve Swath

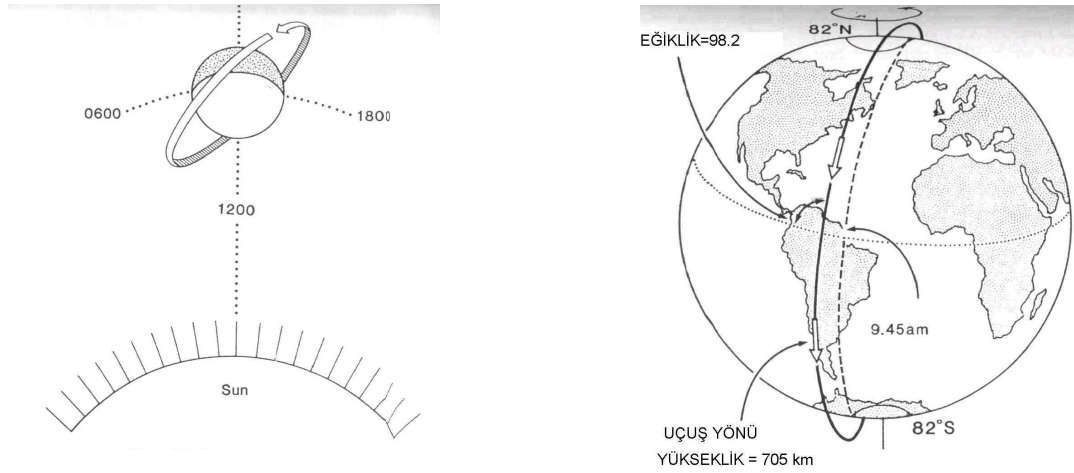
Bir uydu görüntüsündeki maksimum seçilebilir detay algılayıcının uzaysal çözünürlüğüne bağlı olup görüntüdeki bir piksele karşılık gelmektedir. Uzaktan algılama uyduları uzaysal, spektral, radyometrik, ve temporal çözünürlüklerine göre farklılık göstermekte olup çalışmaların amacına en uygun olanı seçilmektedir.

Yeryüzünü araştırmak amacıyla ilk sivil uydu (landsat 1) NASA (National Aeronautical Space Administration) tarafından 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır (Şekil 3.9). 1983 yılında bu program NOAA'ya devredilmiş, 1985 yılında da sivillere yönelik hizmet için ticari bir boyut kazanmıştır.



Şekil 3.9. Landsat Uydusu

Landsat uydu sistemi yakın kutupsal geçişli, dairesel, tekrarlı ve güneşe senkorinize olan bir yörünge tasarlanmıştır. Landsat'ın ilk üç uydu sistemi (Landsat 1,2,3) ortalama 913 km yükseklikten 82 derece kuzey(N) ve 82 derece güney(S) enlemleri arasında gözlem yapar. Dünya çevresindeki gözleminin tam turunu 18 günde tamamlar. Daha sonra uzaya fırlatılmış olan Landsat 4-5 ise 700 km ve 16 gündür. Landsat uydu sisteminde Return Beam Vidicon kamera sistemi, çok bantlı tarayıcı sistem ve Tematik Mapper gibi bir çok algılayıcı bulunmaktadır. Landsat uydu sistemi güneşe senkorinize olduğu için yeryüzü üzerindeki gözlemleri her bölgeye yaklaşık aynı yerel saatte gerçekleştirir. Ekvator üzerinden yerel saatle yaklaşık 09 30 'da geçer (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Güneşle Senkorinize Orbit (solda) ve Landsat 4/5 Orbit (sağda)

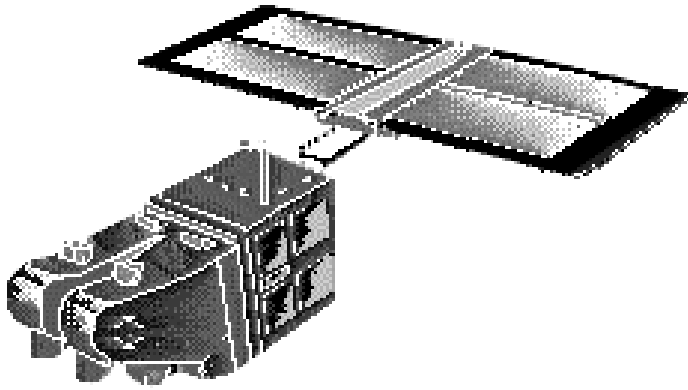
Landsat uydu sistemi kuzeyden güneye doğru 185 km genişliğinde bir şerit tarar. Bir Landsat uydu görüntüsü 185 x 185 km büyüklüğündedir. MSS algılayıcılarda 4 spektral bant, TM 1-5 algılayıcılarda 7 spektral bant ve TM 7 algılayıcısında ise 8 spektral bant vardır (Tablo 3.2). MSS algılayıcısının radyometrik çözünürlüğü yaklaşık 60-80 m. ve 6 bit çözünürlüğündedir. MSS algılayıcısı yörüngede ilerlerken soldan sağa doğru her hareketinde 6 satır tarar. MSS algılayıcısının işlevine 1992 yılında son verilmiştir. Bu tarihten sonra Landsat 4 TM görüntüleri ile gözlem yapılmıştır. TM algılayıcısı MSS'e göre radyometrik ve geometrik çözünürlük, spektral bant sayısı bakımından daha üstündür. TM algılayıcısı yörüngesinde ilerlerken soldan sağa doğru 16 satır tarama yapar. TM 'de piksel boyutu 30 m normal, termal bandı için 120 m'dir. Tüm kanallar 8 bit (256

renk) olarak kaydedilir. TM ve MSS algılayıcılar çok çeşitli uygulamalarda (doğal kaynakların yönlendirilmesi ve haritalarının yapılması , çevresel gözlemler ve yeryüzü değişimleri vb.) kullanılırlar.

Tablo 3.2 : Landsat4/5/7 TM Bantları Ve Özellikleri (Landsat 7’de Ek Olarak 0.45-0.7 μm Dalga Boyuna Sahip Pankromatik Bant Bulunmaktadır)

Kanal	Dalga boyu (μm)	Uygulama alanları
TM 1	0.45 - 0.52 (mavi)	toprak/bitki ayrımında; batimetrik/kıyasal harita yapımında; şehrsel objelerin belirlenmesinde
TM 2	0.52 - 0.60 (yeşil)	Bitki örtüsüne yönelik harita çalışmalarında; şehrsel objelerin belirlenmesinde
TM 3	0.63 - 0.69 (kırmızı)	Bitki olan ve olmayan alanların ayırtedilmesinde; şehrsel objelerin belirlenmesinde
TM 4	0.76 - 0.90 (kızılötesi)	Sağlıklı olan olmayan bitkilerin belirlenmesinde; su kütlelerinin belirlenmesinde; toprak nemi için.
TM 5	1.55 - 1.75 (kızılötesi)	Bitki ve topraktaki neme karşı hassastır; bulutlu ve karlı alanların ayırt edilmesinde
TM 6	10.4 - 12.5 (termal bant)	Bitkilerdeki hastalıkların ve topraktaki nemin belirlenmesinde; şehirlerde termal haritaların yapılmasında
TM 7	2.08 - 2.35 (kızılötesi)	Mineral ve kaya türlerinin belirlenmesinde; bitkilerdeki nemin tespiti

Fransa, Belçika ve İsviçre ortak yapımı olan Spot uydusu yersel gözlem amaçlı olarak ilk 1986 yılında uzaya atılmıştır (Şekil 3.11). Spot uyduları güneşe senkorize olarak 830 km. yükseklikte near-polar yörüngede hareket etmekte ve dünyanın tamamını 26 günde gözlemlemektedir. Spot uydusunun yapısında pankromatik görüntü için 1 X 6000 dedektör ve çok bantlı görüntü için 3 X 3000 dedektör bulunmaktadır. Pankromatik algılayıcıların uzaysal çözünürlüğü 10m. iken, çok bantlı görüntünün uzaysal çözünürlüğü 20 m.’dir. Spot uydusunun swath genişliği ise 60 km.’dir. Spot algılayıcısı biri pankromatik özelliğe sahip olmak 4 adet spektral banta sahiptir (Tablo 3.3).



Şekil 3.11. Spot Uydusu

Tablo 3.3. Spot Uydusuna Ait Bantlar

Bantlar	Dalgaboyu (μm)
Pankromatik	0.51 - 0.73
Multispektral	
Band 1	0.50 - 0.59 (yeşil)
Band 2	0.61 - 0.68 (kırmızı)
Band 3	0.79 - 0.89 (kızılötesi)

IRS-1C, uzaya fırlatılan hint uzaktan algılama uydularından üçüncüsüdür. 1995 yılı Aralık ayında faaliyete geçmiş olan IRS-1C üç algılayıcıya sahiptir. İlki tek kanallı pankromatik (PAN) yüksek çözünürlüklü kamera, ikincisi orta çözünürlüklü dört kanallı LISS-III (Linear Imaging Self-Scanning Sensor) algılayıcısı ve üçüncüsü ise düşük çözünürlüklü iki kanallı Wifs (Wide Field Sensor) algılayıcısıdır (Tablo 3.4)

Tablo 3.4 IRS-1C Uydusuna Ait Algılayıcılar Ve Bantlar

Algılayıcı	Dalga boyu (μ m)	Uzaysal Çözünürlük	Swath
PAN	0.5 - 0.75	5.8 m	70 km
LISS-II			
Yeşil	0.52 - 0.59	23 m	142 km
Kırmızı	0.62 - 0.68	23 m	142 km
Yakın kızılötesi	0.77 - 0.86	23 m	142 km
Kızılötesi	1.55 - 1.70	70 m	148 km
WiFS			
Kırmızı	0.62 - 0.68	188 m	774 km
Yakın kızılötesi	0.77 - 0.86	188 m	774 km

4.SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

4.1.Giriş

Raster veriler üzerinde bazı matematiksel işlemlerin yapılabilmesi için çeşitli algoritmalar tatbik edilerek uygulama amacına uygun veriler elde edilmesi işlemine “Sayısal Görüntü İşleme” denilmektedir. Uydu görüntülerinde bu amaçla kullanılan belli başlı görüntü işleme yöntemleri görüntü düzeltme , görüntü zenginleştirme , sınıflandırma ve veri entegrasyonu olarak sıralayabiliriz.

Uzaktan algılama verilerinin yorumlanması ve analizi ile uydu görüntülerinden anlamlı bilgi çıkarılabilmesi, farklı uygulamaların gerçekleştirilmesi, görüntü üzerinde belirlenen objelerin tanımlanması ölçülebilmesi mümkün olabilmektedir. Görüntüdeki obje bir noktasal, çizgisel, alansal özellik olabilir. Önemli olan objenin etrafındaki diğer özelliklerden ayırt edilebilir olmasıdır.

Uzaktan algılamada görüntü yorumlama görsel olarak bir insan tarafından yapılabilir. Özellikle analog format olarak adlandırılan resim formatındaki görüntülerde buna başvurulduğu görülebilir. Ayrıca, uzaktan algılama görüntülerinin her pikselin bir parlaklık değerini ifade ettiği ve bunların bir rakama karşılık gelecek şekilde satır ve sütun matrisi şeklinde bilgisayar ortamında gösterilebildiği durumlarda, bir başka deyişle görüntü yorumlama işleminin bilgisayar ortamında bir yazılım desteği ile de yapılabilir. Uzaktan algılama görüntülerinin dijital formatta olması, bunların görüntü işleme ve analizinin bilgisayarlar yardımıyla yapılabilmesine imkan sağlamaktadır. Dijital görüntü işleme ve analizi tam olarak bilgisayarlarda otomatik olarak yapılabilmekte ise de, insan yordamıyla yapılan (manuel) yöntem yorumlamanın yerini tamamen aldığı söylenemez. Manuel ve dijital yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Manuel yöntem dijital yönteme göre daha az ekipman gerektirmektedir. Manuel yorumlamada daha

çok birkaç kanallı veri veya tek kanallı görüntü analiz edilebilirken, dijital yöntemde çok spektral bantlı ve çok büyük miktarda görüntü detaylarında daha hızlı yorumlar gerçekleştirebilmektedir. Manuel yorumlamada sonuçlar kişilere göre çeşitlilik gösterebilirken, dijital yöntemde dijital değerler baz alındığı için genelde daha objektif daha istikrarlı sonuçlar üretilebilmektedir. Ayrıca, dijital yöntemin sonuçların geçerliliğine ve doğruluğuna karar vermekte manuel yöntemden daha kolay olduğu görülür. Diğer taraftan, uzaktan algılama uydu görüntülerinin dijital ve görsel analizlerinin yinelenmesinin kolay ve ucuz olması da farklı periyod veya zaman dilimindeki görüntülerin karşılaştırılması açısından avantaj teşkil etmektedir.

Her iki yönteminde birbirine göre üstünlüğü vardır. Genelde görüntü analizinde her iki yöntemin karışımından faydalanılır. Gerçekte analiz sonunda elde edilen bilgilerin uygunluğuna ve yararlılığına son olarak insan karar vermelidir.

4.2. Görsel Yorumlamanın Elemanları

Görüntü yorumlamada bilgi edinmeye çalıştığımız objeler nokta , çizgi veya alan özelliktedir. Bu objeler yansıttıkları veya yaydıkları ışınımına göre belirlenirler. Görüntü yorumlamada en zorlanılan husus doğal ortamda üç boyutlu olan objelerin iki boyutlu görüntüden yorumlama yapılacak olmasıdır. Bu durumda üçüncü boyut olan yükseklik iki boyutlu görüntüye kazandırılarak veya iki boyutlu görüntüden stereo görüntü (üç boyutlu) görüntü oluşturularak değişik açılardan gözlem yapabilme imkanı veren simülasyon görüntüsü elde edilmeye çalışılmaktadır.

Objeleri ayırtedebilme ve tanıma, görüntü yorumlamanın ve bilgi toplamanın başlıca anahtarıdır. Objeleri ve aralarındaki farkı ton , şekil, büyüklük, desen, doku, gölge ve birliktelik gibi görsel elementler ile tanımlayabilir ve görebiliriz.

Ton: Bir görüntüdeki objelerin rengini veya parlaklığını temsil eden ve objelerin şekil , doku ve desen özelliklerinin daha iyi ayırtedilebilmesine imkan sağlayan bir elementtir.

Şekil : Objelerin dış görünüşünü ve yapısını temsil eden bir elementtir. Örneğin; şehirlerde düz kenarlı şekiller içeren objelere çok rastlanırken, orman gibi doğal ortamda bulunan objeler düzensiz bir şekilde görülürler.

Büyüklik : Görüntüdeki hedef objenin diğer objelere göre boyut olarak değerlendirilmesini mümkün kılan bir element veya ölçek fonksiyonudur. Örneğin; herhangi bir görüntüde şehirselle bir bölgedeki büyük binalar genelde fabrika ve mağazaların bulunduğu sanayi ve depolama alanlarını ifade ederken küçük binaların bulunduğu alanlar yerleşim veya konut alanlarını ifade etmektedir.

Desen : Objelerin görsel olarak ayırtedilebilmesini mümkün kılan ve bunların düzenli bir desen ile ortaya koyan bir elementtir. Örneğin; düzenli ağaçlandırılmış bir alan ve düzenli yapılaşmaya sahip caddeler buna güzel bir örnektir.

Doku : Görüntüdeki bir alana ait ton aralıkları ve değişimleri temsil eden bir etmendir. Örneğin; Heterojen yapıya sahip bir alanda ton değerleri aniden değiştiğinden kaba bir dokuya sahiptir. Fakat çok yavaş ton değişikliklerinin görüldüğü asfalt veya otlaklar düzenli bir dokuya sahiptir.

Gölge : Objeleri belirlemede görüntüye yükseklik ve profil kazandırarak yorumlamada kolaylık sağlayan bir etmendir. Gölge elemanı görüntüdeki bir alanın topoğrafyası ve toprak kullanımının belirlenmesine yarar.

Birliktelik : Görüntüdeki objeler arasında ilişki kurarak yorumlamaya katkıda bulunan bir etmendir. Örneğin ticari veya sanayi alanlarının olduğu yerler geniş karayolları veya otobanların, şehirselle alanda ise okul binaları , oyun alanları veya parkların bulunma ihtimali yüksektir.

4.3.Dijital Görüntü İşleme

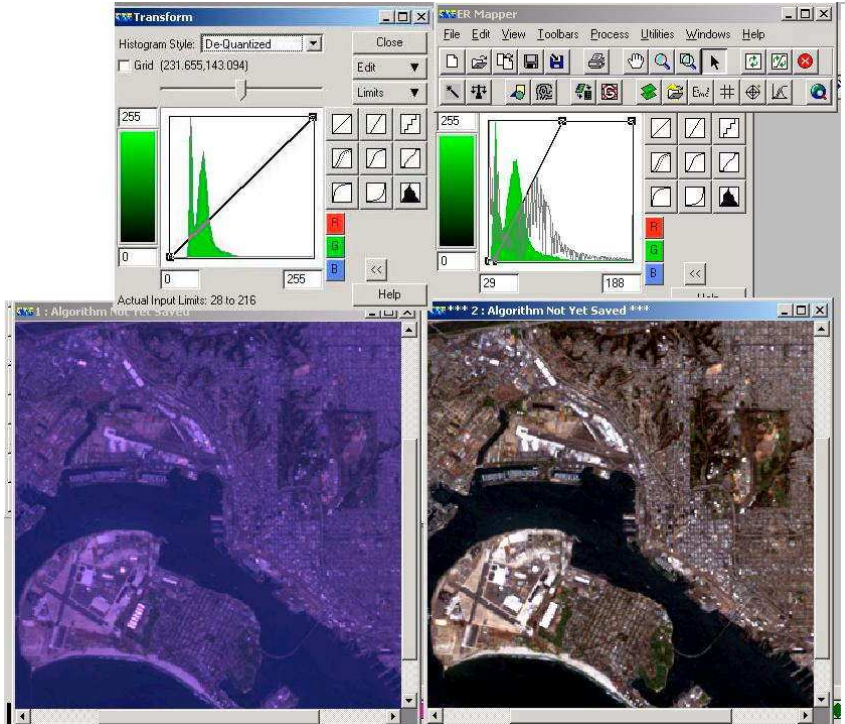
Günümüzde uzaktan algılamada kullanılmakta olan ileri teknolojiler sayesinde uydu görüntü verileri üzerinde dijital ortamda çalışma imkanı sağlanmıştır. Dijital

görüntü işleme; söz konusu verinin aktarılması, düzeltilmesi, zenginleştirilmesi ve sınıflandırılması gibi birçok prosedürü kapsar. Dijital görüntü işleme için uydu görüntüleri dışında bilgisayar sistemi veya diğer adıyla görüntü analiz sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme fonksiyonlarını dört katogoride toplamak mümkündür. Bunlar:

- 1.Önişleme
- 2.Görüntü zenginleştirme
- 3.Görüntü transformasyonu
- 4.Görüntü sınıflandırma ve analiz

Önişleme ; Analiz öncesi yapılan radyometrik ve geometrik düzeltmelerin uygulamaya konulduğu fonksiyonlardır. Radyometrik düzeltme ile atmosferik ve algılayıcı gürültüsünden oluşan hatalar elimine edilmekte ve veri yeryüzü koordinat sistemine dönüştürülmektedir.

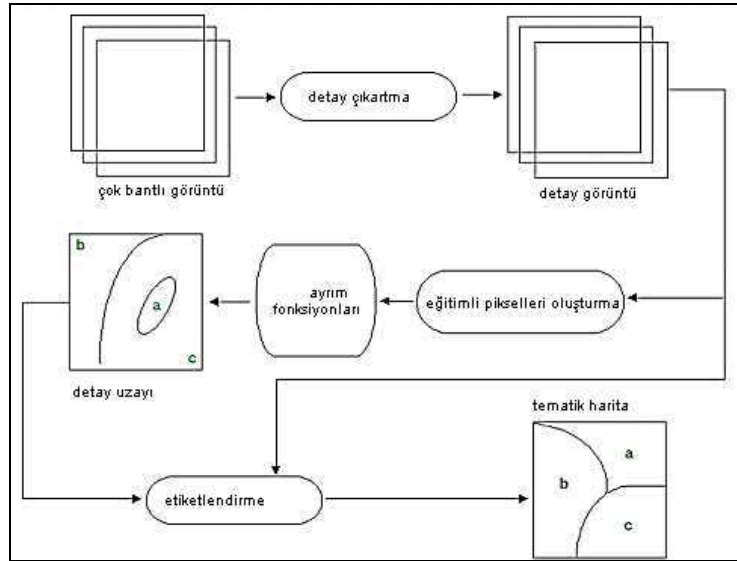
İkinci grup görüntü işleme; Görüntünün görsel yorumlama ve analiz açısından yardımcı olan fonksiyonudur. Görüntü zenginleştirme ile kontrast artırımı ve filtreleme gibi çeşitli işlemler yerine getirilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kontrast Artırımı İle Görüntü Zenginleştirme

Görüntü transformasyonları da görüntü zenginleştirmenin benzeri uygulamalar içeren fonksiyonlardır. Görüntü zenginleştirme genelde tek kanallı veri üzerinde uygulanırken, görüntü transformasyonları toplama , çıkarma , çarpma ,bölme gibi aritmetik operasyonlarla yapılır ve yeni bir görüntü oluşturulur.

Görüntü sınıflandırma ve analizi fonksiyonları, uydu görüntü verilerinin dijital piksellerle tanımlanması ve sınıflandırılmasına yönelik işlemleri yerine getirmek üzere kullanılmaktadır. Sınıflandırma genelde çok kanallı veriler için kullanılır. Bu işlem sırasında her piksel, parlaklık değerinin istatistiksel karakteristik özelliklerine göre belirli sınıflara ayrılırlar. Sınıflandırma işlemini gerçekleştiren birçok yöntem vardır. Bunlardan en çok kullanılanları kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak bilinen yöntemlerdir (Şekil 4.2).

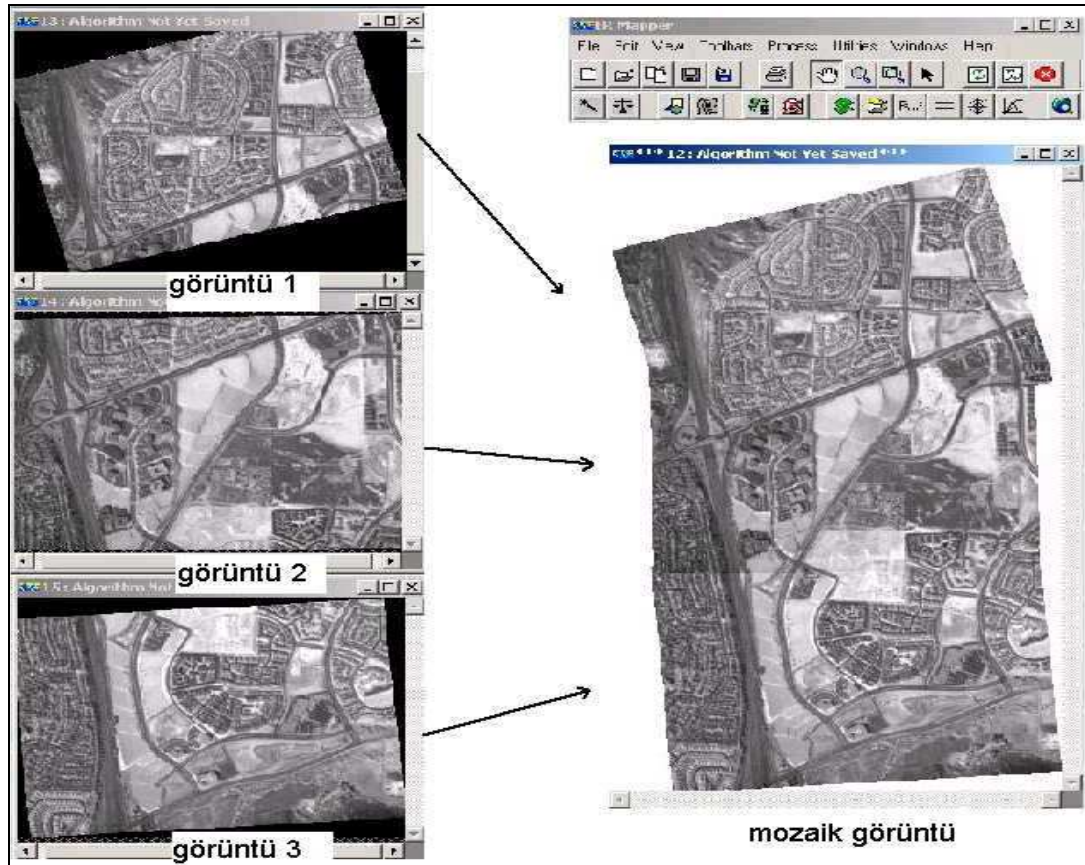


Şekil 4.2 : Sınıflandırma İşlemi

4.3.1. Ön İşleme

Önişleme, görüntü verilerindeki radyometrik ve geometrik distorsiyonları düzeltmeyi amaçlayan bir nevi görüntü restorasyonu ve rektifikasyonuna yönelik fonksiyonları içerir. Uydulardan görüntü algılaması esnasında atmosferik durumlar ,

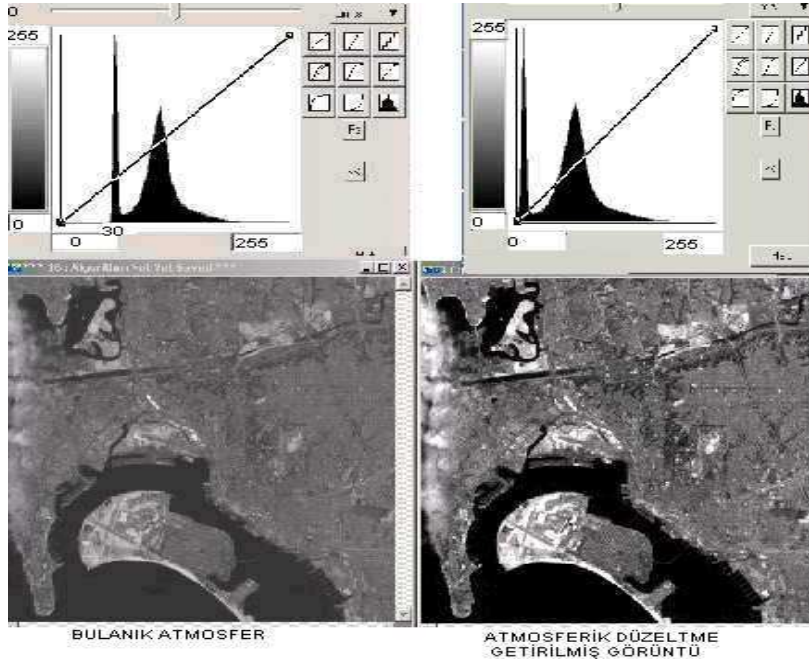
algılayıcı görüntüleri , aydınlanma ve gözlem geometrisi gibi sebeplerden dolayı görüntüde hatalar oluşmakta, bunları giderebilmek için de bazı radyometrik düzeltmeler getirilmesi gerekmektedir. Özellikle farklı algılayıcılardan elde edilen görüntülerin karşılaştırılmasında veya tek bir algılayıcıya ait birkaç görüntünün birleştirilmesi için mozaik oluşturma bu düzeltmeler gerekmektedir. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Üç Ayrı Görüntüden Mozaik Görüntü Oluşturma İşlemi (Ermapper, 2000)

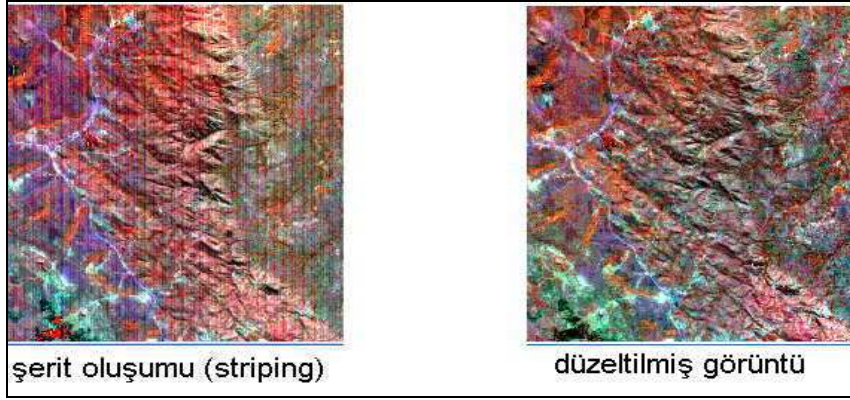
Atmosferde oluşan ışınım saçılması yeryüzüne ve algılayıcıya gelen enerjinin zayıflamasına sebep olmaktadır. Görüntü üzerinde atmosferik düzeltme yapmanın çeşitli yöntemleri vardır. Bunun gerekliliğinin tespiti ve giderilmesinin en basit olanı görüntü üzerinde temiz bir göl veya su kitlesine karşılık gelen piksel değerlerinin araştırılmasıdır. Bilindiği gibi, temiz su kütleleri özellikle infrared band için sıfır veya sıfıra çok yakın piksel değerlerini ihtiva etmektedir. Eğer bu değerler sıfırdan büyükse burada atmosferik düzeltme getirilmesi söz konusudur. Bunun için her bantta su kütlelerine karşılık gelen parlaklık değeri o banta ait tüm piksel

değerlerinden çıkarılmak suretiyle işlem yapılması gereki. Buna atmosferik düzeltme denilmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Atmosferik Düzeltme İşlemi (Ermapper, 2000)

Görüntüdeki gürültü etkeni algılayıcıların veri kaydetmesi veya aktarması sırasında meydana gelir. Bunun en çok görülen şekli şerit oluşumu veya satır düşmesi olup, bununla genelde MSS verisinde karşılaşılmaktadır. Bu etken, MSS üzerindeki altı dedektörün farklı zaman dilimlerinde farklı parlaklık değeri algılamalarından oluşmaktadır. Bunun önlenmesi için altı dedektör arasında rölatif düzeltme getirilir. Satır düşmesi genelde sistem hatası sonucu olup bir alt ve bir üst satırlardan birinin eklenmesi ile düzeltilebilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Görüntüde “Striping” Etkisi

Uydu görüntülerinde algılayıcılar optiğin perspektifi , tarayıcı sistemin hareketi, platformun hareketi , platformun yüksekliği ve hızı , arazinin topoğrafik yapısı , yerin eğikliği ve dönmesinden kaynaklanan geometrik bozulmalar söz konusudur. Geometrik düzeltmeler ile bu bozulmaların mümkün olduğu kadar minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır. Bozulmaların bir kısmı sistematik olmayan ve düzensiz hatalardan kaynaklandığı için modellenemez. Bu nedenle , görüntüye koordinatları bilinen yersel noktalar yardımıyla geometrik düzeltme getirilir.

Geometrik düzeltmelerin getirilebilmesi için harita veya benzeri altlıklar (Arazide GPS ile elde edilmiş koordinatlar veya önceden değerlendirilmiş aynı yere ait uydu görüntüler vb.) üzerinde kolaylıkla seçilebilir eşlenik noktalar yardımıyla görüntü ile harita çakıştırılarak görüntünün yeryüzü koordinat sistemine dönüşümü yapılır (Şekil 4.6).

Uydu verilerinin geometrik dönüşümünde genellikle 1. derece Affin dönüşümü kullanılmakta ve yeterli sonucu vermektedir. Dönüşümde kullanılacak polinom derecesi , dönüşüm uygulanacak uydu verisinin özelliklerine bağlıdır. Genellikle fazla distorsiyonu olan görüntülere, yüksek dereceden polinomlarla dönüşüm uygulanır (Musaoğlu, 1999, s. 31).

X_i, Y_i dönüşüm öncesi nokta koordinatları, X_0, Y_0 dönüşüm sonrası nokta koordinatları ve $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ dönüşüm matrisi katsayıları olmak üzere,

$$X_0 = b_1 + b_2 X_i + b_3 Y_i \quad (4.1)$$

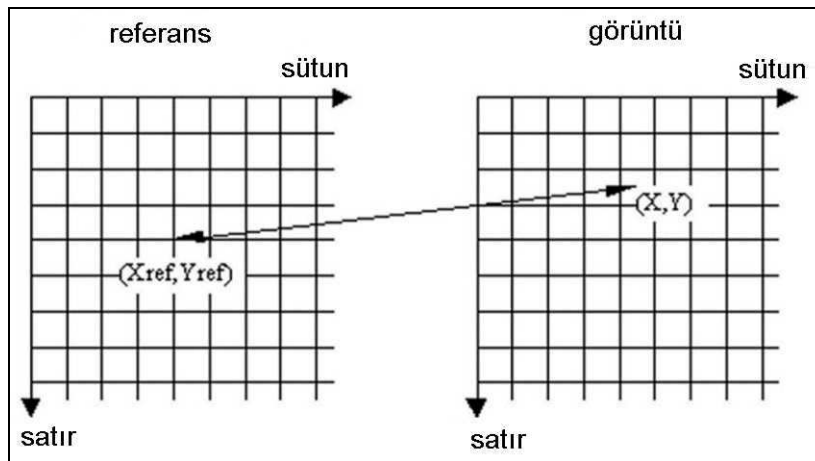
$$Y_0 = a_1 + a_2 X_i + a_3 Y_i \quad (4.2)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Görüntü koordinatları ile referans veri koordinatları arasındaki dönüşüm hatası, karesel ortalama hata (RMS) ile belirlenir. X_i, Y_i dönüşüm öncesi nokta koordinatları, X_r, Y_r dönüşüm sonrası nokta koordinatları olmak üzere karesel ortalama hata ,

$$RMS = \sqrt{(X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2} \quad (4.3)$$

ile belirlenir (Musaoğlu, 1999, s.32)

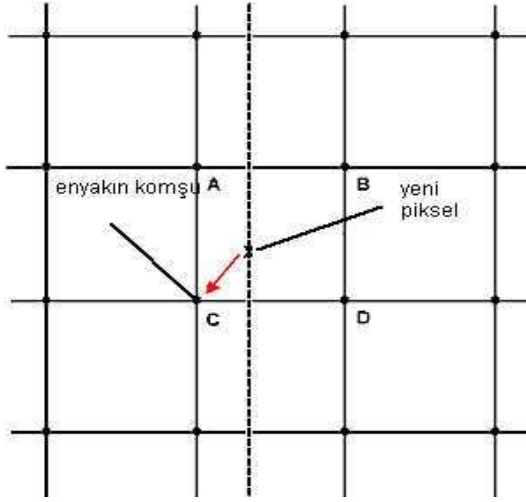


Şekil 4.6. Geometrik Düzeltme İşlemi

Geometrik düzeltmenin tam olarak gerçekleştirilmesi için yeni koordinatlara sahip piksellerin yeni parlaklık değerlerinin hesaplanması gerekir. Buna örnekleme denir. Genel olarak bilinen üç çeşit örnekleme yöntemi vardır: Yakın Komşuluk, Bilinear Enterpolasyon ve Kubik Katlama.

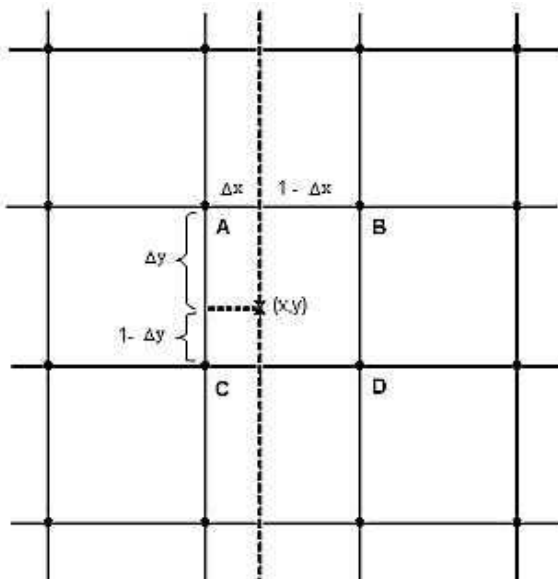
Yakın komşuluk örneklemede, düzeltilmiş görüntüdeki piksele en yakın olan orijinal görüntüdeki piksel parlaklık değerinin verilmesiyle işlem yapılır. Bu yöntem örnekleme en basit olanıdır. Bunun dezavantajlı tarafı, görüntüdeki bazı piksel

değerlerinin çift veya kayıp olabilmesidir. Bu metodun sonuçları daha çok bağlantısız veya blok bir görüntüyü ortaya çıkarmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Enyakın Komşuluk Örnekleme Yöntemi

Bilinear enterpolasyon yönteminde, yeni piksele en yakın orijinal görüntüdeki dört pikselin ağırlıklı ortalamasının parlaklık değeri verilir. Bu işlem orijinal piksel değerlerinin değişmesine ve tamamıyla yeni piksel değerlerinin oluşmasına neden olur. Bu durum analiz ve sınıflandırma için pek önerilmemektedir. Bu yöntemle çalışılması halinde örneklemenin sınıflandırmadan sonraya bırakılması önerilmektedir (Şekil 4.8)(Campbell , 96, s. 303).



Şekil 4.8. Bilinear Örnekleme Yöntemi

Buna göre yeni piksel değerini şu eşitlikle gösterebiliriz:

$$DN = [\Delta x.DN_B + (1 - \Delta x).DN_A].(1 - \Delta y) + [\Delta x.DN_D + (1 - \Delta x).DN_C].\Delta y \quad (4.4)$$

Burada:

DN_A, DN_B, DN_C, DN_D :Yeni piksele yakın dört pikselin spektral değerleri

$\Delta x, \Delta y$: Yeni pikselin komşu piksellere olan mesafesi

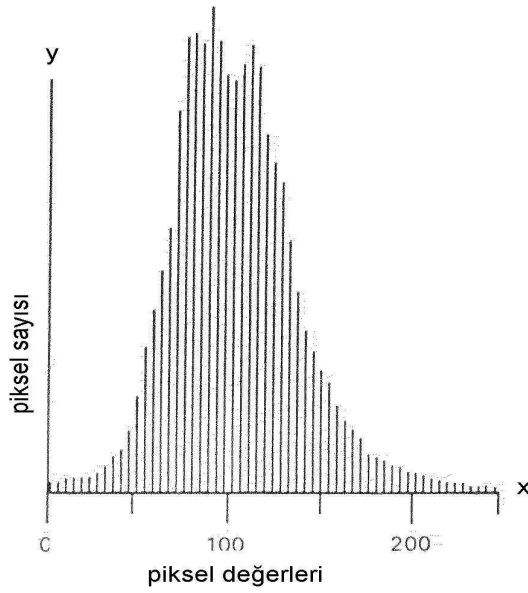
şeklinde ifade edilmektedir.

Kubik katlama yönteminde ise yeni piksele yakın orijinal görüntüdeki 16 pikselin ağırlıklı ortalamasını alınarak işlem yapılmaktadır. Bu diğer iki yöntemden de daha keskin bir görüntü teminine neden olmaktadır.

4.3.2. Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirme görsel yorumlamayı ve görüntüyü anlamayı kolaylaştırmak için yapılır. Bunlar çeşitli kontrast arttırımı ve filtreleme yöntemleridir.

Görüntüye ait veri genelde normal dijital değer aralığının çok küçük bir kısmına karşılık gelir. Kontrast zenginleştirme ile orijinal değerlerin değiştirilerek daha geniş bir aralığa yayılması sağlanır. Kontrast zenginleştirmeyi anlayabilmek için öncelikle görüntü histogramının içeriğini tam olarak bilmek gerekir. Görüntü histogramı, görüntüdeki piksel değerlerinin grafiksel gösterimidir. Bu histogramda parlaklık değerleri X ekseninde, bu değerlerin sıklığı ise y ekseninde gösterilir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Görüntü Histogramı

Bir çok kontrast zenginleştirme yöntemi bulunmakta olup bunların önemli olanları arasında en basiti olan lineer kontrast yayılması yöntemidir. Görüntüdeki minumum ve maksimum piksel parlaklık değerleri belirlenerek bunların tüm aralığa transforme edilerek yayılmasını sağlar. Örneğin radyometrik çözünürlüğü 8 bit (256 renk) olan görüntüde minumum piksel değeri 84 ve maksimum piksel değeri 153 tür. Aradaki 70 değer farkı, 256 tüm aralığın sadece yaklaşık üçte biri kadardır. Linear yayma methodu bu 70 piksel değer aralığını 0-255 değer aralığına yayar. Böylece parlak tonlar daha parlak, karanlık alanlar daha karanlık görünerek görsel yorumlama çok daha kolay yapılabilir.

Fakat bazı görüntüler için input veri değerlerin lineer yayılmada olduğu gibi eşit dağılım olarak yaymak uygun olamayabilir. Bu durumda histogram eşitlik dağılımı (histogram equalized) daha uygun olabilir. Bu yayılma metodu değerlerin daha sıklıkta bulunduğu aralıkları yayarlar. Bu yolla bu alanlardaki detay daha iyi zenginleşmiş olur. Öte yandan sadece spesifik bir histogram alanına yayılma uygulanabilir. Örneğin bir nehir ağzındaki piksel değerleri 40 ile 76 arasında olsun. Suyun daha detaylı gözükmesini istersek 40 ile 76 aralığını 0-255 aralığına yayabiliriz. 0 ile 76 aralığının dışındaki detayları tabii ki kaybolacaktır.

Filtreleme, görüntü zenginleştirme için kullanılan bir diğer dijital görüntü işleme fonksiyonudur. Filtreleme fonksiyonu, görüntüdeki spesifik özellikleri gizlemek veya ortaya çıkarmak için tasarlanmıştır. Filtreleme işlemi görüntü dokusuyla direk ilişkilidir. Genel filtreleme yönteminde belli boyutlardaki pencerenin piksel değerleri üzerindeki bir takım hesaplamalar yapılarak merkez piksele yeni bir değer ataması şeklinde olur. Pencere , görüntüdeki tüm pikseller üzerinde satır ve sütun boyunca hareket ettirilerek yeni bir görüntü oluşturulur.

Filtreleme teknikleri bir çok farklı uygulamalarda kullanılabilir. Özellikle görüntülerdeki seçilen karakteristik objelerin daha iyi yorumlanabilmesi için görüntü yumuşatma, kenar zenginleştirme, lineer filtreleme vb. gibi değişik filtreleme teknikleri uygulanır.

Alçak geçiren filtreler görüntüdeki büyük alanları ön plana çıkarmak ve küçük detayları azaltmayı amaçlamaktadır. Alçak geçiren filtreler görüntüye düz bir görünüş kazandırır. Yüksek geçiren filtreler ise görüntü detaylarını iyileştirir ve keskinleştirir.

Kenar zenginleştirme filtreler görüntüdeki yollar , sınırlar gibi lineer özellikleri ortaya çıkarmayı amaçlar. Bu filtreler belli yöndeki objeleri zenginleştirmek içinde kullanılır. Bu filtreler jeolojik uygulamalar için faydalıdır.

4.3.3. Görüntü Transformasyonları

Görüntü transformasyonları, amaca bağlı olarak orijinal çok bantlı görüntülerdeki spektral kanallar arasında çeşitli aritmetiksel işlemler uygulayarak yeni görüntülerin oluşturulmasıdır.

Basit görüntü transformasyonları ile görüntüye basit aritmetik operasyonlar uygulanmaktadır. İki veya daha fazla görüntü arasındaki fark ayrı zamanlarda elde edilmiş görüntüler arasındaki değişikliği tespit etmek için uygulanmaktadır. Örneğin, geometrik koordinatları aynı olan iki görüntünün spektral değerlerinin farkı alınır.

Sonuç olarak çıkan görüntüde negatif değerlerin olmaması için 127 gibi sabit bir sayı eklenir. İki görüntü içinde değişiklik olmayan alanların spektral değerleri sonuç görüntüde 127'ye yakın değerler çıkacaktır. Değişiklik olan yerlerde ise 127 den daha düşük veya daha yüksek bir değer alacaktır. Bu görüntü transformasyonu kentleşme olan alanlarda veya yok olan orman alanlarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

Görüntü oranlama ve bölme yöntemi çok uygulanan bir transformasyon yöntemidir. Görüntü oranlama ile çeşitli yüzeylerin spektral yansımalarındaki değişimi ortaya çıkarılmaktadır. Bir başka ifadeyle iki farklı spektral bandın oranlamasıyla görüntüdeki eğimli yerlerdeki spektral yansıma ortaya çıkarılmakta ve görüntü zenginleştirilmektedir. Örneğin, sağlıklı bitki örtüsünün kırmızı spektrumdaki ışınları büyük oranda yutarken yakın kızıl ötesi ışınları büyük oranda yansıtmaktadır. Bu nedenle MSS band 7 (yakın kızıl ötesi 0.8-1.1 m) ile band5 (kırmızı 0.6-0.7) görüntüleri oranlandığında ortaya çıkan yeni görüntüye ait spektral değerler bitki için 1.0 den büyük çıkacak, toprak ve su için ise 1.0 e yakın çıkacaktır. Böylece bitki örtüsünün bulunduğu alanlar kolayca belirlenmiş ve zenginleştirilmiş olabilmektedir. Hastalıklı ve cılız bitki örtüsü alanlarının ise benzer uygulamalarda daha düşük değerler alacağı unutulmamalıdır. Böylece tarım alanlarındaki sağlıklı olan ürünlere müdahale daha çabuk yapılabilmektedir.

Çok bantlı veriyi oluşturan farklı bantlar arasında genellikle yüksek korelasyon olduğu zaman aynı spektral bilgiyi içermektedir. Örneğin Landsat MSS 4 ve 5 bantları böyledir. Görüntü transformasyon teknikleri çok bantlı verilerin istatistiksel karakteristikleri üzerine kompleks işlemler içerirler. Bu transformasyona Anabileşenler transformasyonu denilmektedir. Bu transformasyonun amacı veri boyutunu küçültüp orijinal bantların içerdiği bilginin çoğunu birkaç bantta toplayabilmesidir. Oluşan yeni bantlara istatistiksel prosedür olarak “bileşenler” denir. Örneğin; Anabileşenler transformasyonu bir Landsat TM görüntüsünde uygulandığında yeni oluşan görüntünün ilk üç bandı orijinal görüntünün 7 bantında bulunan bilginin %90 ‘nını içermektedir. Böylece büyük verilerle çalışmak kolaylaşmaktadır.

4.3.4.Görüntü Sınıflandırma Ve Analizi

Dijital görüntü sınıflandırma , tek veya çok bantlı verilerde piksel değerlerinin dijital rakam olarak gösterdiği spektral bilgiyi kullanır. Bu tip sınıflandırmalara spektral doku tanıma olarak adlandırılır. Buradaki amaç görüntüdeki pikselleri belirli özel sınıflara veya temalara ayırmak ve gruplandırmaktır. Örneğin; su , orman, tarım alanı vb. gibi. Genelde sınıflandırma yöntemlerini kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki gruba ayırabiliriz.

4.3.4.1. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma görüntüde yorumlayıcı tarafından belirlenen ve kimlikleri bilinen kontrol alanları aracılığı ile kimlikleri bilinmeyen piksellerin sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir. Kontrol alanlarının seçimi kontrollü sınıflandırma için sonucu belirleyen en önemli aşamadır.

4.3.4.1.1. Kontrol Alanlarının Belirlenmesi

Kontrol alanları dijital görüntü üzerinde poligon veya dörtgen şeklinde kapalı alan oluşturan çizgiler yardımıyla belirlenir. Kontrol alanları belirlenirken kişisel tecrübeler yanında, hava fotoğrafları ve çeşitli haritalardan yararlanılabilir. Kontrol alanları birçok pikselden oluşur. Kontrol alanlarından hassas ve iyi spektral sınıf bilgileri alabilmek için mümkün olduğunca daha büyük ve homojen alanların seçilmesinde fayda vardır. Her sınıf için mümkün olduğu kadar çok kontrol alanı seçilmesi de sonucun doğruluğunu etkileyen etmenlerden biridir.Kontrol alanlarının seçilmesinde belli başlı adımlar:

- Çalışma alanı ile ilgili hava fotoğrafları , topoğrafik haritalar gibi çeşitli bilgilerin toplanması.
- Bu bilgilerin güncelliğine ve yorumlayıcının arazi hakkındaki bilgisine göre arazi çalışması ile ilaveten bilgi toplanması gerekebilir. Bunun için önceden planlama yapılmalı ve mümkün olduğu kadar arazide çok alan gezilmeli ve

harita veya görüntü çıktısı gibi altlıklara not alınmalıdır. Arazi çalışması mümkünse görüntünün uydudan çekildiği tarih ile eş zamanlı veya aynı sezona denk getirilecek şekilde yapılmalıdır.

- Yapılacak planlamada arazide bulunması umudedilen kontrol alanları önceden görüntü üzerinde ve mümkün olduğu kadar büyük alanları işaretleyerek arazide rehber olabilecek altlıklar halinde hazırlanmalıdır.
- Kontrol alanlarının tüm bantlardaki histogramları ve elipsleri incelenmelidir. Hatta ortalama piksel değerleri ve varyansları incelenmelidir.İncelemede uygun olmayan kontrol alanları atılmalıdır.

4.3.4.1.2. Kontrollü Sınıflandırma Yöntemleri

Kontrollü sınıflandırmada görüntüdeki ilgi duyulan farklı yüzey türlerinin homojen örneklerinin belirlenmesi gerekir. Bu örnekler kontrol (training areas) alanları olarak adlandırılır. Uygun kontrol alanlarının seçimi yorumlayıcının alan coğrafyası ve görüntüdeki gerçek yüzey örtü çeşitleri hakkındaki bilgili olmasını gerektirir. İlk olarak kontrol alanını oluşturan tüm spektral bantlardaki her pikselin nümerik değerleri ayrı ayrı tespit edilir. Yorumlayıcılar her bir kontrol alanına ait nümerik özellikleri belirlemek için program veya algoritma kullanırlar. Görüntüdeki her piksel kontrol alanını oluşturan her bir sınıfın spektral özellikleri ile karşılaştırılır ve kendisine en yakın sınıfa örneklenir.

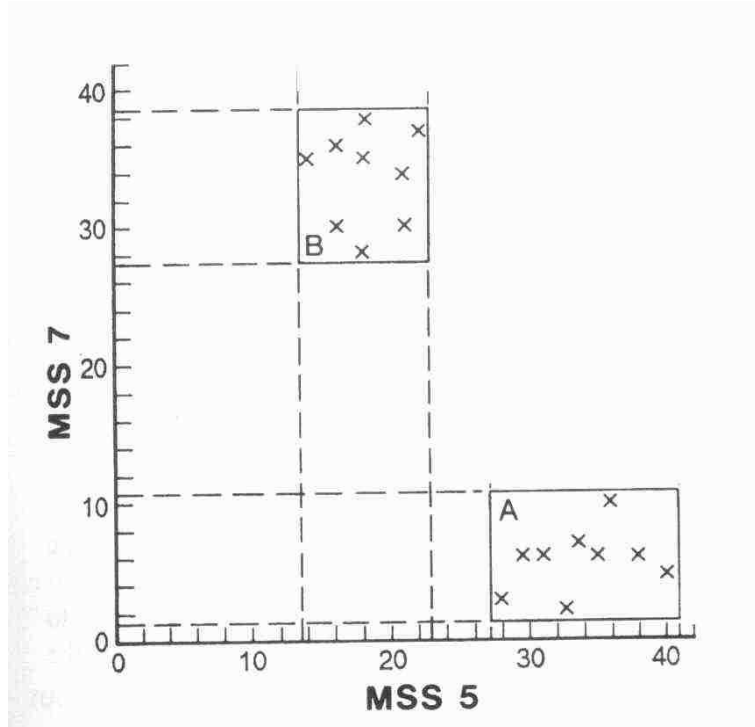
Kontrollü sınıflandırmada kullanılan belli başlı methotlar:

1. Paralel Kenar
2. En Kısa Uzaklık
3. En çok Benzerlik
4. Mahalanobis

4.3.4.1.2.1.Paralel Kenar Yöntemi

Paralelkenar yöntemi ile, görüntü verisindeki her katagori için belirlenen kontrol alanlarının her band için maksimum ve minumum spektral değerleri kullanarak bu sınırlar içinde kalan etiketi bilinmeyen pikselleri iki veya daha fazla

değişik bant kombinasyonlarında içinde bulundukları katogoriye ayrılmak suretiyle sınıflandırma yapılır (Şekil 4.10).

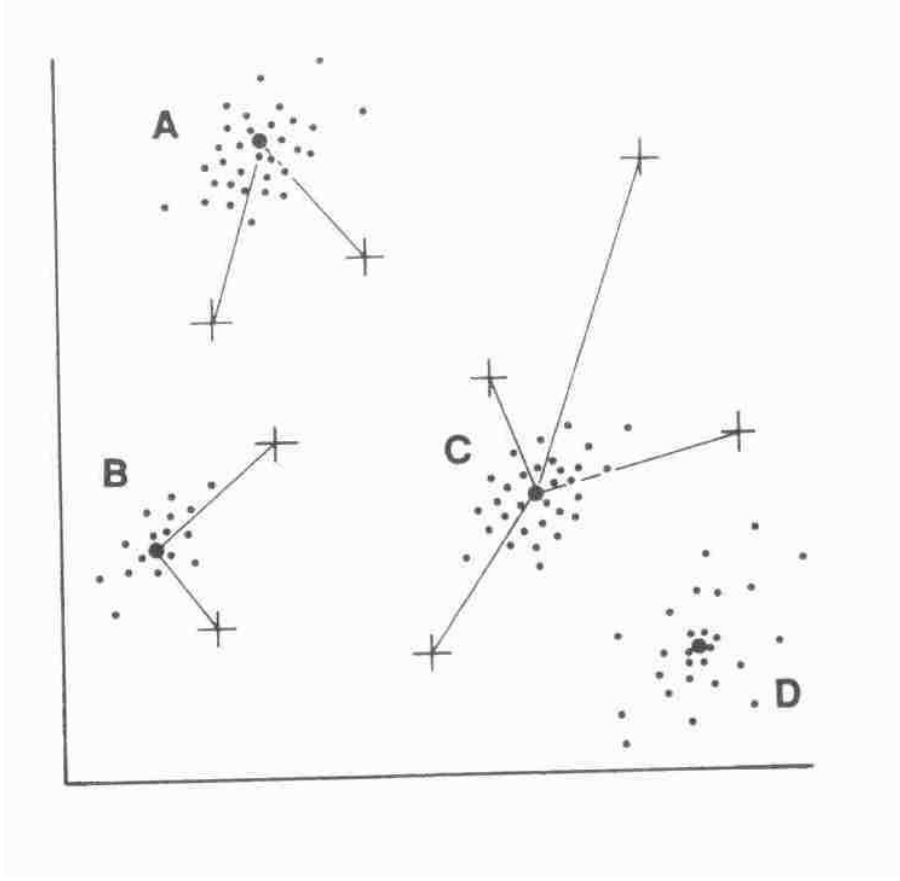


Şekil 4.10. Paralelkenar Yöntemi İle Landsat MSS'e Ait İki Bant Kullanılarak Belirlenen A ve B Sınıfına Ait Kontrol Alanları .

Parallelepiped sınıflandırma yönteminin diğer yöntemlere göre dolaysız ve basit olması gibi avantajları yanında bilgi sınıflarının spektral alanlarının çakışması , kontrol alanlarının spektral aralıklarının tam olarak doğru tespit edilemeyebilmesi gibi dezavantajları da vardır.

4.3.4.1.2.2.En Kısa Uzaklık Yöntemi

En kısa uzaklık yöntemi ile sınıflandırma, her bilgisel katagori için oluşturulan kontrol alanlarının spektral ortalama değerleri kullanılarak kontrol alanlarına ait spektral piksel değerleri çok bantlı olarak ele alınır ve her katogoriye en yakın olan bilinmeyen pikseller atanmak suretiyle sınıflandırma yapılır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. En Kısa Uzaklık Yöntemi İle Sınıflandırma

En Kısa Uzaklık yöntemi sınıflandırmada yeterli doğruluğu sağlamaması nedeniyle uzaktan algılama çalışmalarında pek kullanılmaz.

4.3.4.1.2.3. En Çok Benzerlik Yöntemi

En Çok Benzerlik yönteminde , bilinmeyen bir görüntü elemanının sınıflandırılması için sınıf spektral karşılık desenlerinin varyans ve kovaryansı kantitatif olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmede sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın, Normal dağılımı (Gauss Dağılımı) olduğu varsayılır. Bu varsayımın ışığı altında dağılım, ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Bu parametrelere bağlı olarak , belirli bir arazi örtü sınıfına ait olduğu bilinen bir görüntü elemanı için istatistiksel olasılık hesaplanır. Böylece olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir sınıfa ait olan görüntü elemanının hesaplanmış olasılığı belirlenmemiş bir pikselin sınıflandırılmasında kullanılır. Her bir sınıf için olasılık değerlendirmesinden sonra , görüntü elemanı en benzer olarak (en yüksek

olasılık değeri) nitelendirildiği sınıfa sokulacak veya olasılık değerinin önceden belirlenen eşik değerinin altında kalması durumunda “belirsiz” olarak nitelendirilecektir (Sunar, 91, s.12) (Şekil 4.12).

Multispektral sınıflandırma, görüntü piksellerinin spektral kümelerle gruplandırma işlemidir. Birbirine benzer objelere sahip iki desen, desen uzayında birbirine çok yakın olması beklenir. Bu basit varsayıma dayanarak pikseller en yakın komşu küme merkezine göre sınıflandırılır. Geleneksel multi spektral sınıflandırmada genelde En Yakın Komşu (En Kısa Uzaklık) yöntemi veya Bayesian olasılık yöntemi kullanılır. En yakın komşu sınıflandırma yöntemi en yakın uzaklık yöntemine dayanır. En Çok Benzerlik yöntemine göre sınıflandırma Bayesian olasılık kuralına dayanır. Benzerlik kuralı öncelikli olasılığı kullanır. Eğer tüm sınıfların öncelikli olasılıkları eşit olduğunu varsayarsak karar kuralı en kısa uzaklığa göre kullanılacaktır. Fakat tüm sınıfların olasılıkları eşit değilse ,karar kuralı ağırlıklı en kısa uzaklıklara (En Çok Benzerlik) göre işlem yapacaktır (Youngsinn S. et all, PE&RS, 1999, s.949) .

En Çok Benzerlik yöntemi bir çok sınıf ve spektral bantı birlikte kullandığı için güçlü bir sınıflandırma yöntemi olması yanında diğer basit tekniklere göre daha fazla bilgisayar kapasitesine ve buna bağlı olarak zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yöntemlerle kıyaslandığında bu yöntemin kontrol alanlarına daha duyarlı olduğu bilinilmekle beraber kontrol alanlarının dikkatlice seçilmesi halinde hatalara sebep olabileceğide bilinmektedir.

En Çok benzerlik genelde en yaygın olarak kullanılan güçlü bir sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntemde ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistiki değerler kullanılmaktadır. Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanmakta ve buna göre her pikselin hangi sınıfa daha çok benzediği karar verilmektedir. Bu fonksiyonların genel yazılımı aşağıdaki gibidir.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 * \ln(|Cov_c|)] - [0.5 * (X - M_c)^T * (Cov_c^{-1}) * (X - M_c)] \quad (4.5)$$

Burada:

D : Ağırlıklı mesafe,

c : Özel bir sınıf,

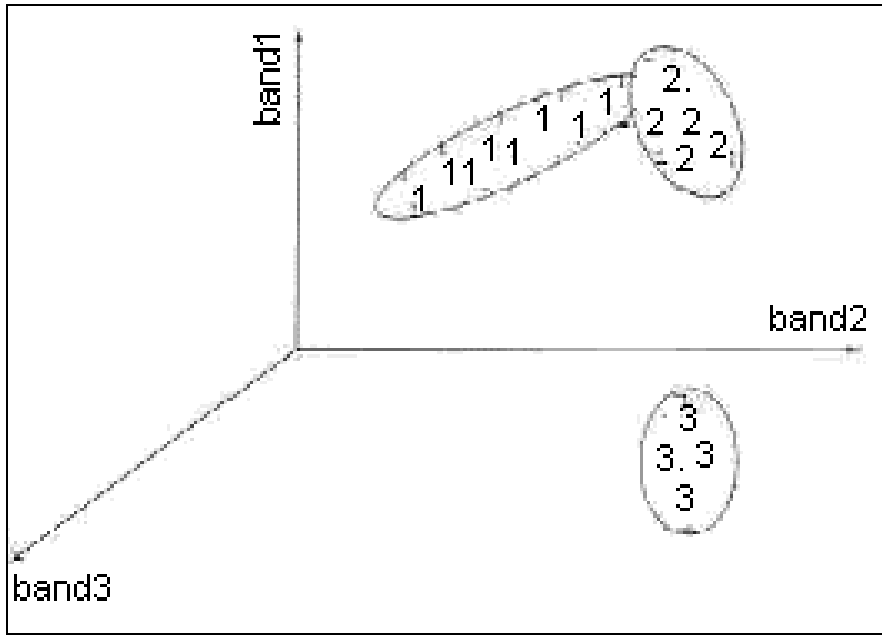
X : Aday pikselin ölçüm vektörü,

M_c : c örnek sınıfının ortalama vektörü,

a_c : aday pikselin c sınıfına ait olma ihtimal yüzdesi,

Cov_c : c örnek sınıfındaki piksellerin kovaryans matrisini

ifade etmektedir.

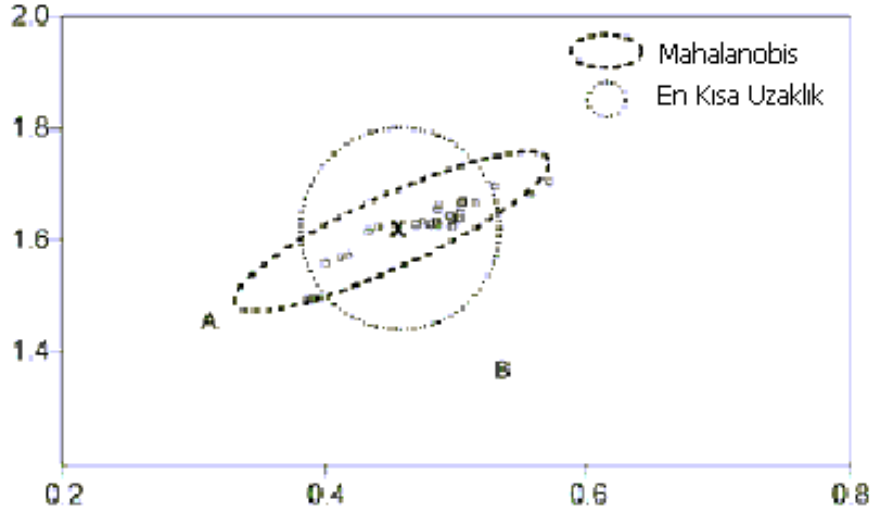


Şekil 4.12. En Çok Benzerlik Yöntemi İle Sınıflandırma

4.3.4.1.2.4 Mahalanobis Uzaklık

Mahalanobis Uzaklık yöntemi ile sınıflandırma, En Çok Benzerlik yöntemi ile sınıflandırmada olduğu gibi her sınıf için istatistiki değerleri kullanılmaktadır. Ancak, burada her sınıfın kovaryansları eşit sayıldığından daha hızlı sonuç alınabilmektedir. Fakat bu özelliği, sınıflandırma doğruluğu açısından En Çok Benzerlik yöntemine göre dezavantaj yaratmaktadır.

Mahalanobis Uzaklık yöntemi , kontrol alanlarındaki spektral değer farklılıklarına En Kısa Uzaklık ve Paralelkenar Uzaklık yöntemlerine göre daha duyarlıdır. Çünkü Mahalanobis Uzaklık yönteminde, kontrol alanlarından elde edilen standart sapma değerleri kullanılmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Mahalanobis Ve En Kısa Uzaklık Yönteminin Karşılaştırılması

Mahalanobis Uzaklık sınıflandırma eşitliği şöyledir:

$$D = (X - M_c)^T \cdot (Cov_c^{-1}) \cdot (X - M_c) \quad (4.6)$$

Burada:

D : Mahalanobis uzaklık,

c : Özel bir sınıf,

X : Aday pikselin ölçüm vektörü,

M_c : c örnek sınıfının ortalama vektörü,

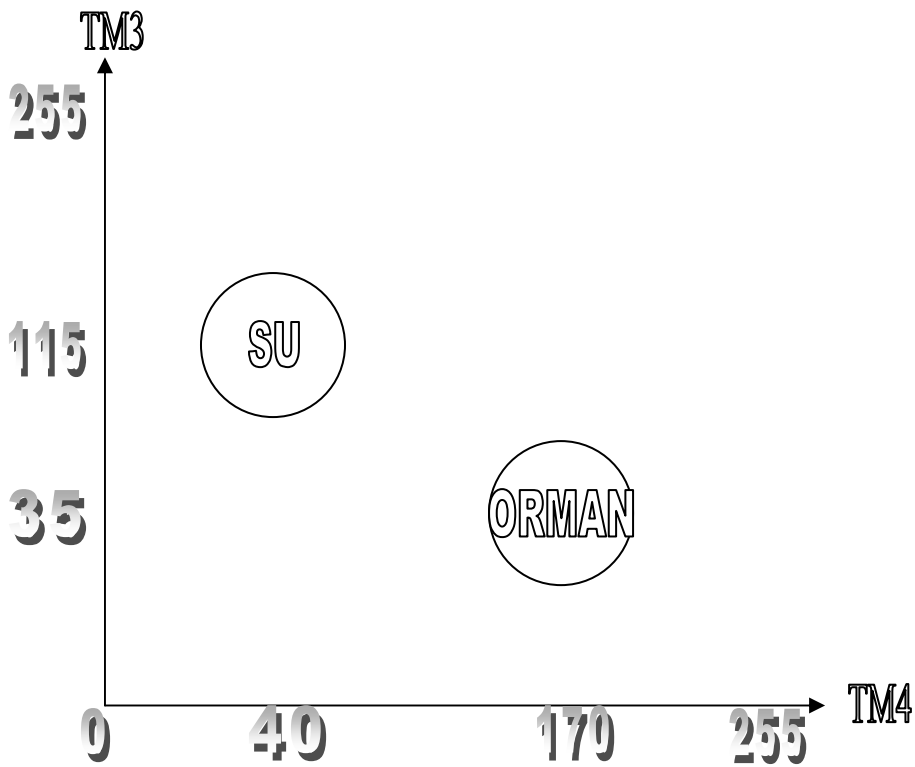
Cov_c : c örnek sınıfındaki piksellerin kovaryans matrisini

ifade etmektedir(Erdas, 1997, s.250).

4.3.4.2. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma kontrollü sınıflandırmanın tersidir. Öncelikle, nümerik veri ve bilgiye bağlı olarak spektral sınıflar gruplanır ve daha sonra bunlar yorumlayıcının elde ettiği bilgi sınıfları ile karşılaştırılır. Bilgisayar yazılımları genel olarak verideki doğal grupları ve yapıları belirlemek için kullanılır. Genelde yorumcu yazılımda kaç çeşit sınıf veya grubun olacağını belirler.

Kontrolsüz sınıflandırma, üzerinde çalışılan alan hakkında hiç veya çok fazla bilgimiz yoksa faydalıdır. Oluşturulan spektral sınıfların doğadaki karşılıkları hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve arazi çalışmalarından elde edilen bilgiler yardımıyla belirlenir. İki veya daha fazla spektral özellikteki değerlerin dağılımının en kolay gösterimi kartezyen gösterimidir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. İki Boyutlu Spektral Uzayda Görüntü Elemanlarının Kartezyen Yöntemiyle Gösterimi

Kontrolsüz sınıflandırmada, sayısal görüntülerdeki spektral gruplaşmaların belirlenmesinde kullanılmak üzere birçok algoritma geliştirilmiştir. Genel olarak en çok yaygın olarak kullanılan Öklit uzaklığıdır.

$$\text{öklit} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad (4.7)$$

n : bant sayısı

X , Y : n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri

öklit : n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki uzaklığı

Kontrolsüz sınıflandırmada, görüntüdeki spektral kümelerin merkezleri öncelikle aritmetik ortalama ile geçici olarak belirlenir. Kümeye katılan her yeni piksel değeri ile birlikte aritmetik ortalama tekrar hesaplanarak n boyutlu uzayda küme merkezinin konumunda istikrar sağlanana kadar iterasyon yapılır.

4.3.4.3. Kontrollü Ve Kontrolsüz Sınıflandırmanın Karşılaştırılması

Kontrollü sınıflandırmanın kontrolsüz sınıflandırmaya göre bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Avantajlarından ilki , yorumcuya spesifik bir konu ve amaç dahilinde sınıflandırma oluşturmayı sağlar iken ikincisi , yorumcuya kontrollü sınıflandırma sonucunda oluşturulan harita ile ilgi duyulan veya elde bulunan katagoriler arasında karşılaştırma zorluğu çekilmemesini sağlar.

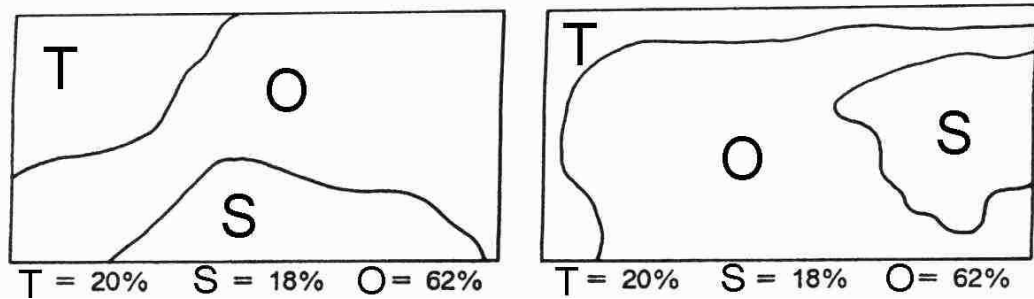
Dezavantajlarının ilki yorumcunun kendi belirlediği bilgi sınıfları bilgi uzayında iyi belirlenmemiş olabilir. Bu nedenle görüntünün doğal spektral sınıflarına birebir uymaması olabilir. Bu aşamada çoğunlukla yoğunluk, gölge etkisi gibi etmenler gözardı edilmekte ve bununla zayıf kontrol alanlarının (Özellikle büyük ve kompleks alanlarının sınıflandırılmasında.) oluşmasına sebep olmaktadır. İkincisi ise, yorumlayıcının belirlediği kontrol alanları, tüm görüntüdeki aynı alanların durum ve özelliklerini ortaya koymayabilmesidir.

Şehirsel alanlarda heterojen ve küçük boyutlu materyeller çok olduğu için sınıflandırmada karışık piksellerin yüzdesi normal homojen alanlara göre yüksek olmaktadır. (Ridd, 1995, s.469).

4.3.4.4. Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Doğruluk değerlendirmesi , değerlendirilecek olan uzaktan algılama verisi ile doğruluğu kabul edilen referans bir harita veya bilgiler arasındaki uyuşumun karşılaştırılmasına dayanır. Referans bilgi burada çok önemlidir. Eğer referans bilgi hata içerirse bunun sonucu olarak doğruluk değerlendirmesinde hatalı olacaktır. Diğer bir önemli husus , karşılaştırılacak harita , görüntü veya bilgilerin aynı mevsimde elde edilmiş olmasıdır.

Karşılaştırma işleminin en basit yöntemi her katogori için alanlara göre değerlendirme yapılmasıdır. Karşılaştırma sonucu bilgi katogorilerinin alansal oranları olarak verilir. Burada yanlış sınıflandırmalar dikkate alınmaz. Çünkü sadece genel olarak alansal oranlar göz önüne alınmaktadır (Şekil 4.15) .



Şekil 4.15. Alansal Oranlarda Karşılaşılan Benzerlik Sorunu

Şekilde görüldüğü gibi her iki haritanın şekli farklı yapıya sahip olduğu halde , her iki haritadaki her katogori için bulunan alanların oranı aynıdır. Haritadaki sınıfların konumlarından ziyade sadece alanların toplamını dikkate alan hatalar “envanter hatası “ olarak adlandırılır (Gershmell, 1982, s.471).

Sınıflandırılmış uydu görüntülerinin , çalışma alanına ait doğruluğu kesin olarak bilinen referans verilerle (haritalar, sınıflandırılmış uydu görüntüleri veya

GPS ölçmeleri vb. gibi) ile karşılaştırılmasıyla, sınıflandırmada elde edilen doğruluk oranı belirlenebilir. Bu amaçla, sınıflandırma sırasında veya sınıflandırılmış veri üzerinden pikseller seçilerek bu piksellerin referans verilerle uyumu irdelenir. Piksellerin rastgele seçilmesi, kullanıcının elde edeceği doğruluk hakkında önceden bilgi sahibi olma olasılığını ortadan kaldırır. Bir sınıfın doğruluğunun ± 5 % doğruluk ile belirlenebilmesi için, sınıflandırılmış veri üzerinden seçilecek 250'den fazla piksele ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca hata matrisleri , Kappa katsayısı ile istatistik olarak analiz edilebilir. Kappa katsayısı, hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ve köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır ve 0 ile 1 arasında değer alır (Musaoğlu, 1999, s.39).

$$P^* = \sum P_{a(i)}.P(i) \quad (4.8)$$

$$Kappa = k = (P_o - P^*) / (1 - P^*)$$

Burada:

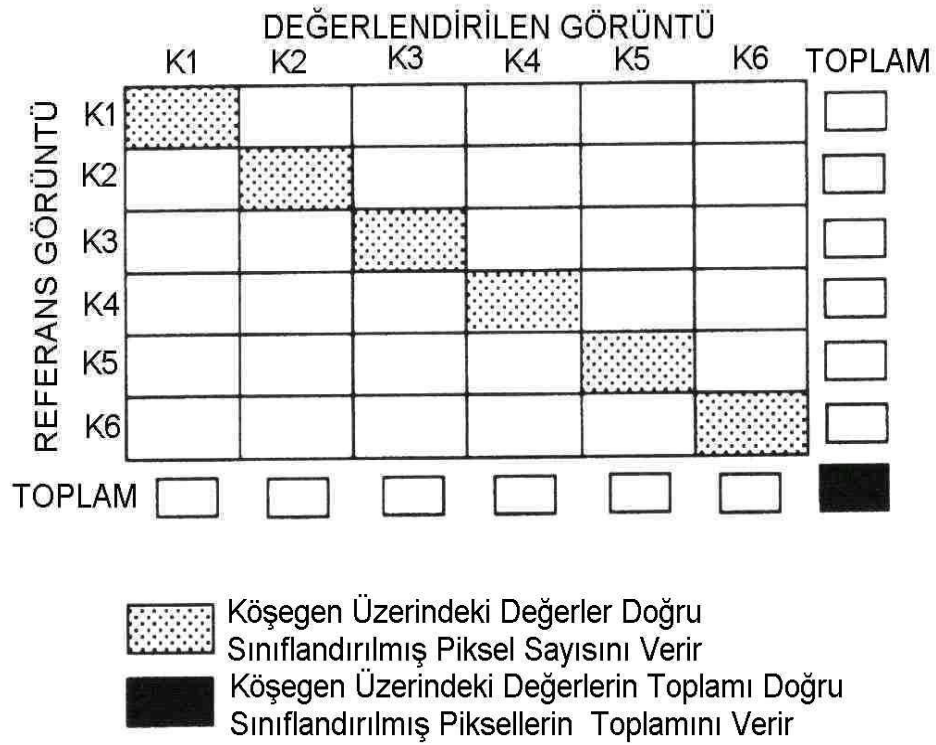
P_a : Her bir sütun toplamının , tüm sütunlar toplamına bölünmesiyle elde edilen değeri.

P : Her bir satır toplamının , tüm satırlar toplamına bölünmesiyle elde edilen değeri.

P_o : Hata matrisinin köşegeni üzerindeki elemanların toplamının , her bir satır veya sütundaki elemanların genel toplamına bölünmesiyle elde edilen değeri

ifade edilmektedir (Gershmell, 1982, s.471).

Doğruluk değerlendirmesinin diğer bir şeklide iki haritanın spesifik konumlarına göre detaylı değerlendirilmesine dayanır. Bu tür hatalar sınıflandırma hatası olarak adlandırılır (Gershmell, 1982, s.471). Burada değerlendirme piksel bazında yapılır. Sınıflandırma için oluşturulan kontrol alanlarının bir kısmı doğruluk değerlendirmesi için kullanılabilir. Konumsal doğruluk değerlendirmesinin genelde uygulanan şekli hata matrisi oluşturulmasıdır. Hata matrisinin dikey ekseninde genelde referans bilgideki katogoriler yer alır. Yukarı kenarda ise değerlendirilecek görüntüye ait katogoriler yer alır. Matris içinde her katogori için piksel sayısı kullanılır. Bu işlem tüm bir görüntü için yapılabileceği gibi belirli örnekler dahilinde de yapılabilir. (Şekil 4.16)



Şekil 4.16. Sınıflandırma Hata Matrisi

4.4. Veri Entegrasyonu

Geçmiş yıllarda analog uzaktan algılamada sadece fotoğrafik bilgi kaynakları bulunmakta idi. Uzaktan algılama teknolojileriyle günümüzde birçok veriyi dijital ortamda elde etmek ve kullanmak mümkündür. Veri entegrasyonu, daha iyi ve daha çok bilgi elde etmek için birçok kaynaktan elde edilen verilerin birleştirilmesi ve bütünleştirilmesidir. Bunlar değişik zamanlı, farklı çözünürlüklü, çeşitli algılayıcılardan elde edilmiş veriler olabilmektedir. Farklı zamanlarda elde edilen veriler bölgedeki değişimi tespit edebilmek için biraraya getirilerek bütünleştirilmekte ve elde edilen görüntülerin sınıflandırılmış halleri karşılaştırılarak değişim tespiti yapılabilmektedir. Farklı çözünürlüğe sahip verilerin bütünleştirilmesi ayrıca bir çok uygulama için yararlı olmaktadır. Yüksek çözünürlüklü veri ile düşük çözünürlüklü bir verinin birleştirilmesi ile daha belirgin , keskin bir detaya sahip görüntü elde edilebilmektedir. Örneğin, Spot pankromatik (10m) tek bantlı görüntünün Landsat TM (30m) görüntü ile birleştirilmesi gibi.

Diğer taraftan farklı algılayıcılardan elde edilen verilerin birleştirilmesi birçok uygulama için yararlı olabilmektedir. Buna en iyi örnek olarak çok bantlı optik veri ile radar görüntüsünün birleştirilmesini vermek mümkündür. Burada optik veri yüzey örtülerinin ayırt edilebilmesi için iyi bir spektral bilgi sağlarken , radar görüntüleri yüzeyin topoğrafik yapısını daha iyi ortaya çıkarılabilmektedir.

Veri entegrasyonu için genelde verilerin aynı koordinat sisteminde olması gerekir. Bu durum uydu görüntüleri ile diğer verilerin birleştirilmesi ve entegrasyonuna olanak sağlar. Örneğin dijital formdaki yükseklik verisi ile uydu görüntüsü entegre edilerek, görüntü alanının üç boyutlu perspektif görünümü elde edilebilmektedir.

5.UYGULAMA

5.1. Uygulama Konusu Ve Amacı

Günümüzde açık maden ocaklarının haritasının yapılmasında ve güncellenmesinde uzaktan algılama yöntemi yersel jeodezik ve fotogrametrik yöntemlerle tam olarak rekabet edecek düzeye gelememiştir. Açık maden ocağı alanı kendi içinde irili ufaklı birçok açık maden ocağı işletmelerinden oluşabilir. Açık maden ocağı haritaları sık periyotlarda farklı sınıf ve ölçeklerde üretilmektedir. Sık periyotlarda düzenli olarak tüm açık maden ocağı alanındaki değişikliklerin ve yeni kazı-dolgu yerlerinin tespit edilmesinde, yerel ve ulusal yönetimlerin yeni gelişmelere yönelik restorasyon ve planlama çalışmalarında haritaların güncellenmesi gerekmekte olup büyük bir öneme sahiptir. Bu yönden görüntülerdeki uzaysal çözünürlüğün 1:25.000 ve 1:100.000 ölçekli haritalar üretmeye ve dijital görüntülerin açık maden ocaklarındaki değişimlerin tespit edilmesine imkan verdiği günümüzde uzaktan algılama yöntemi önemli bir rol oynamaktadır (Legg, .1994, pp.139)

Bu çalışmada Soma havzasındaki Eynez ve Işıklar açık kömür ocaklarındaki 1989 ve 1999 yıllarına ait değişiklikler uzaktan algılama yöntemi ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Uygulamada uzaktan algılama verisi olarak 30m. uzaysal çözünürlüğünde yedi spektral bantlı Landsat TM görüntüleri kullanılmıştır.

5.2.Uygulama Alanının Tanıtımı

Soma, Manisa İl merkezine 90 km., Balıkesir İl merkezine 80 km., Bölgenin metropolü olan İzmir'e ise 140 km. uzaklıktadır. Soma Kuzey Ege Bölgesinde, Akhisar-Bergama karayolu, Ankara-İzmir demiryolu üzerindedir. İlçe, deniz seviyesinden ortalama + 160 m. Yükseklikteki Bakırçay vadisinde kurulmuştur.

Havzada karakteristik İç Ege iklimi görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Sıcaklık, yazları + 25, + 30 C° kışları - 5, +10 C° arasında değişmektedir. İlkbahar ve sonbahar bol yağışlıdır. Kış aylarında zaman zaman kar yağışı görülür. Bölgenin en önemli yükseklikleri, kuzeydeki Göktepe (736 m.) , Adaçam tepe (334 m.) , Adatepe'dir (317 m.) . Güneyde ise, Dede tepe (1211 m.) , Sarıkaya tepe (951 m.) , Asar tepe (946 m.) , Kocadağ (556 m.) , Asarcık kaya tepe (531 m.) ve Karapınar tepe (310 m.) bulunmaktadır.

Havzanın en önemli akarsuyu, doğudan batıya doğru akan Bakırçay'dır. Bu akarsuya kuzeyden ve güneyden karışan bir çok dereler vardır. Bunların en önemlileri kuzeyde Kör dere, Döşeme dere ve Yağcılı çayı güneyde ise, Karadere ve Değirmendere'dir.

Bitki örtüsü, Akdeniz iklimine uygundur. Yüksek yerler genellikle çam ormanları ile kaplıdır. Alçak yerler ve düzlüklerde ekili ve dikili tarım alanları yer almaktadır.

Soma Bölgesindeki linyit, 1913 yılında bulunmuştur. Aynı yıl, Akhisarlı Ragıp ve Çimeris beyler tarafından üretimine başlanmıştır. 1914 - 1918 Birinci Dünya Savaşı sırasında, özellikle ordunun yakacak ihtiyacı için üretim yapılmıştır. 1918 - 1922 tarihleri arasında mütareke hükümleri gereği, Fransa kömür istihsalinde bulunmuştur. 1922 - 1939 yıllarında, sırasıyla İktisat Vekaleti, Faik Sabri, Nuri Aziz, Yunus Nadi tarafından kömür üretilmiştir. 1939 - 1957 döneminde ocaklar, Etibank tarafından işletilmiştir. 1957 tarihinden itibaren Soma Havzası, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu tarafından işletilmektedir. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü (TKİ) , 01.09.1957 tarih ve 6974 sayılı yasayla kurulmuştur (<http://bilginm.8k.com/soma>).

Eynez sektörü, ilk defa 1946 yılında Şevket Çamlıca tarafından işletmeye başlanılmıştır. Sektör, 1947 yılından sonra, Nadir Hakkı Önen tarafından işletilmiştir. Daha sonra ocaklar, 17.05.1979 yılında, TKİ Kurumuna devredilmiştir.

1985 Yılında, 45.039.984 tonluk, 1.500.000 ton/yıl üretim kapasiteli Deniş-I sektörü üretime başlamıştır (<http://bilginm.8k.com/soma>).

Soma Havzasının temel kayaçları, paleozoik yaşlı grovak ve mezozoik yaşlı kristalize kireç taşlarından meydana gelmiştir. Temelin üzerine uyumsuz olarak gelen neogen çökelleri; miyosen yaşlı taban serisi (M_1) , marn serisi (M_2) , kireçtaşı serisi (M_3) ile pliyosen yaşlı kumtaşı, alacalı kil (P_1) ve marn-tüf (P_2) serisidir. Kömür horizonu ise, üç tabaka halinde oluşmuştur. Bunlar; ana tabaka (KM_{1-2}) , orta tabaka (KM_3) ve üst tabaka (KP_1) olarak adlandırılırlar. Ana tabaka ; M_1 , M_2 formasyonları arasında yer alır. Havzanın en önemli kömür tabakasıdır. Ortalama 20 m. kalınlığa sahiptir. Siyah parlak renkli, konkoidal kırınımlı ve sert bir yapıya sahiptir.

Orta tabaka ; M_3 formasyonunun üst seviyelerinde oluşmuştur. Bol ara kesmeli ve devamlılığı olmadığından ekonomik değildir. Açık ocaklarda kısmen üretilmektedir. Üst tabaka ; pliyosenin $P_1 - P_2$ formasyonları arasında yer almaktadır. Bol killi ve kalorisi düşüktür. Denişte termik santral için üretilmektedir.

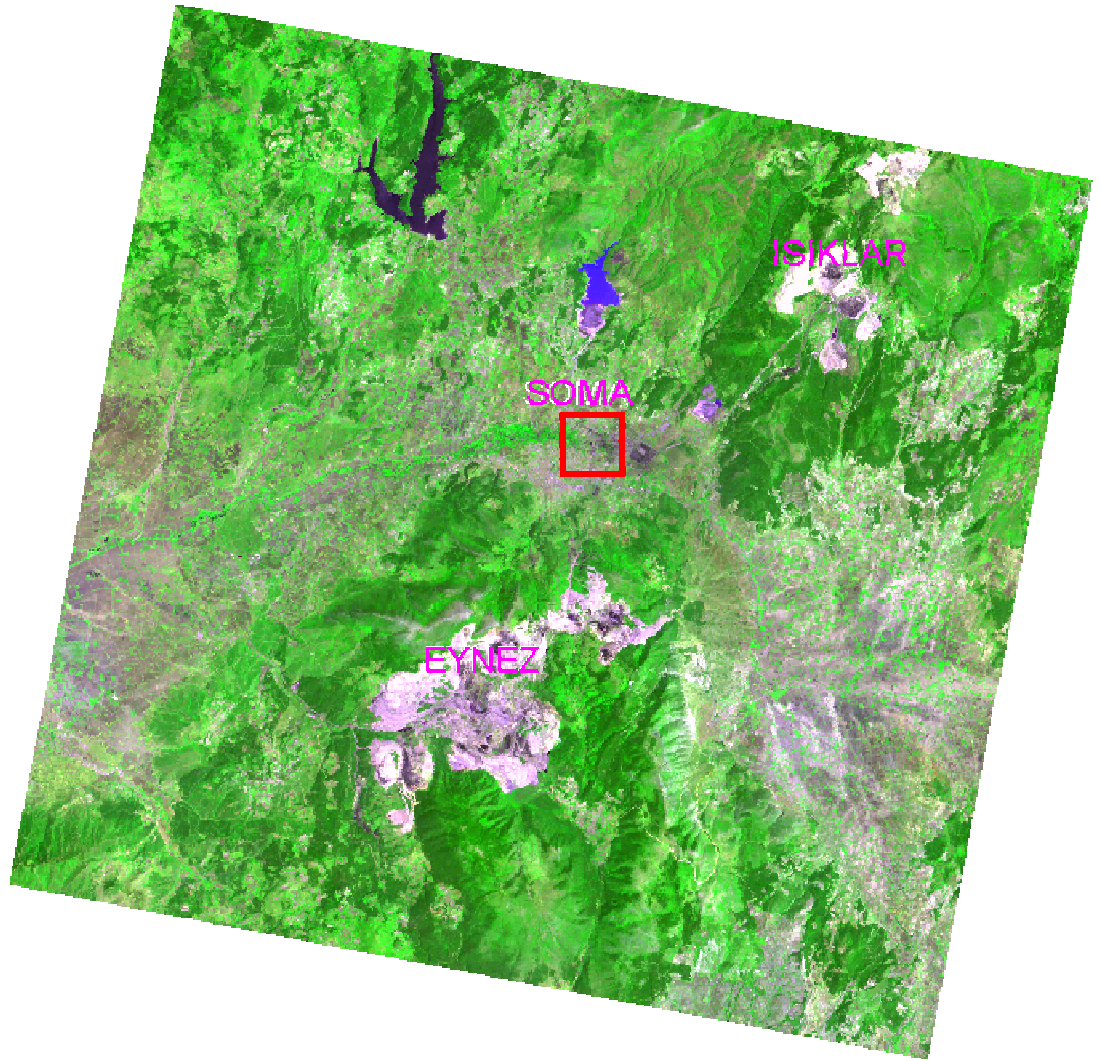
Dayanıklı ve sert olduğundan, hazırlık çalışmaları marn (M_2) içinde yapılmaktadır. Söz konusu kayaç, bejimsi gri renkli olup, laminalanmadan kalın katmanlaşmaya kadar tabakalaşma gösterir. Ayrıştığında açık renk alır. Karakteristik konkoidal kırılma yüzeyleri görülür. Yaprak ve bitki izlerinin bulunması, bu seviyenin en belirgin özelliğidir. Marnlar bu seviyede genellikle ince plaketer halinde yer alırlar. Temel kayaçlar belirgin jeolojik süreksizlikler içermektedirler. Özellikle kireçtaşı ve marn formasyonlarında, çatlak aralıklarının yer yer 1 –5 mm. Arasında kalsit dolgu ile kaplı olduğu görülmektedir. Bundan başka yer yer erime boşlukları bulunmaktadır. Havzada neogen sonrası volkanik faaliyetler olduğu görülmektedir. Kırıklı zonlarda dayklar şeklinde ortaya çıkmaktadırlar. Sahada miyosen öncesinden başlayıp, pliyosene kadar faaliyetlerini sürdüren tektonik hareketler gözlenmektedir. Genellikle normal atımlı gravite fayları bulunmaktadır (<http://bilginm.8k.com/soma>).

Bölge Müdürlüğü'ne ait ruhsat sahalarında bu güne kadar yapılan arama ve araştırma çalışmalarında tespit edilmiş olan görünür + muhtemel rezerv 636.000.000

tondur. İşletmece yapılan son değerlendirmede, havzanın toplam rezervinin % 36'sı açıkocak işletme yöntemi ile üretilecektir.

5.3.Uygulama Alanındaki Açıkocak İşletmeleri ve Üretim Yöntemleri

Eynez açık ocağı Soma havzasının güneyinde , Işıklar açık ocağı ise kuzeyde bulunmaktadır (Şekil 5.1). Açık ocakların Soma şehrine yakın olması nedeniyle buradan çıkarılan kömürün önemli bir kısmı şehirdeki termik santralde kullanılmaktadır.



Şekil 5.1. Soma Havzasının 1999 Yılına Ait Landsat TM Görüntüsü

Açıkocak kömür madenciliğinde başlıca üç yöntem uygulanır;

- Tabaka meyli boyunca, mostradan başlayarak derine doğru inmek
- Tabaka meyli boyunca yukarı doğru çalışmak
- Tabaka doğrultusu boyunca ilerlemek (kutu – kazı) yöntemi

Soma havzasında, mostradan başlayarak derine doğru yapılan kazı yöntemi uygulanmaktadır. İşletmelerde en fazla esnekliği olan, ekskavatör – kamyon kombinasyonu tercih edilmiştir. Bu yöntem, tabaka eğiminin 20 derecenin üzerinde olması topografyanın engebeli oluşu, örtünün sert ve tabakalaşma gösteren formasyonlardan oluşması gibi nedenlerden dolayı seçilmiştir.

Delme+patlatma yöntemi ile gevşetilen örtü toprağı, ekskavatörlerle kazılıp kamyonlara yüklenmekte ve döküm harmanına götürülüp dökülmektedir. Ekskavatör+kamyon yöntemi bazı yöntemlere göre, genelde daha pahalı olmakla beraber, topografyaya uyum sağlayabilmesi, sert ve iri parçalı malzemenin kazısında kullanılabilmesi, panolar arası yer değiştirmenin kolay olması, gibi üstünlükleri nedeniyle, TKİ'nin Elbistan dışındaki bütün işletmelerinde, başarıyla uygulanmaktadır.

İşletmedeki örtü malzemesi genel olarak orta sert ve sert marndır. Dekapaj çalışmalarında, ayna 9 inçlik delicilerle 6-8 m. aralıklarla 17 m. derinliğinde delinmektedir. Deliklere AN-FO karışımı ve “emülite” konularak patlatılmaktadır. Patlatılarak gevşetilen malzeme 17 – 20 yarda küp kepçe kapasiteli ekskavatörlerle 85-170 short tonluk kamyonlara yüklenip, harman yerine götürülerek dökülmektedir. Kömür, yükleyiciler ile aynadan kopartılamayacak kadar sert olduğu yerlerde, patlatılarak gevşetilmektedir. Kepçelerle kamyonlara yüklenerek ve silolara taşınmaktadır. Bu silolar; elek, lavvar veya termik santral nakil bandı silolarıdır. Bazen piyasa kamyonlarına da aynadan kömür yüklemesi yapılmaktadır.

ELİ (Ege Linyit İşletmeleri) Bölge Müdürlüğü'ne özellikle 1984 yılından sonra gelmeye başlayan iş makineleri, dekapaj ve üretim faaliyetlerinde kapasite kullanımını arttırmıştır. Açıkocaklarda değişik kapasitelerde 15 adet elektrikli ekskavatör , 7 adet hidrolik ekskavatör ve 22 adet yükleyici olup, toplam yükleme

kapasitesi 442,72 yarda küptür. Bu yükleme kapasitesine uygun olarak, İşletmenin açıkocaklarında 122 adet 85 s.tonluk, 34 adet 50 s.tonluk 10 adet 170 s.tonluk ağır iş kamyonu, dekapaj ve kömür nakliyesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, hazırlık işlerinde değişik kapasitelerde 24 adet delik makinesi, 50 adet buldozer kullanılmaktadır. Yardımcı iş makinesi olarak, greyder, sulama arabası, yağlama arabası, mazot arabası, vinç, kanal açma makinesi, su tulumbası, personel nakil araçları mevcuttur.

5.4. Uygulamada Kullanılan Veriler

Bölgeye ait farklı zamanlarda çekilmiş Landsat TM görüntülerine ilaveten bölgenin topoğrafik yapısını ve özelliklerini belirlemek , uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında ve geometrik düzeltme getirilmesinde yararlanmak üzere çeşitli topoğrafik haritalardan ve arazi çalışmalarından faydalanılmıştır.

5.4.1. Haritalar

Bölgeye ait 9 adet 1: 25.000 ölçekli topoğrafik harita arazi ve laboratuvar çalışmalarında referans olarak alınmıştır. Bölgenin topoğrafyasını elde etmek için 50 metre de bir eş yükselti eğrileri sayısallaştırılmış ve digital ortama aktarılmıştır. Ancak arazinin yapısına göre gerekli yerlerde eş yükselti eğrileri 20 m’de bir geçirilmiştir. Ve bölgeye ait topoloji oluşturulmuştur.

5.4.2 .Arazi Çalışması

Görüntülerin sınıflandırılması ve geometrik düzeltilmesinde kullanılmak üzere arazide anayol kesişimlerinde ve Bakırçay’ı üzerinde bulunan köprülerde GPS ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sırasında sınıflandırmaya altlık teşkil etmek üzere arazideki obje türleri daha önce mevcut olan topoğrafik haritalara ve kotROLSÜZ sınıflandırma ile elde edilmiş diğer altlıklara işlenmiştir.

5.4.3.Kullanılan Uydu Verileri, Bilgisayar Donanım ve Yazılım

Doğal kaynakların en iyi şekilde kullanılması , yeni kaynakların araştırılması çevre kirliliğinin izlenmesi gibi çeşitli uygulamaları gerçekleştirmek için elektromagnetik spektrumun farklı bölgelerinde çalışan algılayıcı sistemlerin yapısına ve uygulama alanlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmada 02.02.1989 ve 28.05.1999 tarihli 30 m. Çözünürlükte 7 kanala sahip Landsat TM kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bilgisayar donanım ve yazılım araç gereçleri :1 adet Pentium III 733 bilgisayar , bir adet A3 tarayıcı , renkli yazıcı , ERMAPPER6.1 görüntü işleme yazılımı , ARC View 3.2 CBS yazılımı.

5.5. Uygulama Aşamaları

Öncelikle uydu görüntülerinde çalışma yapabilmek için görüntülerin yeryüzü koordinat sistemine uyarlanması gerekmektedir. Daha sonraki aşamalarda da arazi çalışmasından elde edilen verilerle geometrik düzeltme getirilmiş görüntüler üzerinde üçboyutlu arazi modelinin geçirilmesi, bitki indeksi oluşturulması ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

5.5.1.Yer Kontrol Noktalarının Seçimi ve Geometrik Düzeltme

Uydu görüntülerine belirli bir harita koordinatı vermek için ED50 datumunda UTM projeksiyon sistemine uygun 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Landsat görüntüsünün kapladığı alana 9 adet 1/25000 lik topoğrafik harita girmektedir (J19d1 , J19d2 , J19d3 , J19d4 , J19a3 , J19a4 , J19b3 , J19c2 , J19c3). Topoğrafik haritalar ve görüntü üzerinde 7'si 1989 görüntüsünde , 12'si 1999 görüntüsünde kullanılmak üzere toplam 19 adet yer kontrol noktası seçilmiştir(Şekil 5.2 ve Şekil 5.3). Yer kontrol noktalarının tespiti daha çok yol kesişimleri, köprüler , göl ve baraj gibi çizgiselliği belirgin objelerden faydalanarak yapılmıştır (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Burada uydunun uzaysal çözünürlüğüne göre

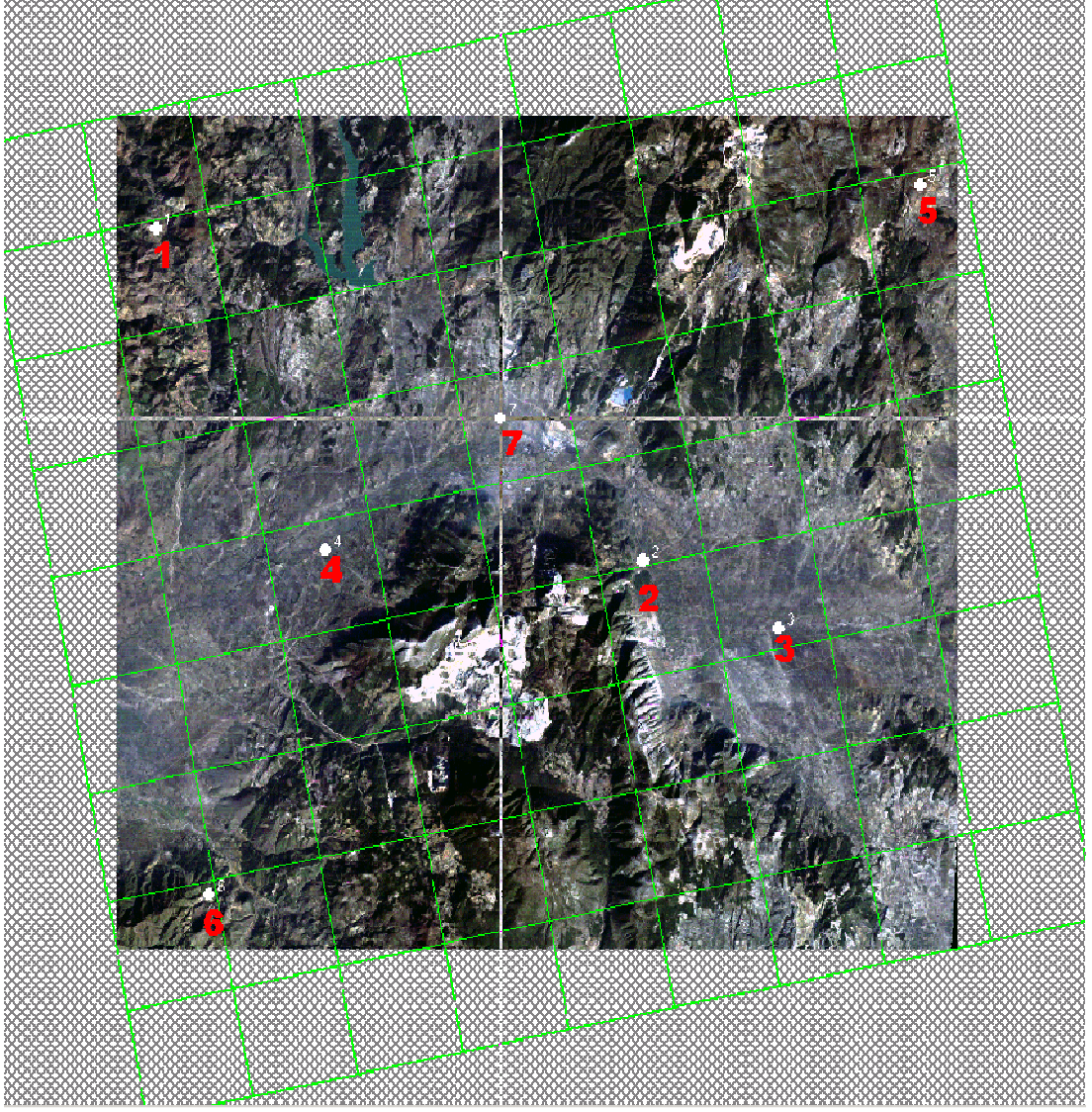
noktayı tanımlama olanağı değişmektedir. Yer kontrol noktalarının UTM koordinat sistemindeki değerleri, ERMAPPER yazılımında görüntüdeki piksel koordinatlarına karşılık olarak girilmiştir. Uydu görüntülerinin geometrik dönüşümünde 1.derece lineer polinom uygulanmıştır (Tablo 5.1 ve 5.2). Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 ‘de görüldüğü gibi geometrik dönüşümler yaklaşık 0.5 piksel civarında gerçekleşmiş olup RMS ‘leri bir pikselden büyük olanlar elenmiştir .

Tablo 5.1 : 1989 Görüntüsü İçin Seçilen Yer Kontrol Noktalarının Koordinat Ve Karesel Ortalama Hata Değerleri

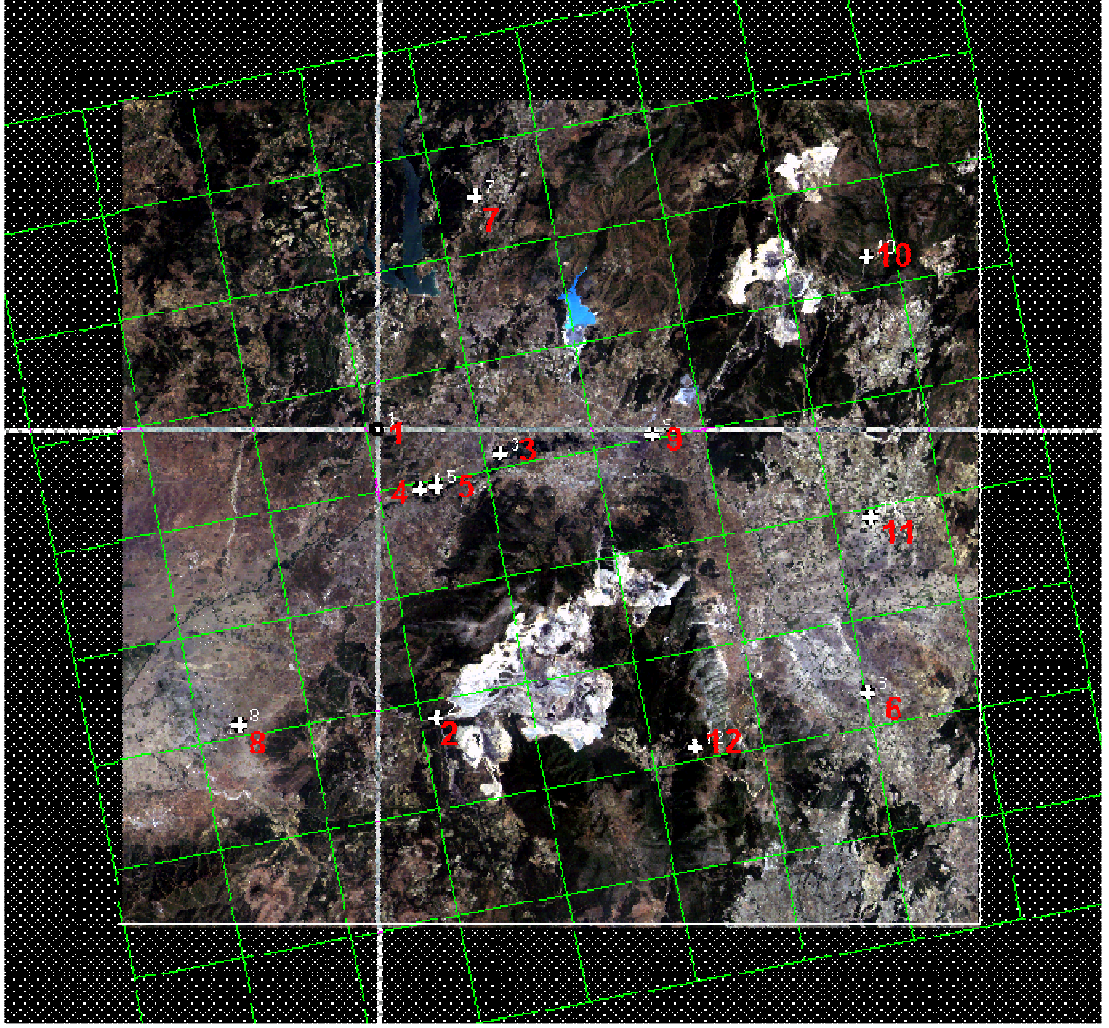
Nokta No	Piksel Koordinatları		Harita Koordinatları		RMS (piksel)
	X (piksel)	Y (piksel)	Sağa (m)	Yukarı (m)	
1	60.04	153.08	540013.54	4349941.32	0.35
2	783.82	600.97	557802.89	4333537.54	0.70
3	985.00	692.27	562949.85	4329919.69	0.37
4	311.05	587.19	544680.93	4336471.31	0.30
5	1195.09	92.96	572020.20	4345565.72	0.42
6	138.54	1052.89	537385.85	4324383.77	0.41
7	570.44	408.91	552877.23	4340071.56	0.36

Tablo 5.2 : 1999 Görüntüsü İçin Seçilen Yer Kontrol Noktalarının Koordinat Ve Karesel Ortalama Hata Değerleri

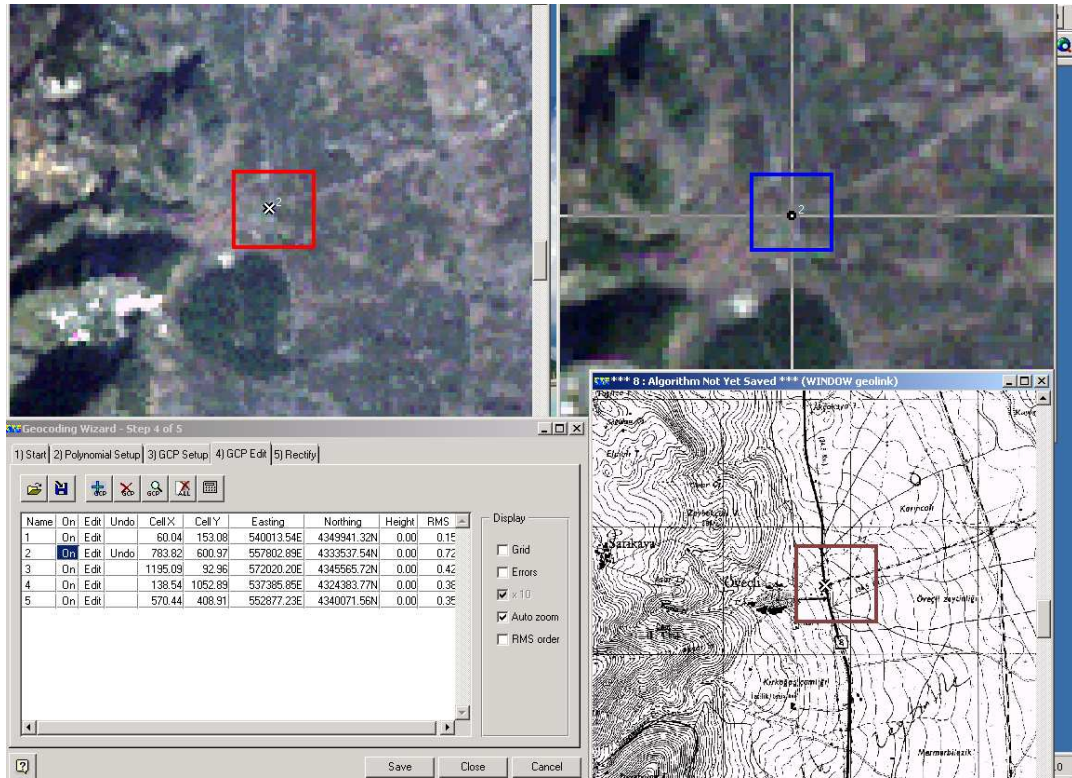
	Piksel Koordinatları		Harita Koordinatları		
Nokta No	X (piksel)	Y (piksel)	Doğu (m)	Kuzey (m)	RMS (piksel)
1	352.60	456.40	545210.00	4341000.00	0.23
2	433.70	857.39	545375.00	4328750.00	0.07
3	523.05	492.09	550020.00	4339010.00	0.32
4	412.37	540.62	546500.00	4338200.00	0.25
5	434.97	537.65	547175.00	4338150.00	0.31
6	1032.40	823.79	563150.00	4326400.00	0.65
7	488.13	133.54	550980.01	4349761.50	0.34
8	163.15	867.85	537382.42	4329955.02	0.57
9	733.73	464.94	556364.20	4338611.21	0.36
10	1029.84	217.73	566450.41	4344225.52	0.57
11	1036.49	578.90	564654.39	4333583.29	0.67
12	791.52	898.88	555663.61	4325506.42	0.59



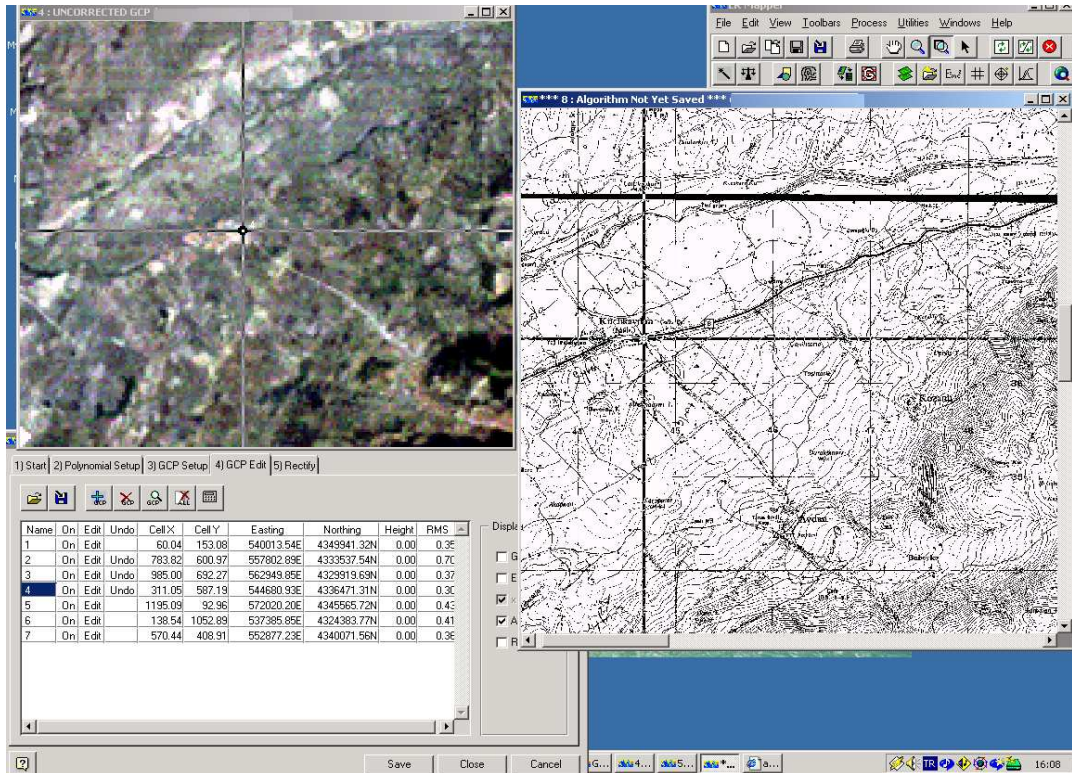
Şekil 5.2. 1989 Soma Havzası Görüntüsünde Geometrik Düzeltme İçin Seçilen Yer Kontrol Noktalarının Dağılımı



Şekil 5.3. 1999 Soma Havzası Görüntüsünde Geometrik Düzeltme İçin Seçilen Yer Kontrol Noktalarının Dağılımı



Şekil 5.4: Geometrik Düzeltmede Yer Kontrol Noktası Olarak Seçilen Yol Kesişimi



Şekil 5.5. Geometrik Düzeltmede Yer Kontrol Noktası Olarak Seçilen Bakır Çay Üzerindeki Köprü

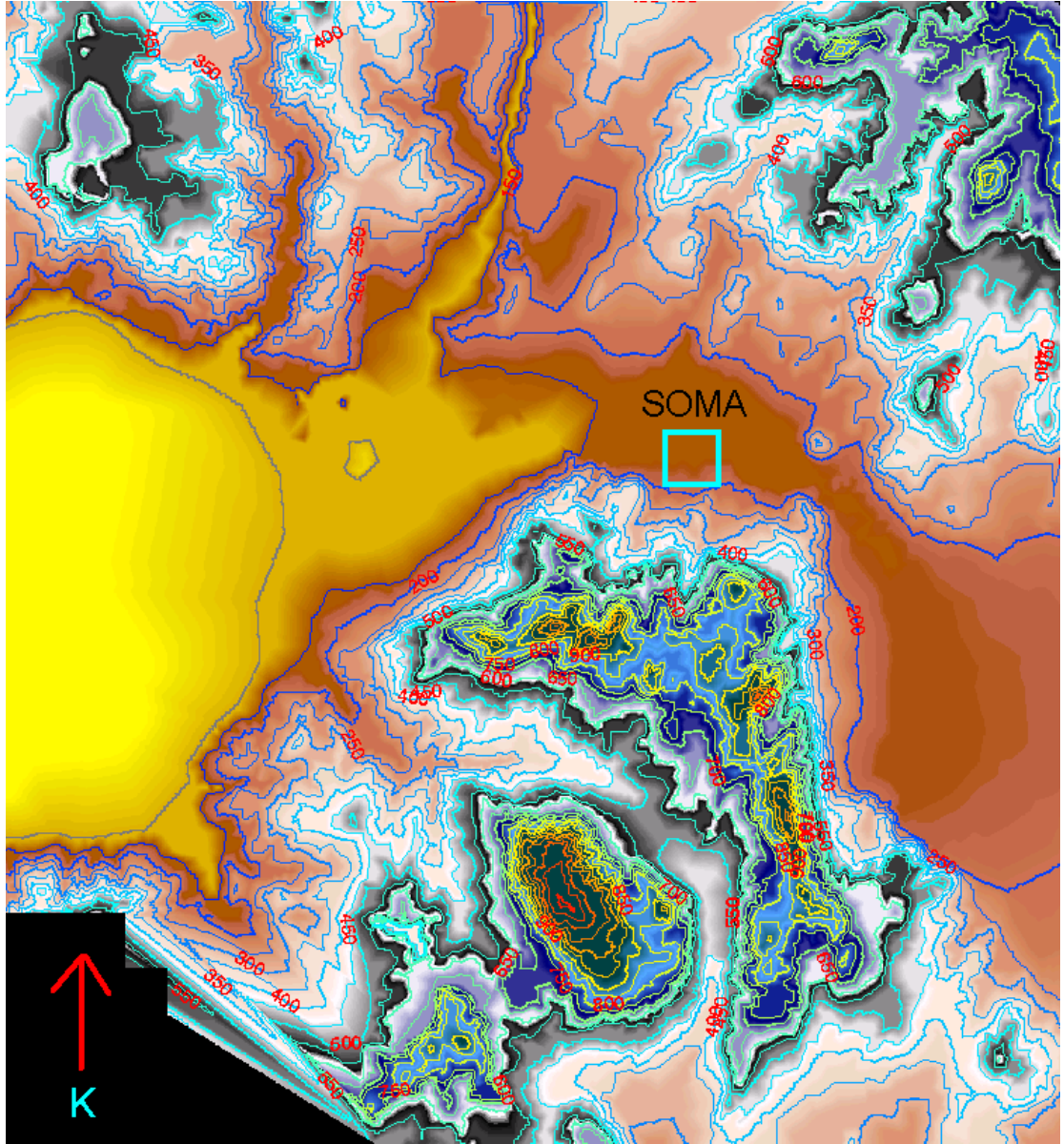
5.5.2.Yeniden Örnekleme

Görüntü verilerinin yeniden örnekleme işlemi için bölüm 3.3.1.'de bahsedildiği gibi üç yöntemden biri uygulanmaktadır. Burada doğruluğu daha yüksek ve daha keskin bir görüntü sağlayan kübik sarılım uygulanmıştır (Campbell, 1996, pp.303).

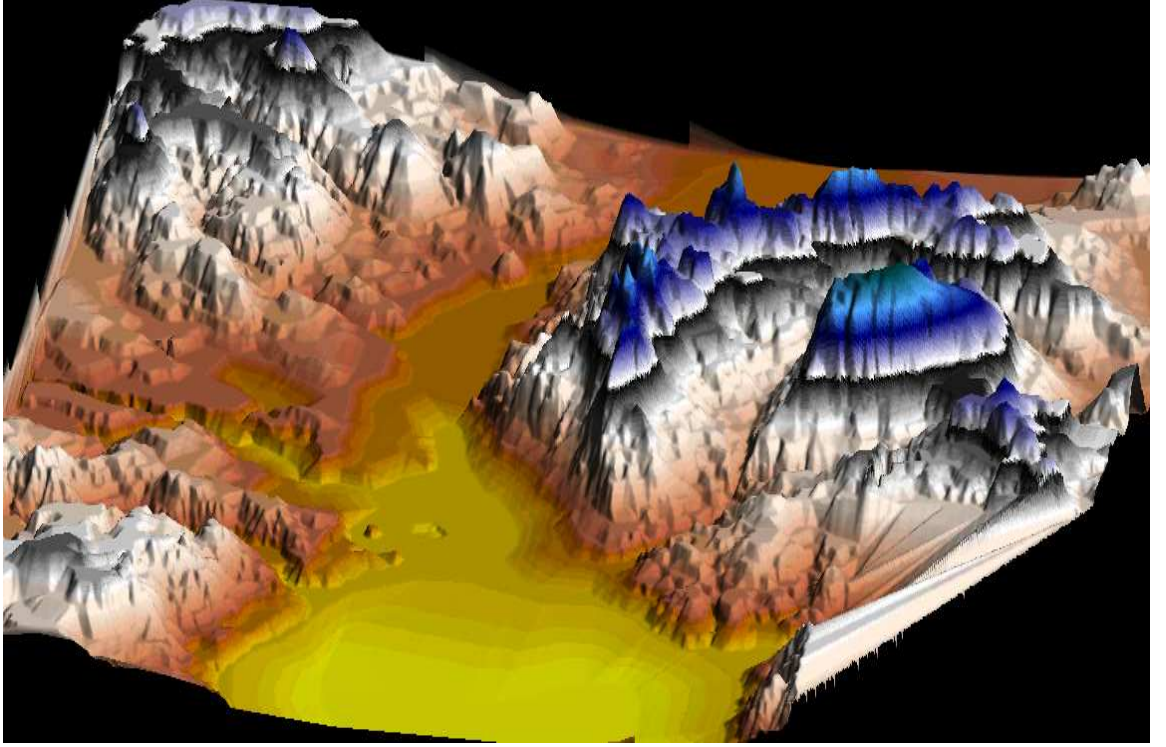
5.5.3.Dijital Arazi Modeli Ve Eğim Haritası Oluşturulması

Dijital arazi modeli iki boyutlu arazi datası ile dijital yükseklik modelinin entegre edilmesi ile elde edilir. Dijital yükseklik modeli kuzeye yönlendirilmiş yükseklik veri matrisidir.

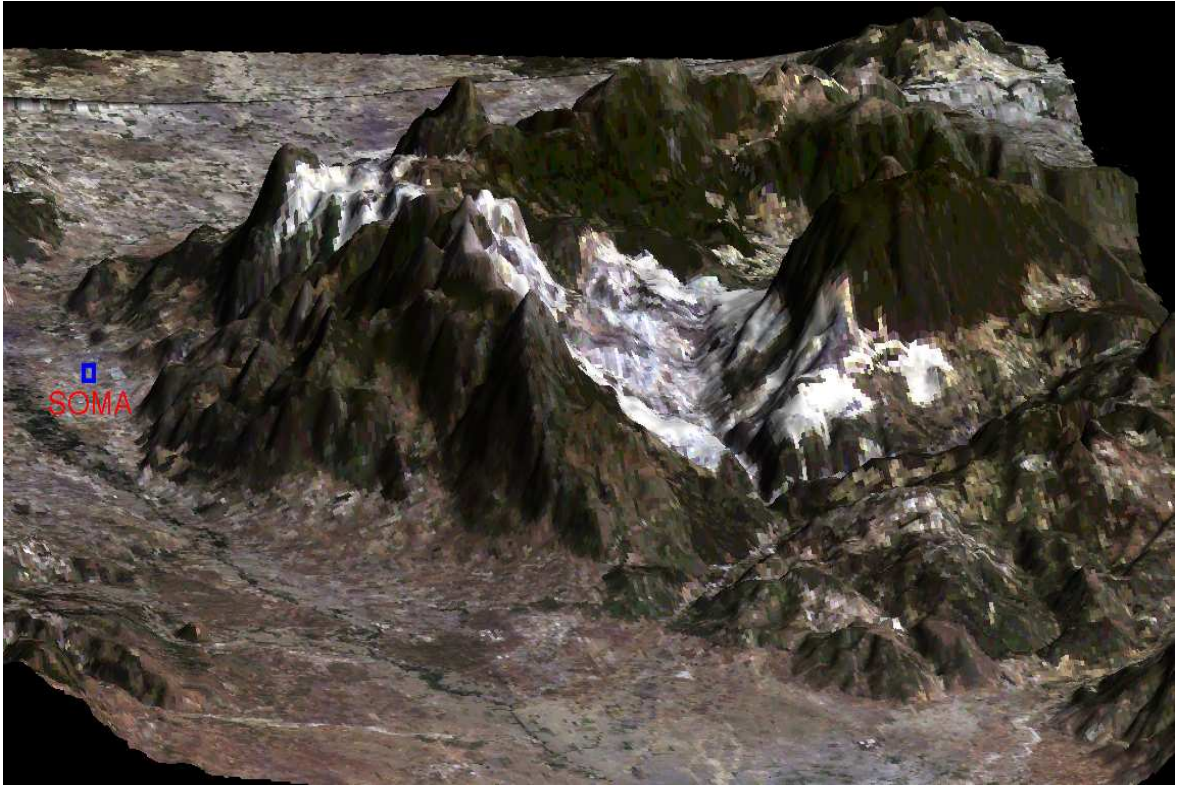
Bu çalışmada 1/25000'lik topoğrafik haritalar üzerindeki yükseklik eğrileri 50 m.'de bir karakteristik özellik arz eden noktalarda ise yükseklik eğrileri 20 m.'de bir sayısallaştırılıp dijital ortama aktarılmış, interpolasyon yöntemi ile 30 m. çözünürlükte yükseklik modeli oluşturulmuştur. Dijital arazi modeli, çalışma alanının topoğrafyasını ortaya çıkarmakta ve arazi hakkında bir ön bilgi vermektedir (Şekil 5.8). Topoğrafik yapıya göre arazi bilgisi de net bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Özellikle arazi çalışması öncesi dijital arazi modeli ile plan yapmak çok kolaylaşmaktadır. Sayısallaştırılmış yükseklik eğrileri dijital ortama aktarılıp ve ERMAPPER programında dijital yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7). Burada renkler arazinin kot değerlerine duyarlı olarak değişmektedir. Oluşturulan dijital yükseklik modelinden faydalanılarak ayrıca araziye ait bir eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 5.9).



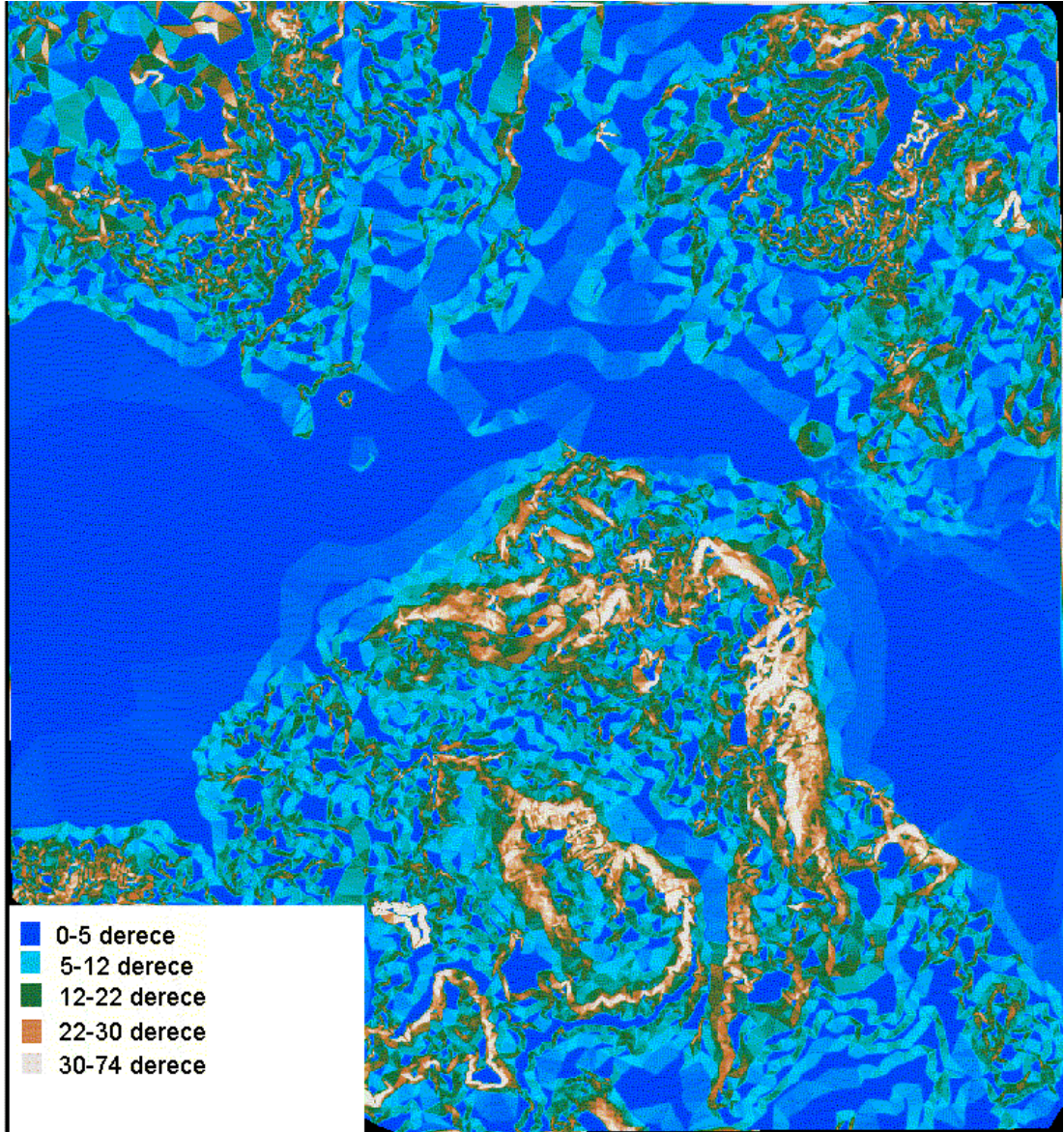
Şekil 5.6. Soma Havzasına Ait Dijital Yükseklik Modeli ve Yükseklik Eğrileri



Şekil 5.7 . Soma Havzasına Ait Üç Boyutlu Dijital Yükseklik Modeli



Şekil 5.8. Eynesik Açık Kömür Ocağının Dijital Arazi Modeli İle Görünümü



Şekil 5.9. Soma Havzasına Ait Eğim Haritası

5.5.4.Bitki İndeksi

Genellikle Bitki İndeksi birden fazla spektrumdaki spektral değerlere toplama , çıkarma , bölme , ve çarpma gibi matematiksel işlemler uygulanarak bitki örtüsünün yoğunluğunu gösteren tek bir değer elde edilmesidir. Yüksek değerdeki bitki indeksi sağlıklı bitki örtüsünü belirtir. (Campbell , 1987, s. 282). Bitki indeksinin en basit şekli farklı spektral battaki iki dijital değer arasındaki orandır. Bant oranları , iki spektral bant arasında tersine ilişki olduğunda bazı gizli bilgilerin ortaya çıkmasını sağlar. Diğer taraftan topoğrafyada meydana gelen gölge etkisini giderir. Bu oran

yöntemi bitki örtüsünü inceleme için etkilidir. Bitki örtüsünün spektral davranışı yakın kızılötesi spektrum ve kırmızı spektrumda tersine bir ilişki içindedir. Kırmızı ışık (R) bitkideki klorofil tarafından yutulurken , yakın kızılötesi ışık (IR) mezofil tarafından güçlü bir şekilde yansıtılır. Böylece oran (IR/R) sağlıklı bitkiler için yüksek olacak, sağlıklı ve sağlıklı bitki örtüsü ayrımı kolay olacaktır. Bu nedenle özellikle ziraat, ormancılık ve jeoloji araştırma dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uygulamalarda çok çeşitli bitki indeksi kullanılmaktadır. Genelde ve özellikle farklı zamanlı görüntülerde kullanılan, topoğrafik etkiden arındırılmış ve bunun yanında atmosferik etkiden arındırılmış Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yöntemidir. Bu nedenle Soma görüntüleri farklı zamanlara ait oldukları için uygulamada NDVI oranı kullanılmıştır. Formülü şöyledir:

$$NDVI = (NIR-R) / (NIR+R) \quad (5.1)$$

NDVI yöntemi, Eynez ve Işıklar açık ocaklarına ait uydu görüntülerinde uygulanmış olup, Landsat TM görüntülerinde bulunan yakın kızılötesi spektral bandı TM4. bant ve kırmızı spektral bant ise TM3. bantları eşitlik 4.1’de yerine konulduğunda NDVI görüntüleri elde edilmiştir. Bu görüntülerde maskeleme işlemi yapılarak açık ocak alanları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11). Maskeleme işleminde açık ocakları alan olarak en iyi gösteren piksel değer aralıkları alınmıştır. Bunlar 89 Eynez NDVI görüntüsü için 113-128 değer, 99 Eynez NDVI görüntüsü için 95-120 değer, 89 Işıklar NDVI görüntüsü için 110-128 değer, 99 Işıklar NDVI görüntüsü için 90-115 değer aralıkları girilmiştir. Bu değer aralıkları Eynez ve Işıklar görüntülerinin değişik bant kombinasyonları (321, 432) ve kontrolsüz sınıflandırılmış görüntülerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Maskelenmiş NDVI görüntülerindeki ocak alanlarına karşılık gelen piksel sayısı ve hektar cinsinden alanları ERMAPPER programında hesaplanmıştır (Tablo 5.3).

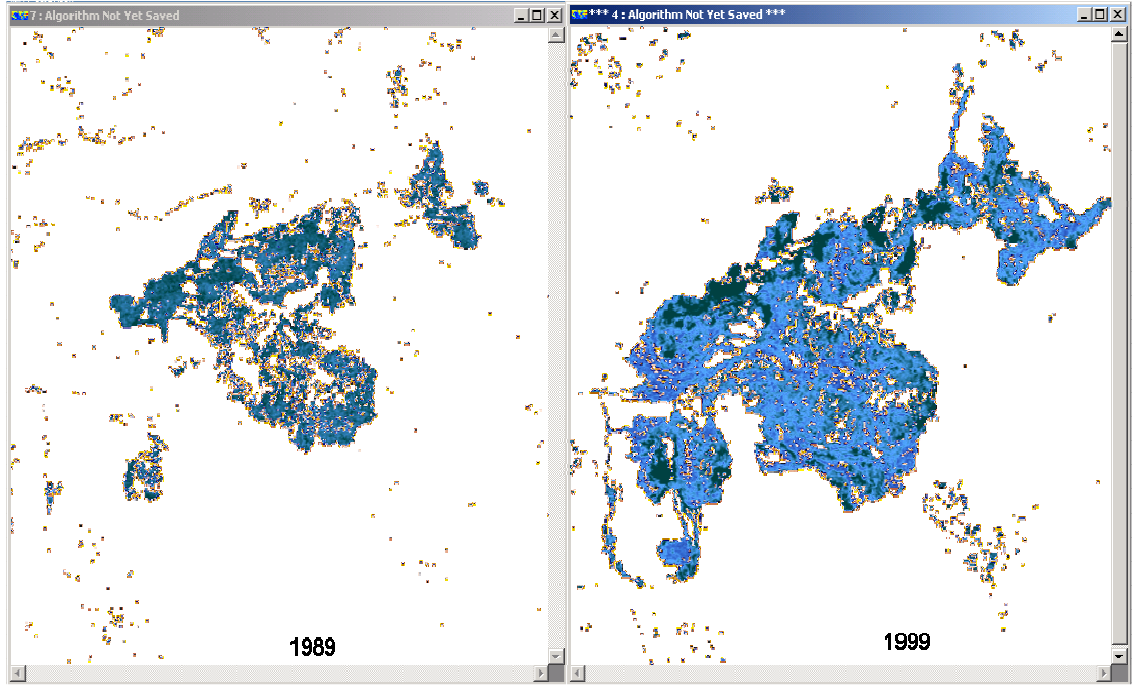
Tablo 5.3. Maskelenmiş NDVI Görüntülerindeki Ocak Alanlarına Karşılık Gelen Piksel Sayısı Ve Hektar Cinsinden Alanları

TM	89		99		Fark Hektar	Değişim %
	Hektar	Piksel Sayısı	Hektar	Piksel Sayısı		
Eynez	1182.24	13136	2904.48	32272	+ 1722,24	+ 145
Işıklar	332.64	3696	941.76	10464	+ 609,12	+183

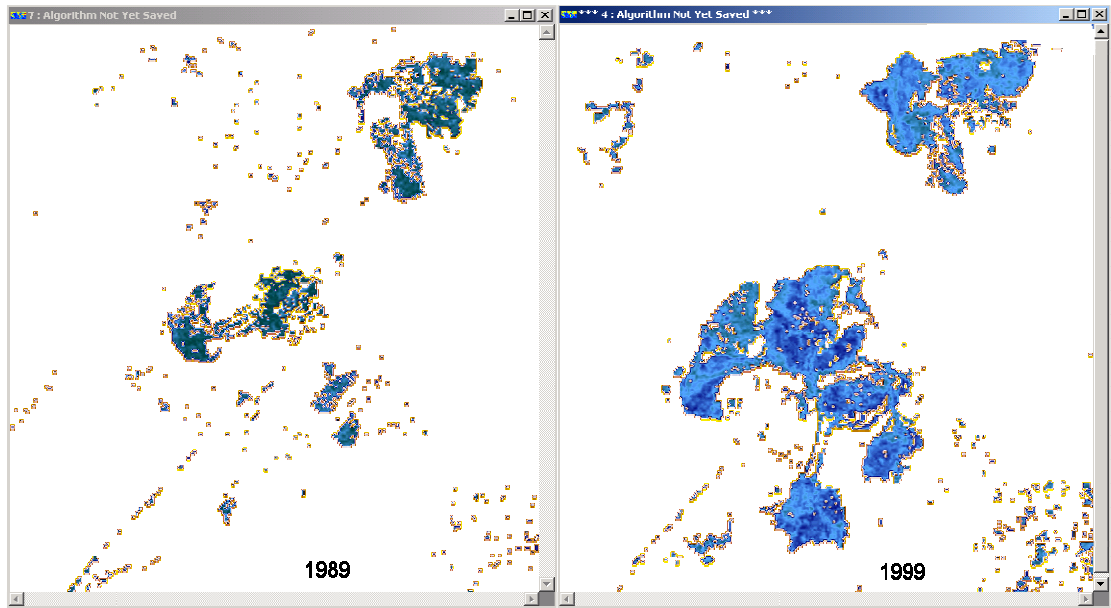
Tablo 5.3'deki değerlere bakıldığında 89-99 yılları arasında Eynez açık ocak işletmesi %145, Işıklar açık ocak işletmesi ise %183 oranında büyümüştür.

Zaman içindeki bitki örtüsü değişimi farklı zamanlı bitki indeksleriyle oluşturulan yalancı görüntü ile açıkça görülebilir (Int. Mediterranean Proj., 2000, s.72).

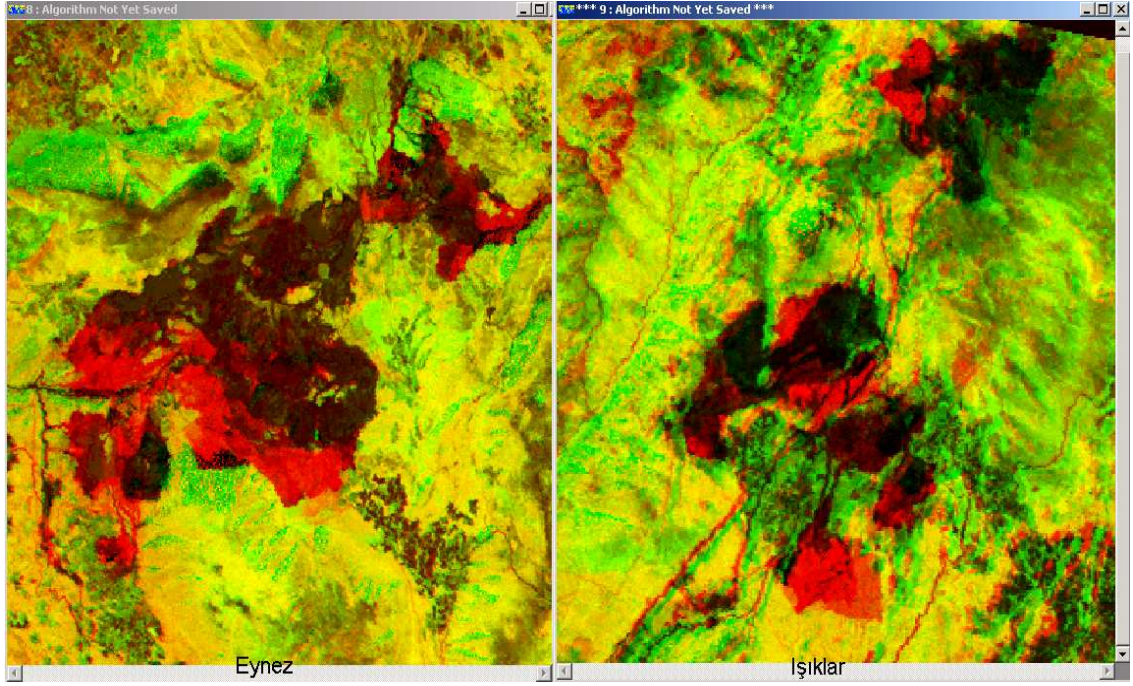
Şekil 5.12'de görüldüğü gibi iki kanallı multispektral görüntüde kırmızı bantta 89 ve yeşil bantta 99 NDVI görüntüleri konularak bir görüntü kombinasyonu oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu görüntü kombinasyonundan faydalanılarak bitki örtüsünde ve açık ocaklarda oluşan zamansal farklılıklar ortaya çıkarılmaktadır. Burada açık kırmızı ton renginde olan alanlar 10 yıllık sürede genişleyen açık ocak alanını göstermektedir. Koyu siyah renge yakın olan alanlar 1989 yılına ait açık ocak alanlarını göstermektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.10. Maskelenmiş NDVI Görüntülerinde Eynez Açık Ocağının Değişimi



Şekil 5.11. Maskelenmiş NDVI Görüntülerinde Işıklar Açık Ocağının Değişimi



Şekil 5.12. Kırmızı Bantta 89 ve Yeşil Bantta 99 NDVI Görüntü Kombinasyonları

5.5.5. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması

Arazi hakkında ön bilgi edinmek için mevcut doğal spektral sınıflar kontrolsüz sınıflandırma ile belirlenerek işe başlanır. Burada spektral sınıf sayısı mümkün olduğu kadar gerçek sınıf sayısından fazla tutulmaya çalışılır. Bu uygulamada mevcut topoğrafik haritalara ve görüntülere bakıldığında sınıf sayısı on civarında tutulmasının uygun olacağı öngörülmüştür. Oluşturulan sınıfların özellikleri daha sonra bölgeye ait topoğrafik haritalar ve diğer bilgilerle karşılaştırma ile yorumlama yapılarak arazi çalışması öncesi bilgi toplanır.

5.5.5.1.Kontrolsüz Sınıflandırma

Sınıflandırmada görüntünün tüm spektral kanallarının kullanılması yerine maksimum bilgi ve özellik elde etmeye yönelik mevcut spektral kanallar arasından düşük korelasyona sahip veriler alınır. Spektral bantlar arasındaki uzaysal çözünürlüğü düşük olan veriler ise alınmaz. Genelde Landsat TM görüntüsünün

sınıflandırılmasında ısıya yönelik bir çalışma olmadığı sürece termal bant olan altıncı bantın uzaysal çözünürlüğü çok düşük olduğu için bu uygulamada termal bant değerlendirme dışı bırakılmıştır. Sınıflandırmanın daha hassas olması için çalışmanın amacına uygun olarak sadece açık ocak olan kısımlar görüntüden alınarak bu kısımlar sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu kısımların görüntülerinin bantları arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 5.4, Tablo 5.5, Tablo 5.6, Tablo 5.7’de gösterilmektedir.

Tablo 5.4. 1989TM Eynez Açık Ocağı Görüntüsüne Ait Korelasyon Matrisi.

TM BANT	1	2	3	4	5	7
1	1.000	0.974	0.973	0.700	0.834	0.887
2		1.000	0.986	0.762	0.877	0.918
3			1.000	0.756	0.891	0.932
4				1.000	0.832	0.781
5					1.000	0.975
7						1.000

Tablo 5.5. 1999TM Eynez Açık Ocağı Görüntüsüne Ait Korelasyon Matrisi.

TM BANT	1	2	3	4	5	7
1	1.000	0.988	0.984	0.504	0.877	0.936
2		1.000	0.994	0.562	0.888	0.941
3			1.000	0.557	0.907	0.954
4				1.000	0.646	0.545
5					1.000	0.969
7						1.000

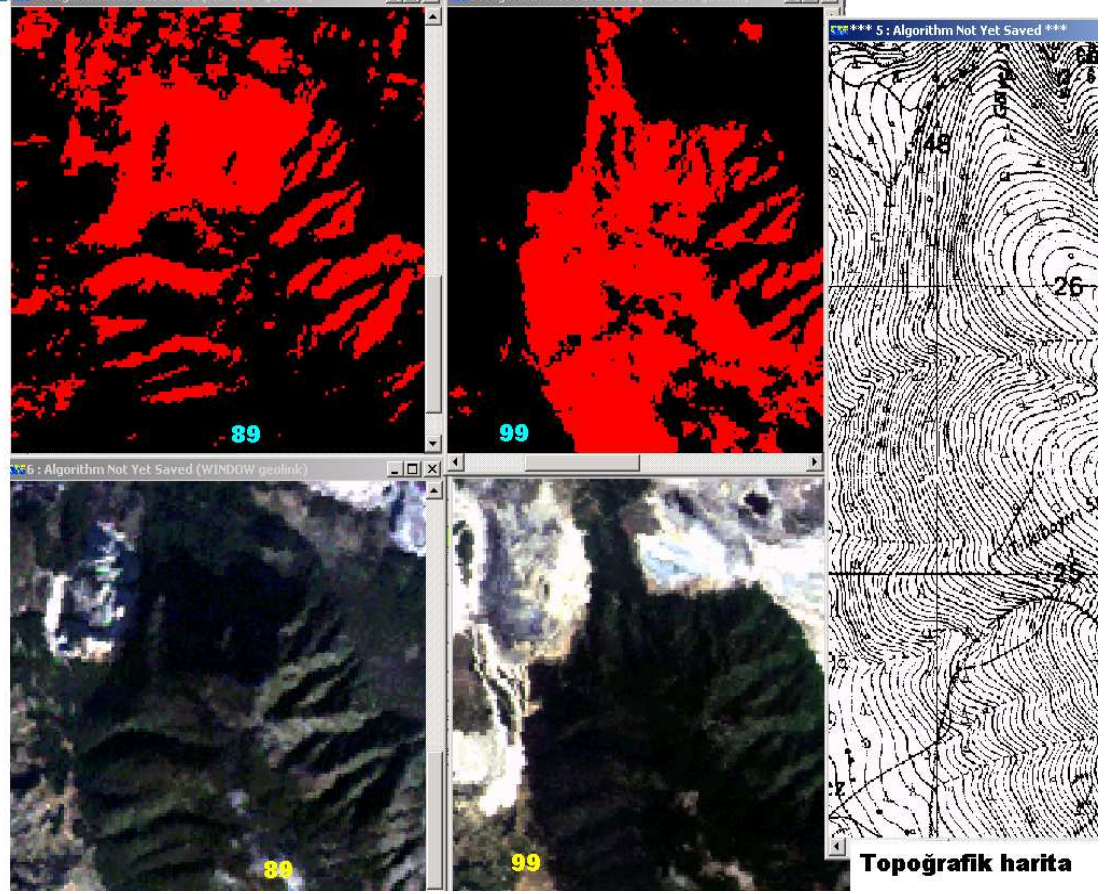
Tablo 5.6. 1989TM Işıklar Açık Ocağı Görüntüsüne Ait Korelasyon Matrisi.

TM BANT	1	2	3	4	5	7
1	1.000	0.969	0.969	0.746	0.865	0.892
2		1.00	0.982	0.789	0.897	0.916
3			1.000	0.777	0.911	0.932
4				1.000	0.798	0.754
5					1.000	0.980
7						1.000

Tablo 5.7. 1999TM Işıklar Açık Ocağı Görüntüsüne Ait Korelasyon Matrisi.

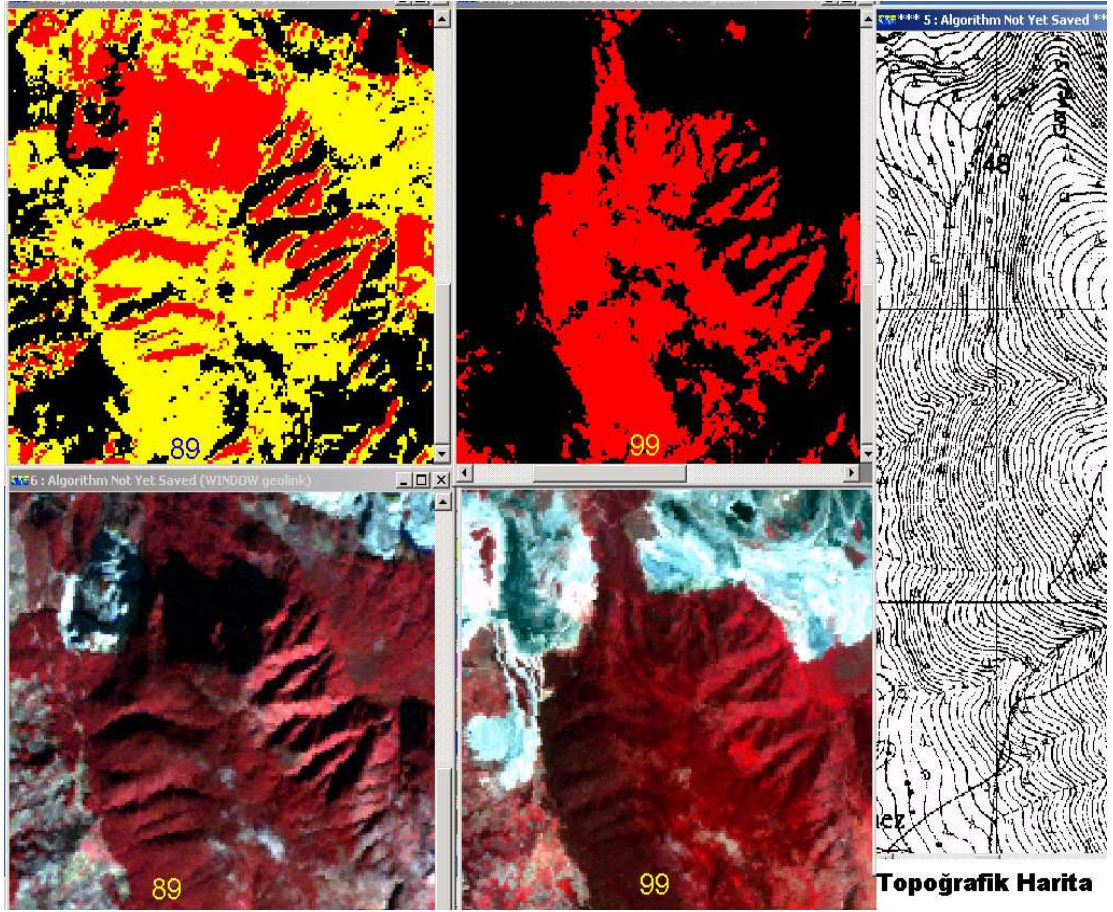
TM BANT	1	2	3	4	5	7
1	1.000	0.987	0.981	0.713	0.894	0.935
2		1.00	0.994	0.761	0.904	0.942
3			1.000	0.762	0.925	0.958
4				1.000	0.801	0.747
5					1.000	0.977
7						1.000

Yukarıdaki korelasyon matris tablolarında görüldüğü gibi en düşük korelasyona dördüncü bant sahiptir. Diğerlerinde 1-2-3 ve 5-7 kendi aralarında yüksek korelasyona sahiptir. Çalışma alanımızda ağırlık olarak bitki ve toprak bulunduğu gözönüne alınarak sınıflandırma için kullanılacak uygun bantların 2-3-4-7 olduğuna karar verilmiştir.



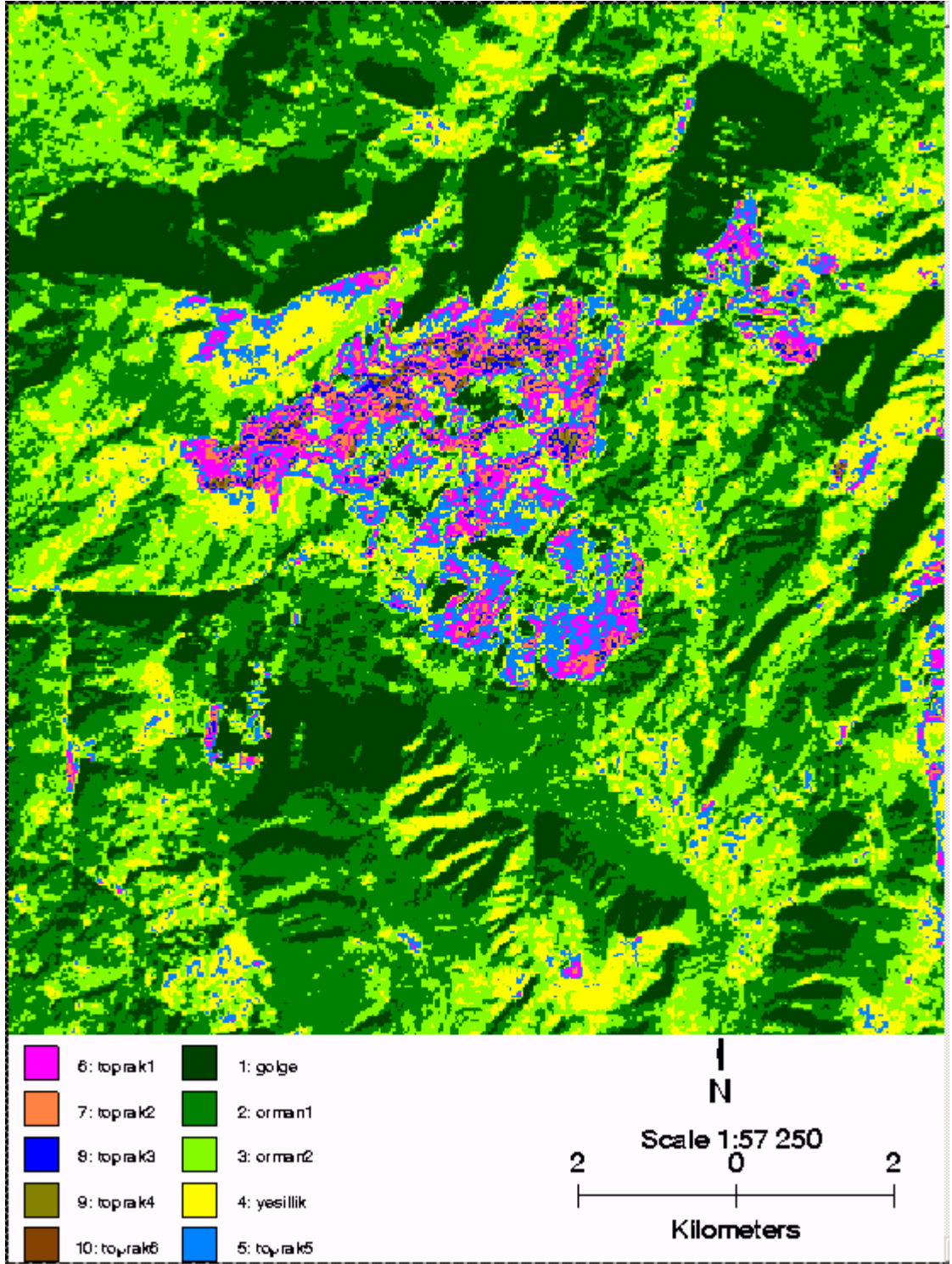
Şekil 5.13. Eynez Açıkocağına Ait Kontrolsüz Sınıflandırılmada Doğal Sınıfların Özelliklerinin Tespit Edilmesi.

Şekil 5.13’de görüldüğü gibi en üstteki kırmızı renkli görüntüler 89 ve 99 yıllarına ait kontrolsüz sınıflanmış görüntüler üzerinde maskeleme yöntemi uygulanarak elimizdeki topoğrafik harita (sağda) ve doğal görüntüler (altta) yardımıyla kırmızı alanların orman olduğu tespit edilmiştir.

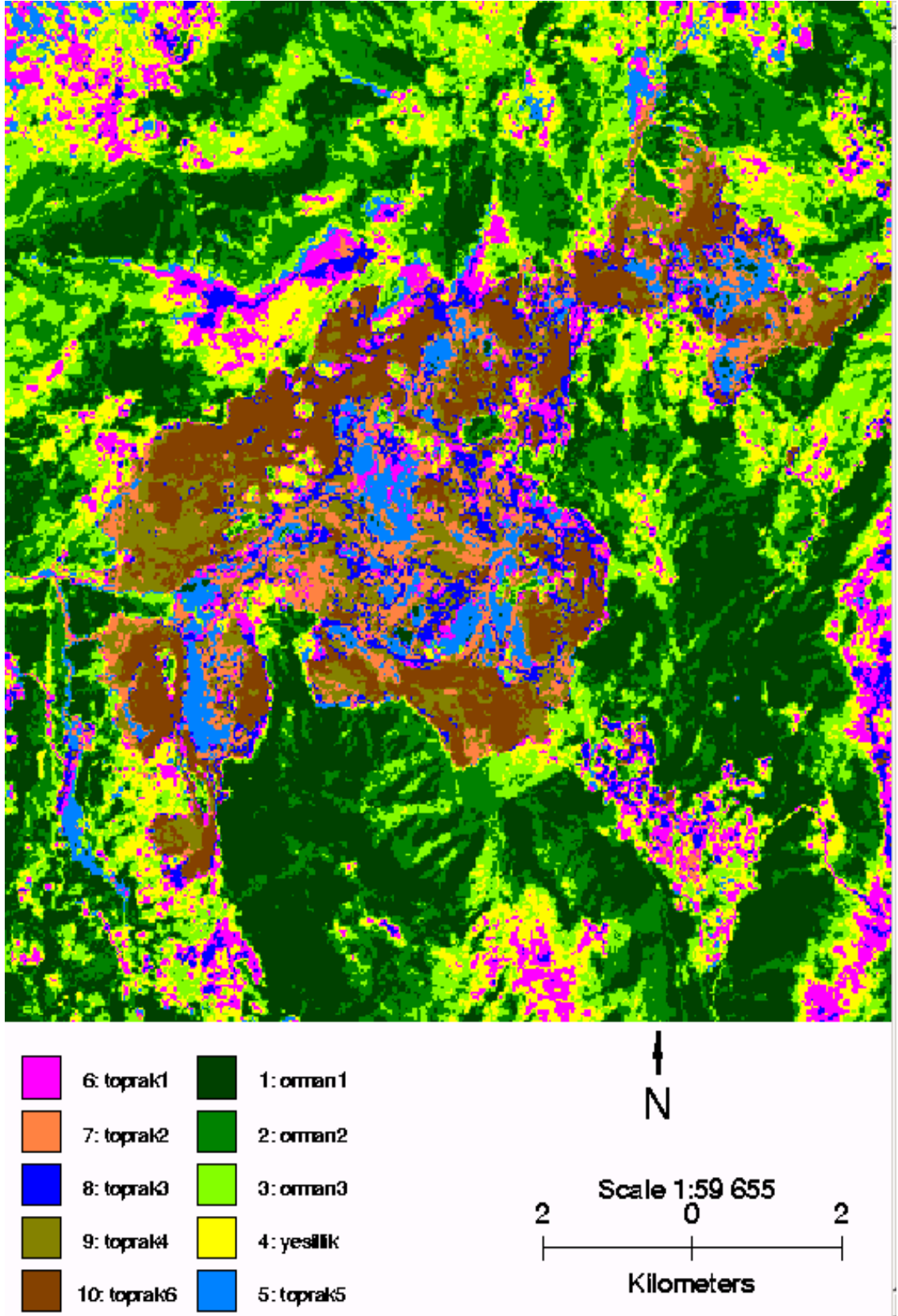


Şekil 5.14. Eynez Açıkocağına Ait Kontrolsüz Sınıflandırılmada Doğal Sınıfların Özelliklerinin Tespit Edilmesi.

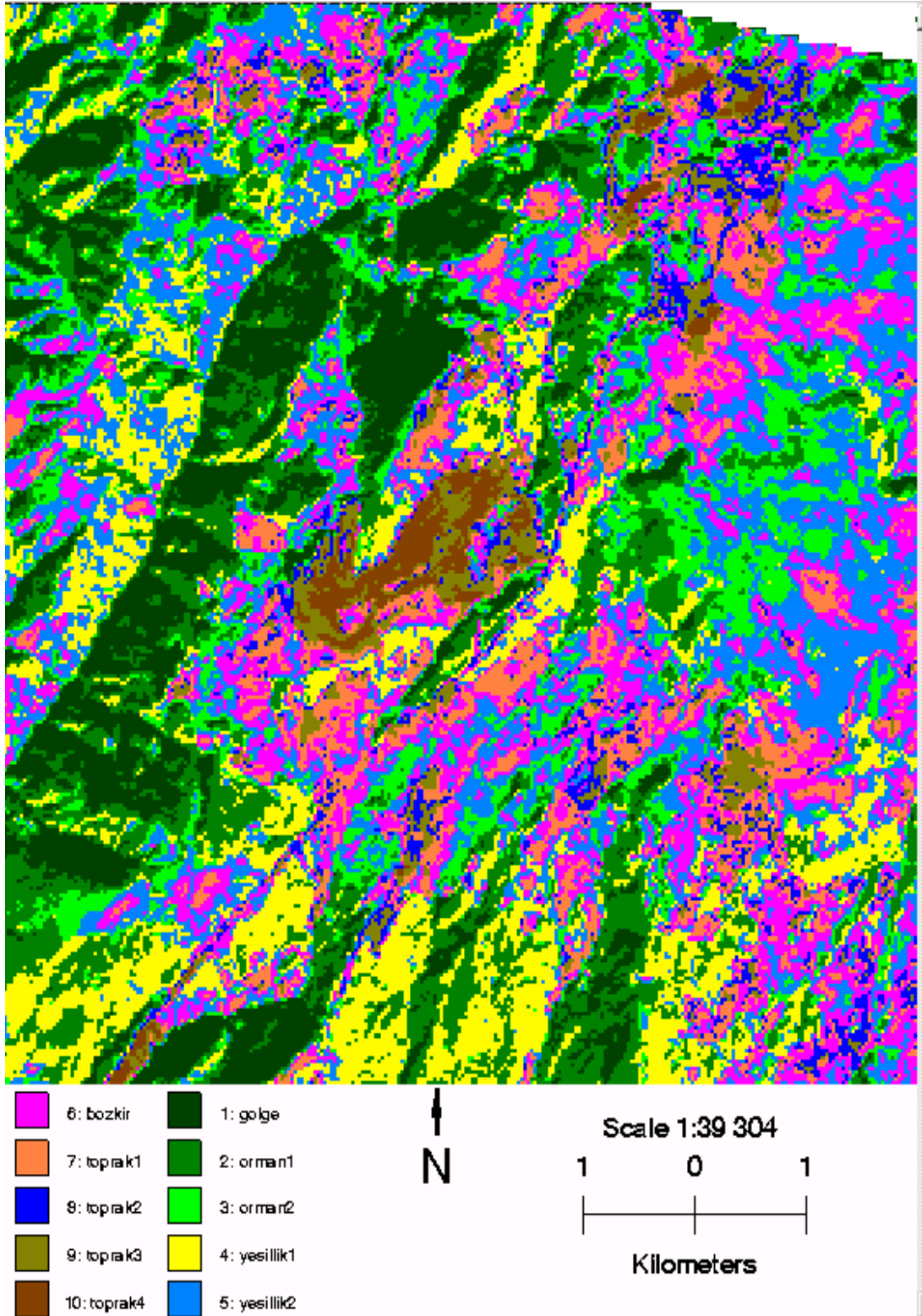
Şekil 5.14’de görüldüğü gibi, en üstteki 89 ve 99 kontrolsüz sınıflanmış görüntüler üzerinde maskeleme uygulanarak elimizdeki topoğrafik harita ve yalancı görüntüler (432) yardımıyla 89 sınıflandırılmış görüntü üzerindeki kırmızı alanların gölgede kalan alanlar ; sarı alanların ise orman olduğu görülmektedir. Şekil 5.13 ve şekil 5.14’de anlatıldığı gibi kontrolsüz sınıflandırılmış görüntülerde bulunan doğal sınıfların özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın en önemli tarafı arazi çalışması ve kontrollü sınıflandırma öncesi çalışma alanı hakkında bir ön bilgi sağlamasıdır.



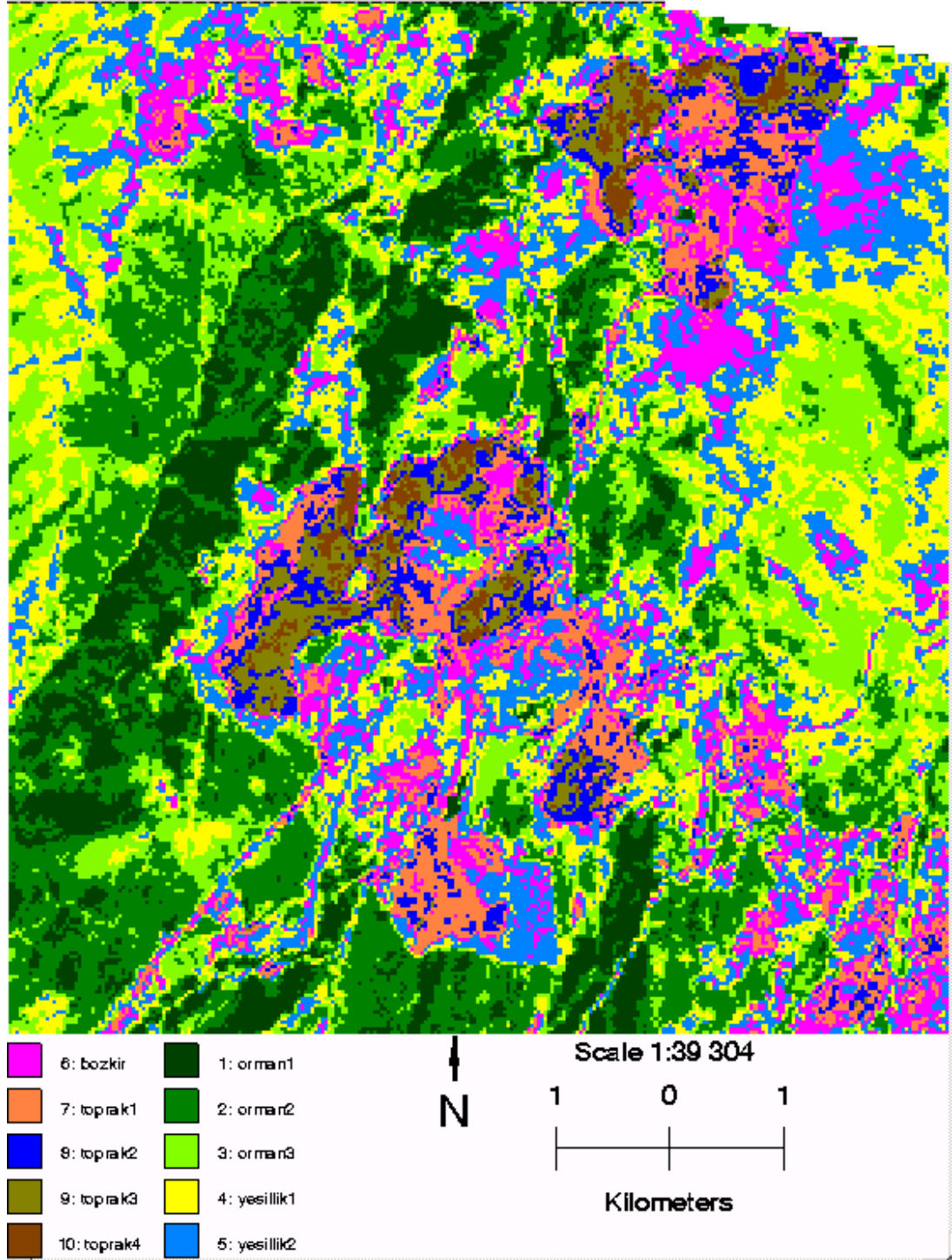
Şekil 5.15. 89 Eynez Kontrolsüz Sınıflandırılmış Görüntüsü.



Şekil 5.16. 99 Eynaz Kontrolsüz Sınıflandırılmış Görüntüsü.



Şekil 5.17. 89 Işıklar Kontrolsüz Sınıflandırılmış Görüntüsü.

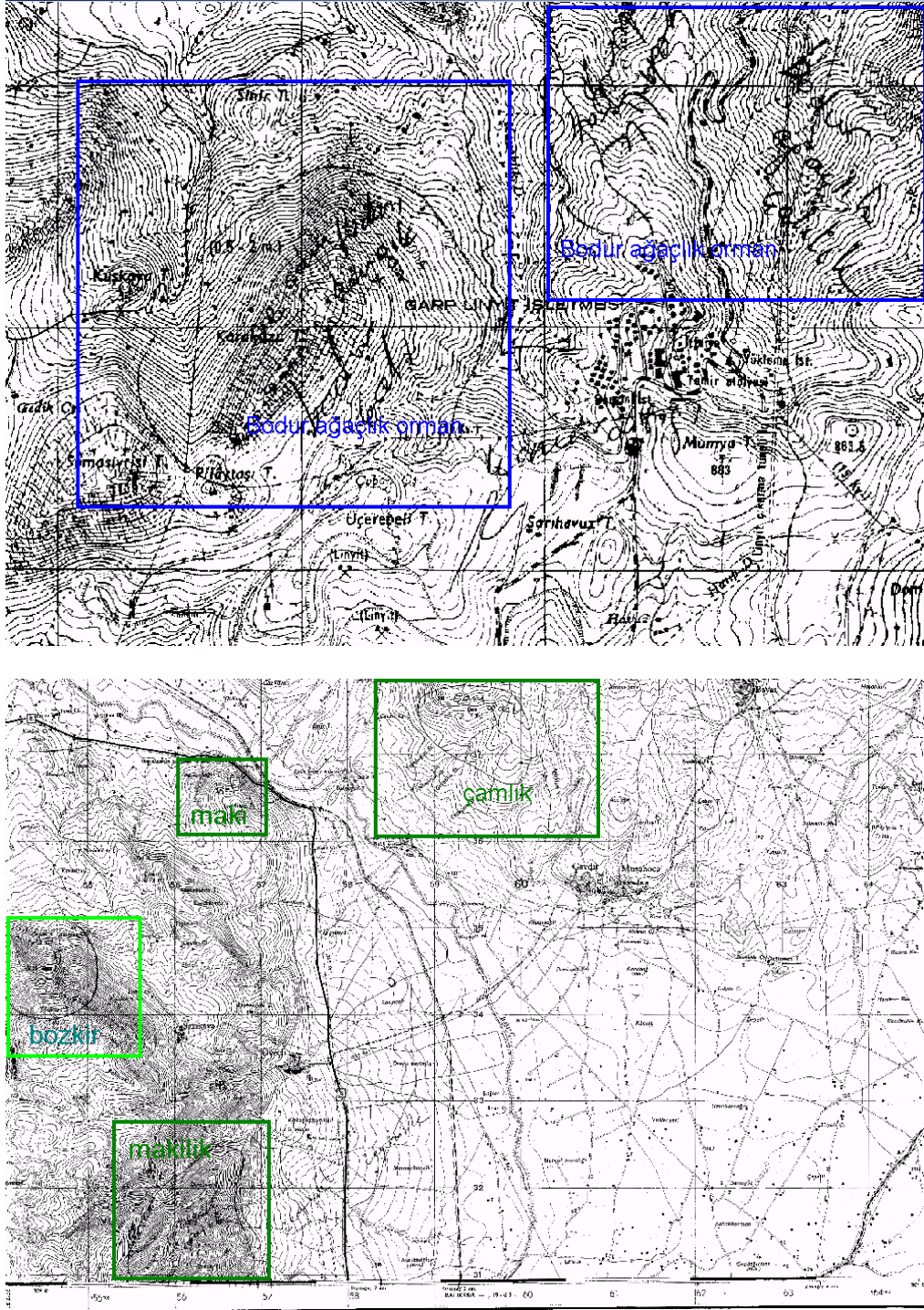


Şekil 5.18. 99 Işıklar Kontrolsüz Sınıflandırılmış Görüntüsü.

Elimizdeki görüntülerde ve haritalarda yapılan incelemeler sonucunda çalışma alanında proje amacı doğrultusunda 5-6 civarında sınıf ortaya çıkabileceği tespit edilmiş fakat bir sonraki aşama olan kontrollü sınıflandırma aşamasının daha iyi sonuç verebilmesi için burada sınıf sayısı daha çok girilmiştir. Sınıfların tanımları arazi çalışmalarına kolaylık sağlayacağı düşüncesiyle tahmini olarak verilmektedir. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritalar incelendiğinde 1989-1999 yılları arasında Eynez açık ocağında gözle rahat fark edilecek derecede değişim olduğu, Işıklar ocağında ise Eynez açık ocağına göre nisbeten daha az miktarda değişim görülmektedir (Şekil 5.15, Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18).

5.5.5.2.Kontrolsüz Sınıflandırma Sonucu Elde Edilen Tematik Harita Bilgilerinin Yerinde Tespiti Çalışmaları

Arazi çalışması öncesi kontrolsüz sınıflandırma aşamasında elde edilen tematik haritalardan ve çalışma alanı hakkında bilgiye sahip kişilerle yapılan mülakat sonucu elde edilen sözel bilgilerden yararlanılarak bir arazi çalışma planı hazırlanmıştır. Bu plan kapsamında, öncelikle arazide bilgi toplanılacak alanlar belirlenerek, en kısa zamanda maksimum bilgi alınması hedeflenmiştir. Tematik haritalarda görülen büyük hacimli alanlar bir el GPS 'i yardımıyla yerinde gözlemlenerek edinilen bilgiler mevcut altlıklara işlenmiştir (Şekil 5.19). Sonraki aşamada ise, özellikle açık ocak çevresindeki değişiklikler tespit edilmeye çalışılmış ve bunu belgelemek üzere fotoğraflar çekilmiştir (Şekil 5.20, 5.21). Arazide gözlemlenen bilgiler ışığında ELİ yetkililerden bilgi alınmıştır.



Şekil 5.19. Arazi Çalışması Esnasında Kontrollü Sınıflandırma İçin Belirlenen Test Alanlarının Topoğrafik Harita Üzerine İşlenmesi



Şekil 5.20. Eynez Açık Ocağı



Şekil 5.21. Işıklar ve Eynez Açık Ocaklarından Çıkarılan Hafriyattan Bir Görünüm

5.5.5.3.Kontrollü Sınıflandırma Öncesi Kontrol Alanlarının Belirlenmesi

Kontrollü sınıflandırma öncesi çalışma konusu olan araziye ait bazı örnek verilerin tespit edilmiş olması gerekmektedir. Örnek veriler haritalar üzerinde doğru olarak lokalize edilmesi önemlidir. Bunun için arazi çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır. Soma ‘ya ait 9 adet 1:25.000 lik paftalar Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümü’nden temin edilmiş ve tematik harita bilgilerinin yerinde tespiti çalışmaları için bunlardan faydalanılmıştır. Bölgeye ait Landsat TM görüntüler dijital ortamda incelenmiştir. Yapılan incelemede görüntüdeki parlak beyaz renklerin olduğu alanların açık kömür ocakları olduğu ve çevresinin yeşil bitki örtüsü ile kaplı olduğu gözlemlenmiştir. Tematik harita bilgilerinin yerinde tespiti çalışmalarında daha önce yapılan kontolsüz sınıflandırma görüntülerinden de yararlanılmıştır.

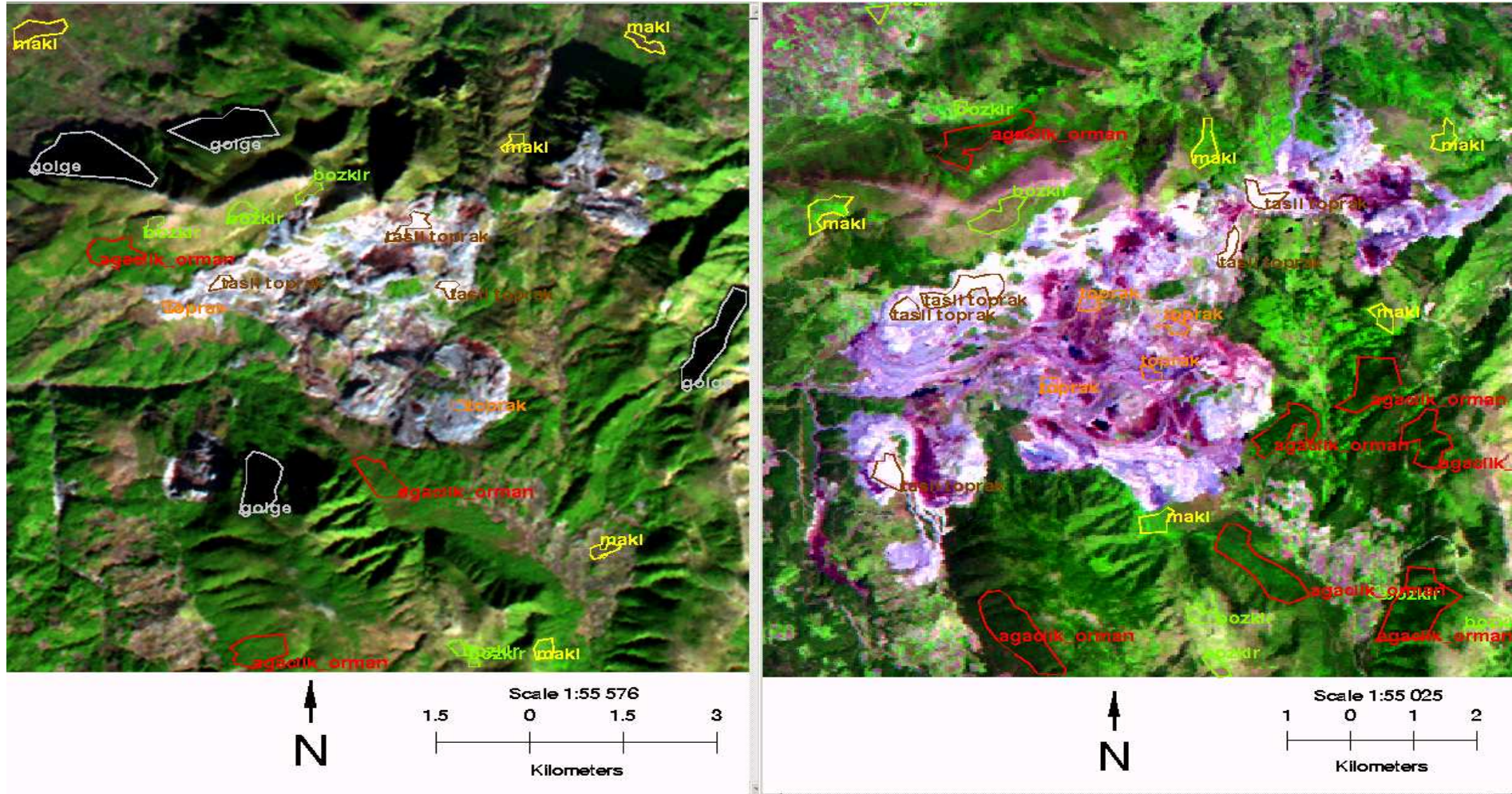
5.5.5.4.Kontrollü Sınıflandırma Çalışması

Kontrollü sınıflandırma işleminde En Çok Benzerlik yöntemi kullanılmıştır. Daha önce kontolsüz sınıflandırmada tespit edilen 10 spektral sınıf arazi çalışması ve bilgisayarda yapılan incelemeler sonucunda bu sınıflandırmanın fazlaca ayrıntılı ayrıntılı olduğu görülmüş ve spektral sınıf sayısı 5’e indirilmiştir. Örneğin daha önce 10 spektral sınıf arasında belirlenen “toprak1, toprak3, toprak4, toprak5” sınıfları birleştirilmiş ve taşlı toprak olarak adlandırılmıştır.. Bu çalışmalar sonucunda kontrol alanları oluşturularak en çok benzerlik yöntemiyle kontrollü sınıflandırılma gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.30, Şekil 5.31).

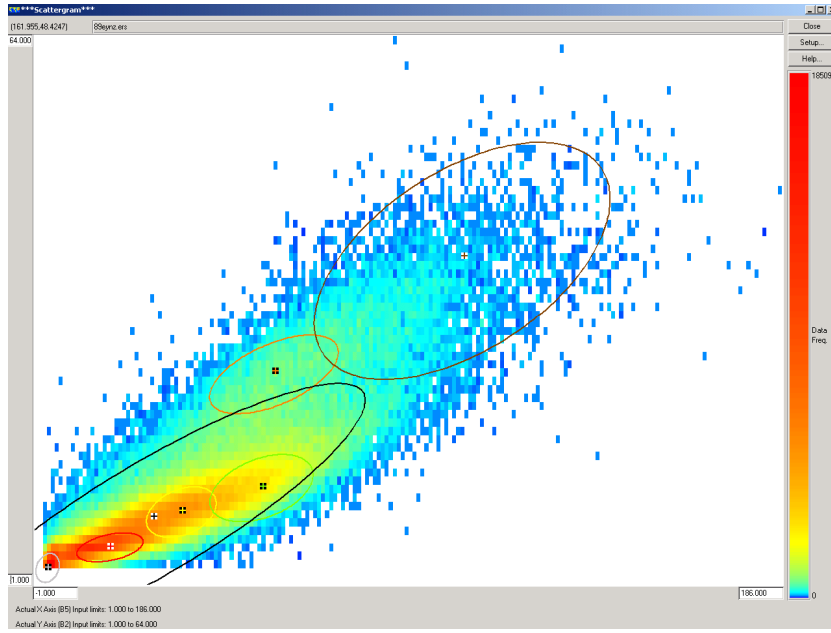
Kontrollü sınıflandırma için belirlenen spektral sınıflar için kontolsüz sınıflandırılmış görüntü üzerinde mümkün olduğunca büyük alanlar alınarak her sınıf için kontrol alanları oluşturulmuştur. 1989 yılına ait Landsat TM görüntülerinde hafriyat alanları 1999 yılına göre daha küçük olduğu için toprak sınıflarına yönelik kontrol alanları oluşturulmasında diğer orman sınıflarına göre daha güçlük çekilmiş, ancak buralarda kontrol alanlarına ait hata elipslerinden faydalanılmıştır (Şekil 5.22, Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29). Kontrol alanları

belirlenirken her görüntüye ait hata elipsleri kontrol edilmiş ve sınıflar arasında spektral karışıklığa sebep olan kontrol alanları değerlendirmeden çıkarılmıştır.

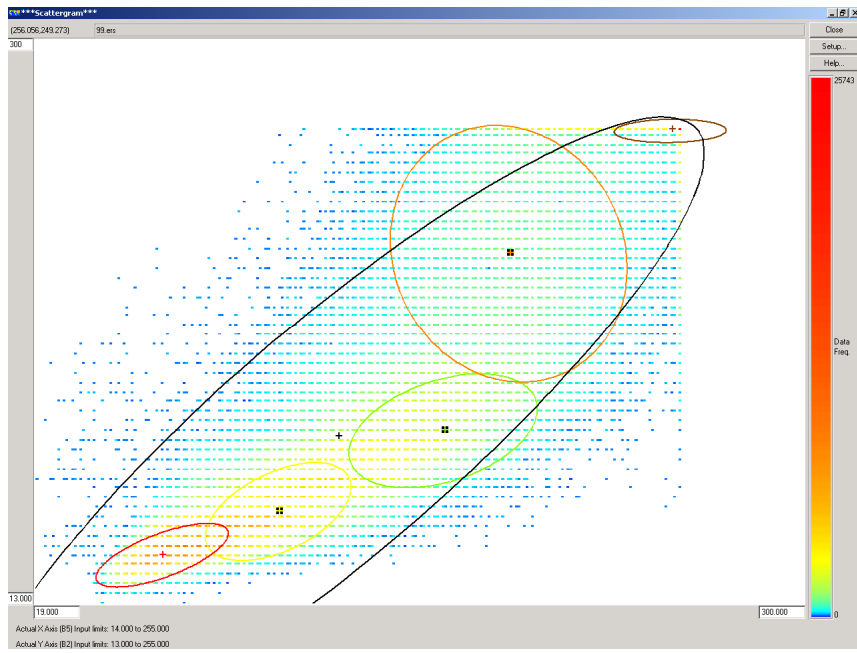
5.5.5.4.1.Eynez Açık Ocağının Sınıflandırma Çalışması



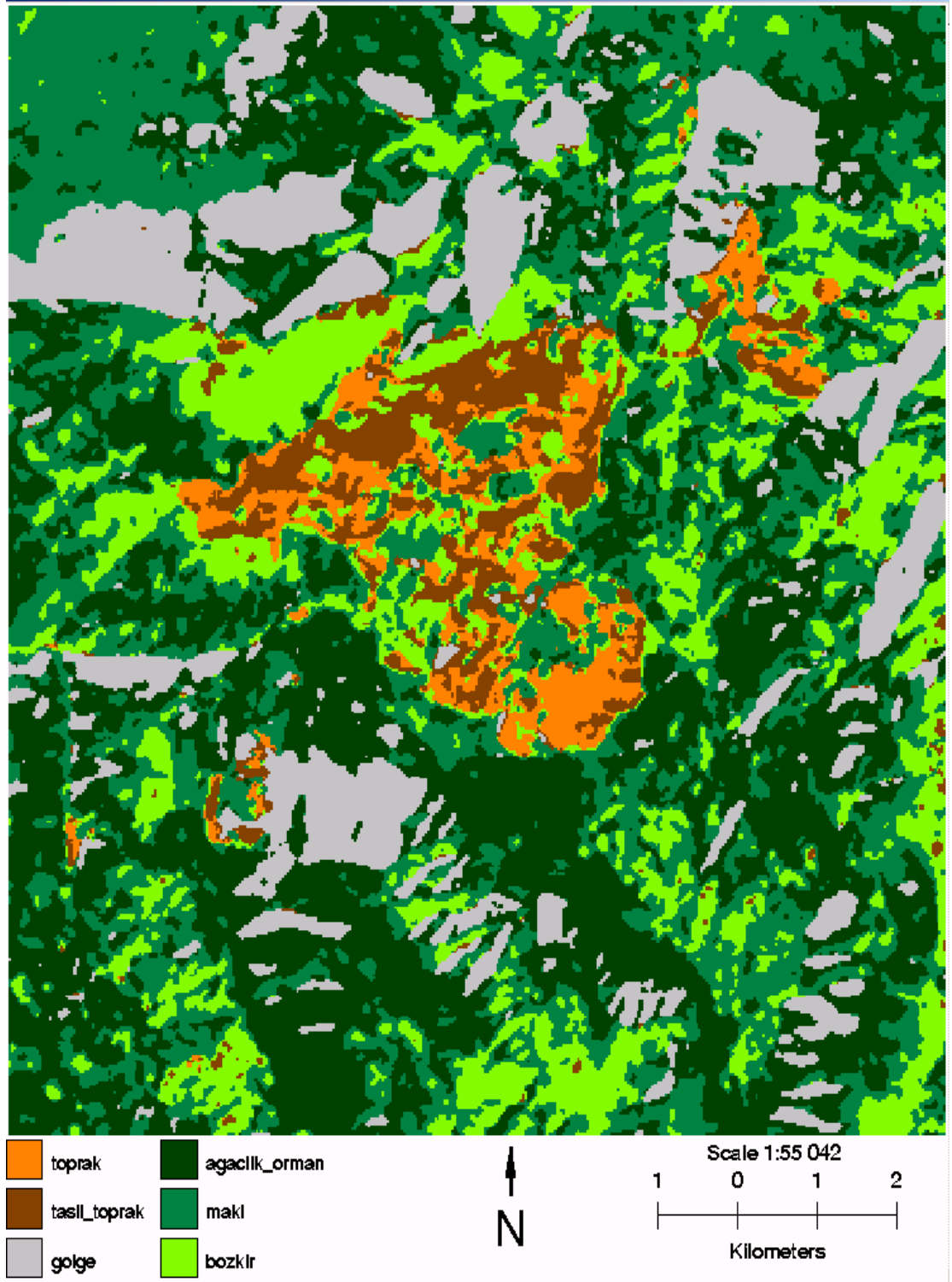
Şekil 5.22. Eynez 89 (Solda) Ve 99(Sağda) Görüntüleri (Bant 543) Üzerinde Kontrollü Sınıflandırmada Kullanılan Kontrol Alanları



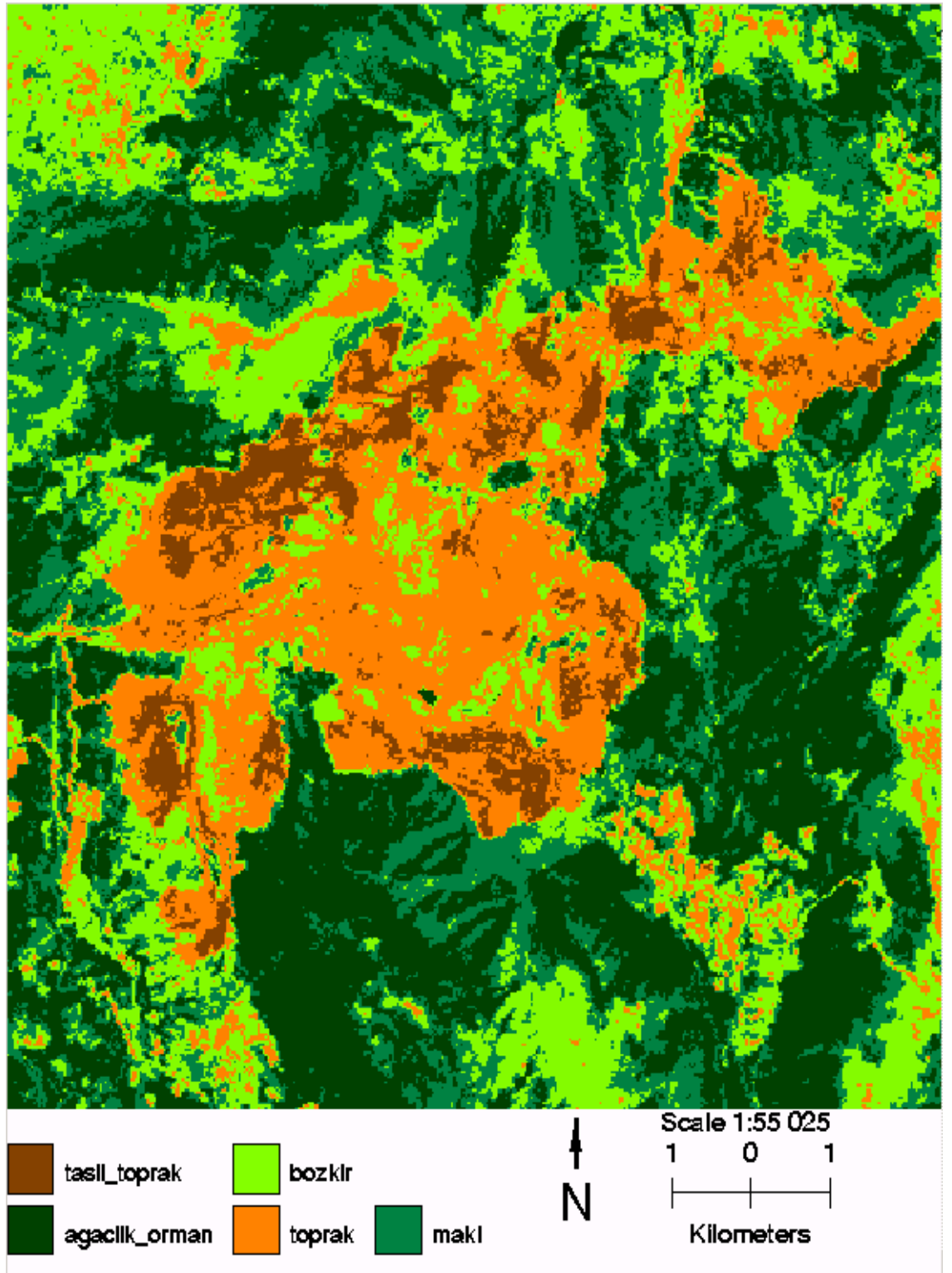
Şekil 5.23. 89 Eynez Görüntüsünün Sınıflandırılmasında Seçilen Kontrol Alanlarına Ait Hata Elipsleri



Şekil 5.24. 99 Eynez Görüntüsünün Sınıflandırılmasında Seçilen Kontrol Alanlarına Ait Hata Elipsleri



Şekil 5.25. Kontrollü Sınıflandırılmış 89 Eynez Görüntüsü



Şekil 5.26. Kontrollü Sınıflandırılmış 99 Eynez Görüntüsü

Tablo 5.8. Kontrollü Sınıflandırmadan Elde Edilen Alanlar

SINIF	89 EYNEZ(h)	99 EYNEZ(h)
AĞAÇLIK ORMAN	5189.04	4618.53
MAKİ	4333.50	3850.29
BOZKIR	2369.79	3489.57
TAŞLI TOPRAK	874.98	701.82
TOPRAK	501.66	2878.83
GÖLGE	2270.07	-
TOPLAM	15539.04	15539.04

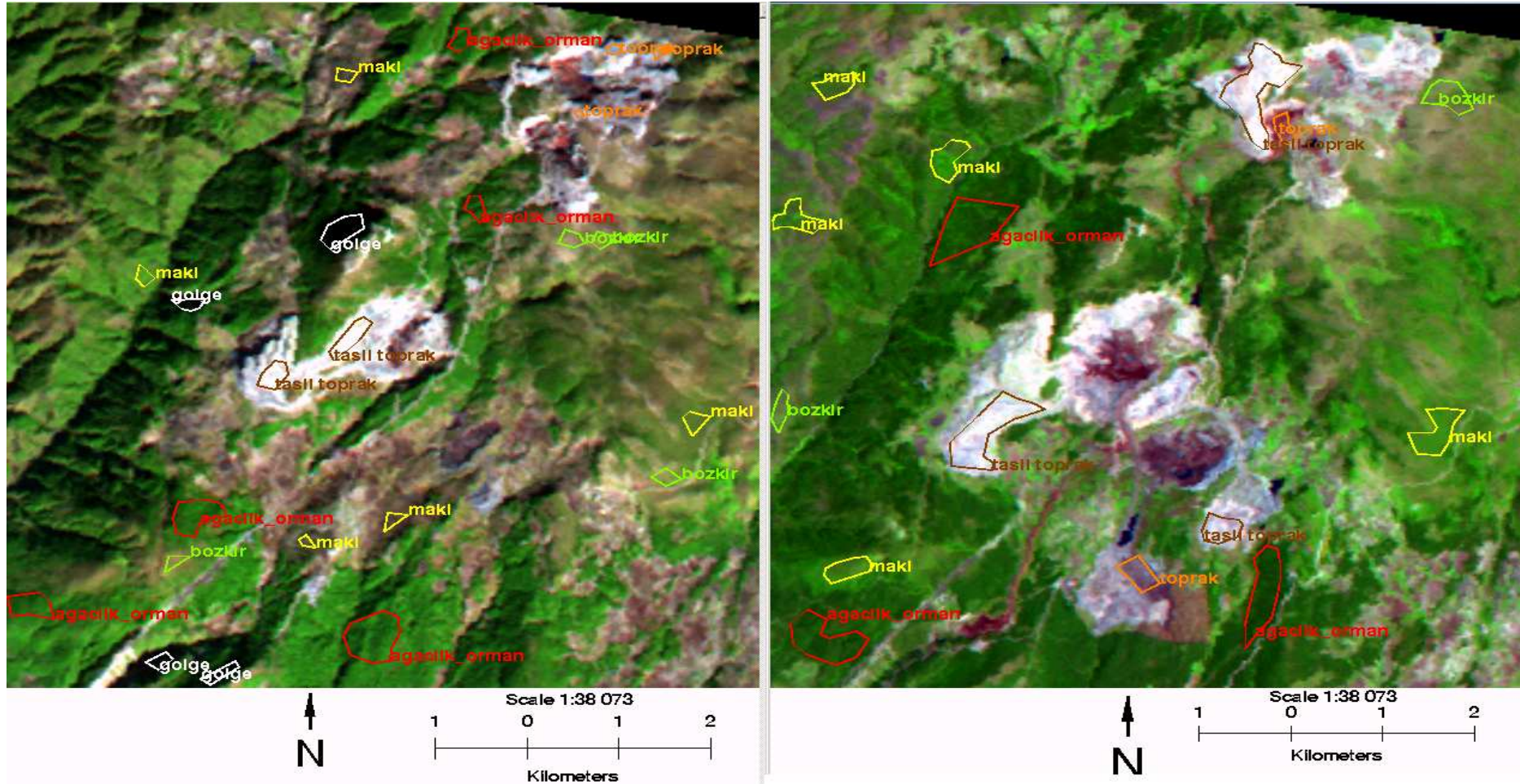
Tablo 5.8’de görüldüğü gibi, 89 Eynez görüntüsünde gölgede kalmış alanlar bulunmaktadır. Arazi yapılan tespitlere ve 1999 Landsat TM görüntüsüne bakıldığında bu gölgelik alanların eski orman alanları olduğu görülmektedir (Şekil 5.25 ve Şekil 5.26). Bu nedenle arazideki değişimin tespit edilmesinde sınıfların birebir karşılaştırması çok sağlıklı olmayacağı düşünülerek burada toplam orman alanları ile toplam çıplak toprak alanları karşılaştırılmış ve Tablo 5.9’ değerler verilmiştir.

Tablo 5.9. 89-99 Yılları Arasında Meydana Gelen Değişimler

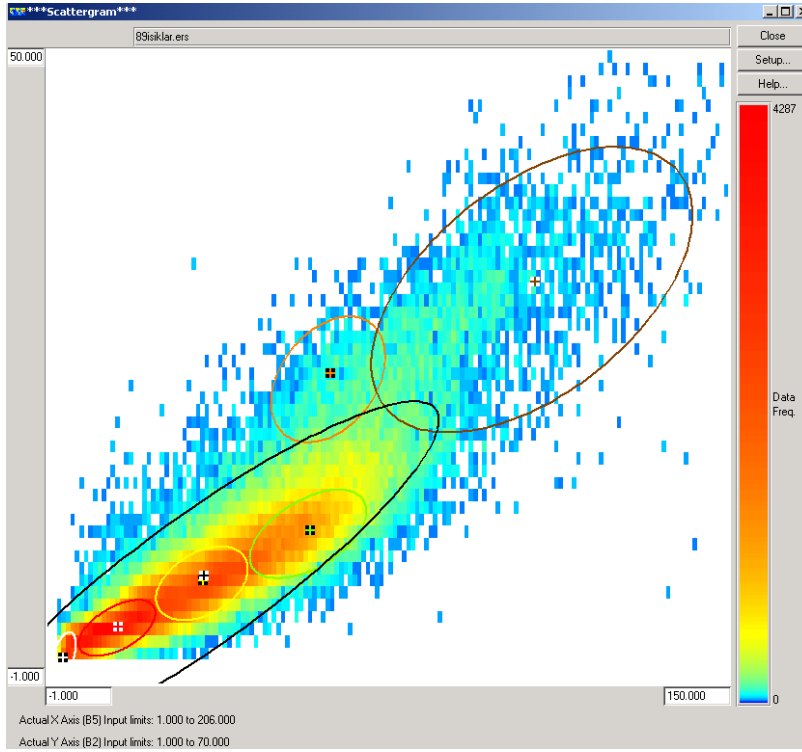
TOPLAM	89 EYNEZ (h)	99 EYNEZ(h)	DEĞİŞİM	
			ALAN(h)	%
ORMAN	14162.40	11958.39	- 2204.01	- 16
ÇIPLAK TOPRAK	1376.64	3580.65	+ 2204.01	+ 160

Eynez açık ocağı için kontrollü sınıflandırma sonucu açık ocak alanının 89-99 yılları arasında %160 büyüdüğü tespit edilmiş iken, maskelenmiş NDVI görüntüleri ile bu büyüme oranı %145 olarak tespit edilmiştir. Burada kontrollü sınıflandırılmış Eynez görüntüleri doğruluk için baz alınır, Eynez maskelenmiş NDVI görüntüleri ile -%15 doğrulukla sonuca ulaşılmıştır.

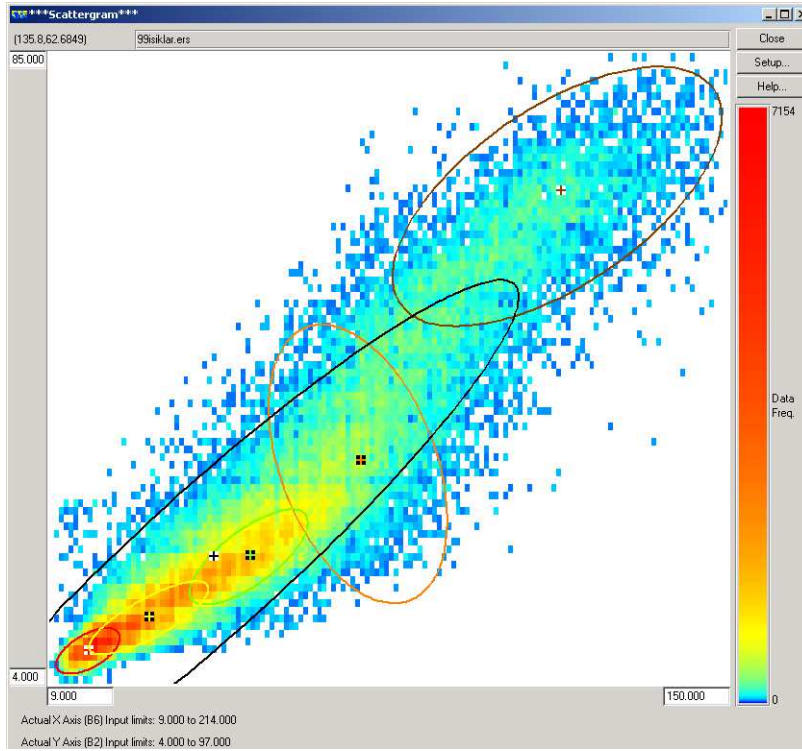
5.5.5.4.2. Işıklar Açık Ocağının Sınıflandırma Çalışması



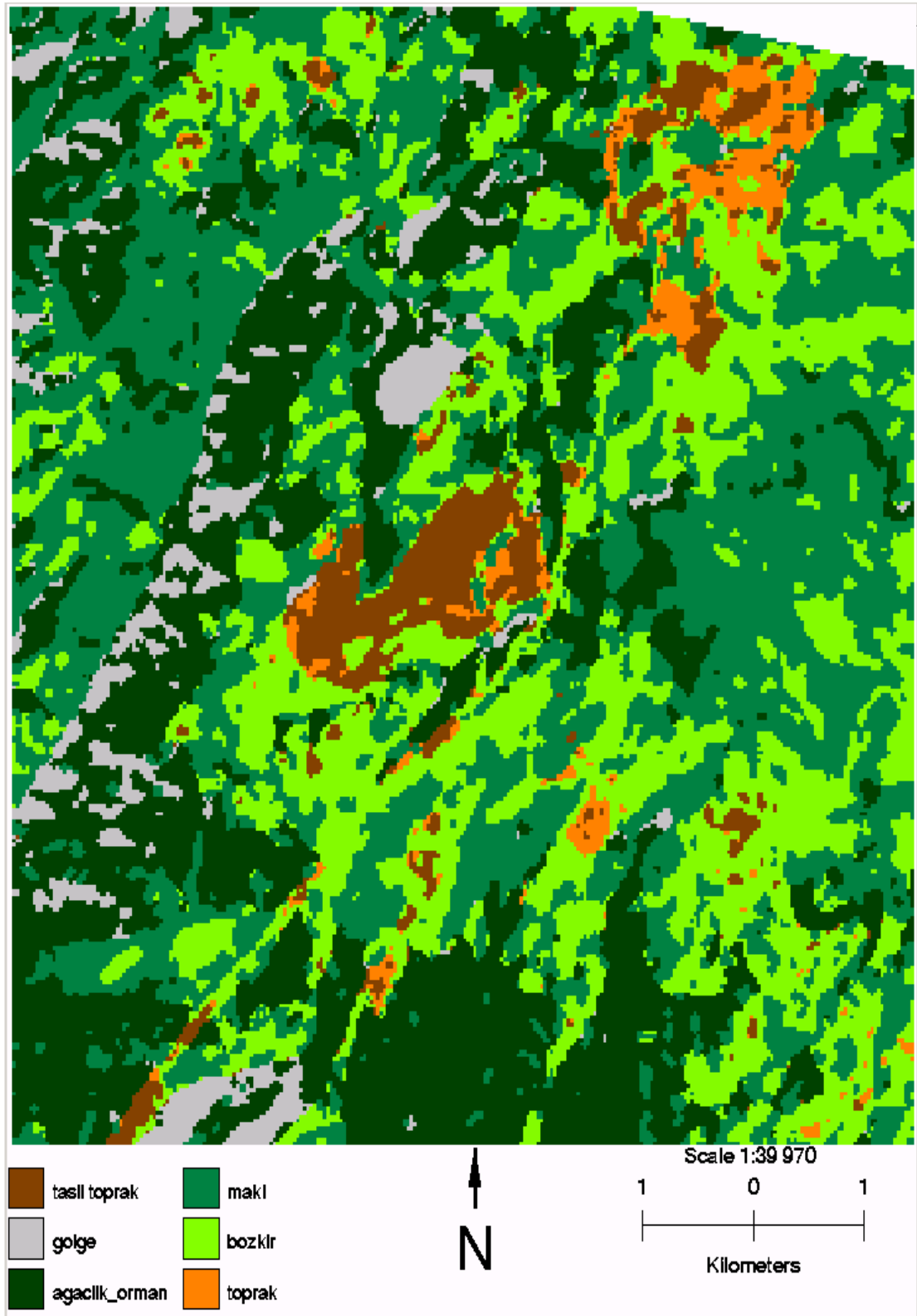
Şekil 5.27. Işıklar 89 (Solda) Ve 99 (Sağda) Görüntüleri (Bant 543) Üzerinde Kontrollü Sınıflandırmada Kullanılan Kontrol Alanlarının Gösterilmesi



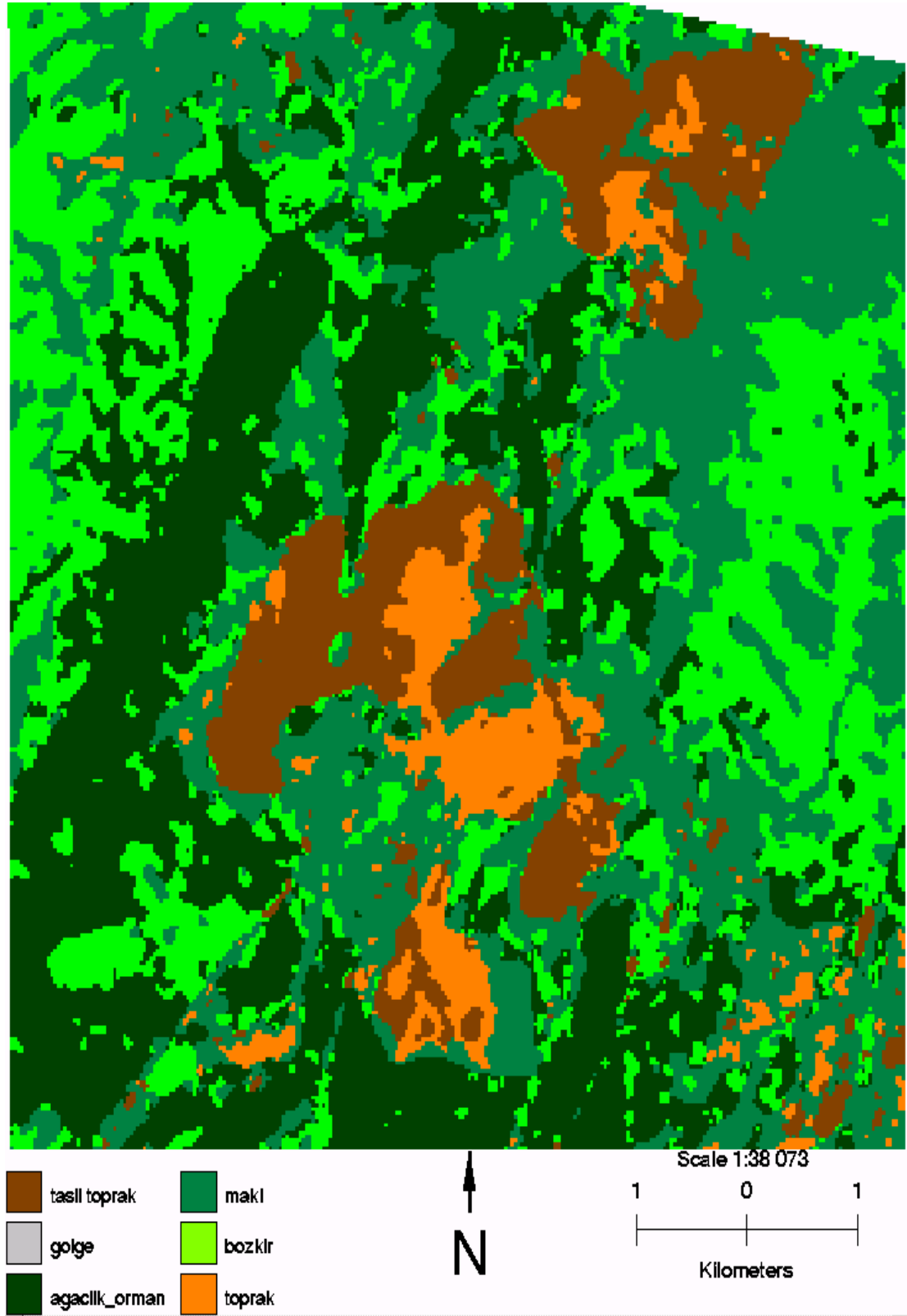
Şekil 5.28. 89 Işıklar Görüntüsünün Sınıflandırılmasında Seçilen Kontrol Alanlarına Ait Hata Elipsleri



Şekil 5.29. 99 Işıklar Görüntüsünün Sınıflandırılmasında Seçilen Kontrol Alanlarına Ait Hata Elipsleri



Şekil 5.30. Kontrollü Sınıflandırılmış 89 Işıklar Görüntüsü



Şekil 5.31. Kontrollü Sınıflandırılmış 99 Işıklar Görüntüsü

Tablo 5.10. Kontrollü Sınıflandırmadan Elde Edilen Alanlar

SINIF	89 IŞIKLAR(h)	99 IŞIKLAR(h)
AĞAÇLIK ORMAN	2113.56	1876.32
MAKİ	2690.37	1918.80
BOZKIR	1662.30	2285.73
TAŞLI TOPRAK	416.43	876.33
TOPRAK	141.21	440.82
GÖLGE	374.13	-
TOPLAM	7398.00	7398.00

Tablo 5.10’da görüldüğü gibi 89 Işıklar görüntüsünde gölgede kalmış alanlar bulunmaktadır. Bu gölgelik alanlar Eynez görüntüsünde olduğu gibi orman alanlarına karşılık gelmektedir (Şekil 5.30 ve Şekil 5.31). Bu nedenle arazideki değişimin tespit edilmesinde sınıfların birebir karşılaştırması çok sağlıklı olmayacağı düşünülerek burada toplam orman alanları ile toplam çıplak toprak alanları karşılaştırılmış ve Tablo 5.11’de değerler verilmiştir.

Tablo 5.11 89-99 Yılları Arasında Meydana Gelen Değişimler

TOPLAM	89	99	DEĞİŞİM	
	IŞIKLAR(h)	IŞIKLAR(h)	ALAN(h)	%
ORMAN	6840.36	6080.85	- 759.51	- 11
ÇIPLAK TOPRAK	557.64	1317.15	+ 759.51	+ 136

Işıklar açık ocağı için kontrollü sınıflandırma sonucu açık ocak alanının 89-99 yılları arasında %136 büyüdüğü tespit edilmiş iken, maskelenmiş NDVI görüntülerinde bu büyüme oranı %183 olarak tespit edilmiştir. Burada kontrollü sınıflandırılmış Işıklar görüntüleri doğruluk için baz alınır, Işıklar maskelenmiş NDVI görüntüleri ile +%37 doğrulukla sonuca ulaşılmıştır.

5.5.5.5.Sınıflandırma Sonuçlarının Doğruluk Değerlendirmesi

Uzaktan algılamada sınıflandırma doğruluk değerlendirme referans verilerle sınıflandırılmış verilerin karşılaştırılarak aralarındaki uyumun tespit edilmesi ile gerçekleştirilir.kullanılan verilerin boyutu dikkate alınarak Eynez sınıflandırılmış görüntüsü için 30-40 arasında Işıklar görüntüsü için 20-25 arasında piksel seçilerek bunların yersel verilerle uyumu bölüm 3.3.4.3’de verilen eşitlik 3.8 doğruluk değerlendirme bağıntısı ile değerlendirilmiştir. Seçilen piksellerin kontrolünde tematik harita bilgilerinin yerinde tespiti çalışmaları, topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Doğruluk tablolarında “D” sınıflandırma doğruluk yüzdesini , “K” ise Kappa değerini göstermektedir. Burada doğruluk yüzdesi (D), hata matrisindeki diagonal piksel değerlerinin toplamının toplam gözlemlenen piksel sayısına oranıdır. Doğruluk tablolarına bakıldığında (Tablo 5.12, Tablo 5.13, Tablo 5.14, Tablo 5.15)

görüntülerin sınıflandırma doğruluğu %80-%86 aralığında gerçekleşmiştir. Hata matrislerinde görüldüğü gibi burada doğruluğu negatif olarak etkileyen faktörler özellikle ağaçlık orman, maki ve bozkır sınıfları arasındaki spektral etkileşimdir. Bunun yanında taşlı toprak ve toprak sınıfları arasındaki spektral etkileşimdir.

Tablo 5.12. 89 EYNEZ Sınıflandırılmış Görüntüsünün Doğruluk Analizi

SINIF	AĞ.ORM	MAKİ	BOZKIR	TOPRAK	TŞL.TOP	Σ	D(%)	K
AĞ.ORM	19					19		
MAKİ	3	4	1			8		
BOZKIR		1	5			6		
TOPRAK				2		2		
TŞL.TOPR					1	1		
Σ	22	5	6	2	1	31	86	0.77

Tablo 5.13 . 99 EYNEZ Sınıflandırılmış Görüntüsünün Doğruluk Analizi

SINIF	AĞ.ORM	MAKİ	BOZKIR	TOPRAK	TŞL.TOP	Σ	D(%)	K
AĞ.ORM	9					9		
MAKİ	2	4	1			7		
BOZKIR		1	4		1	6		
TOPRAK				4		4		
TŞL.TOPR				1	6	7		
Σ	11	5	5	5	7	27	81	0.76

Tablo 5.14. 89 IŞIKLAR Sınıflandırılmış Görüntüsünün Doğruluk Analizi

SINIF	AĞ.ORM	MAKİ	BOZKIR	TOPRAK	TŞL.TOP	Σ	D(%)	K
AĞ.ORM	8					8		
MAKİ	2	2	1			5		
BOZKIR		1	3			4		
TOPRAK				2		2		
TŞL.TOPR					2	2		
Σ	10	3	4	2	2	17	81	0.74

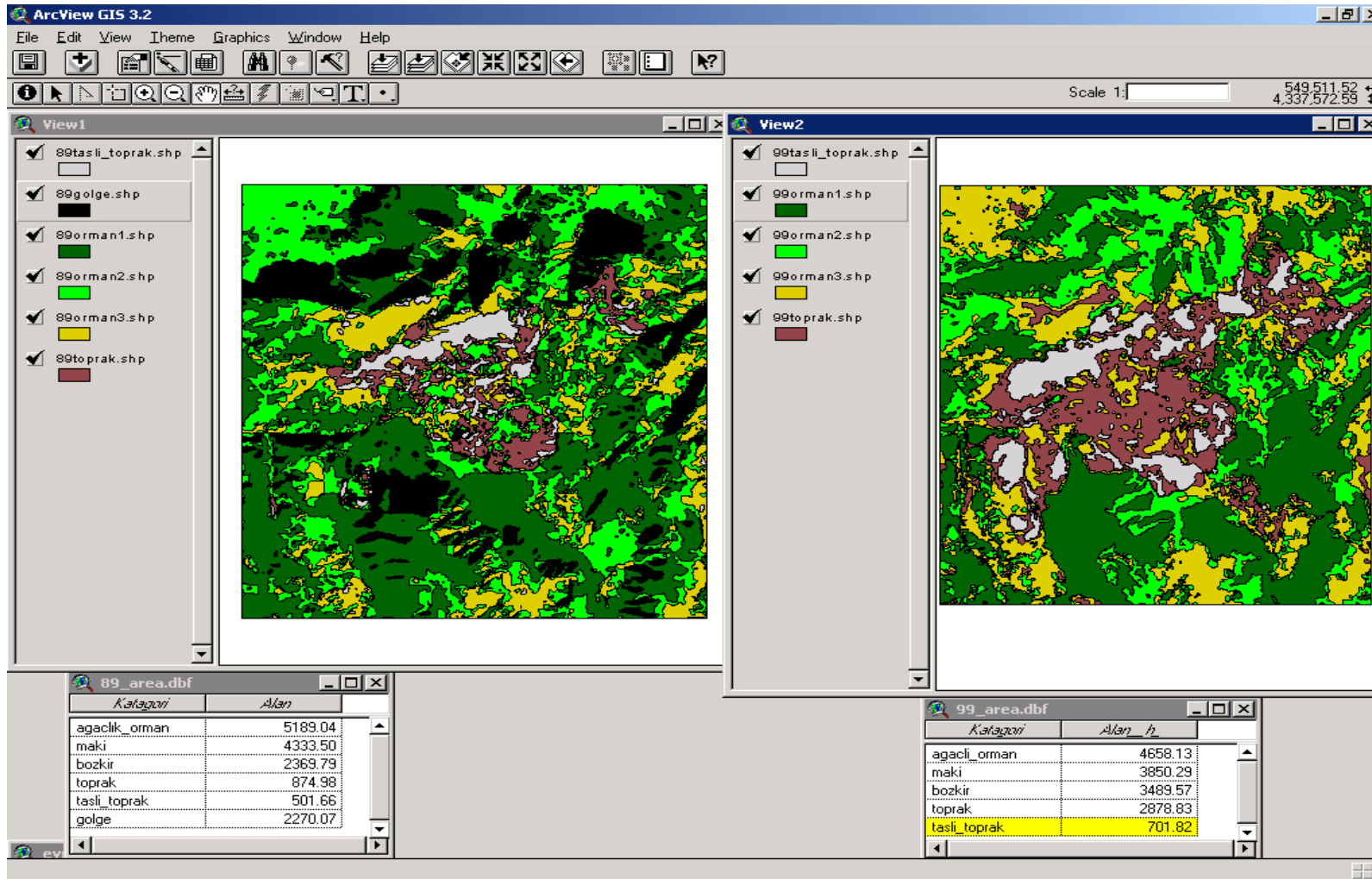
Tablo 5.15. 99 IŞIKLAR Sınıflandırılmış Görüntüsünün Doğruluk Analizi

SINIF	AĞ.ORM	MAKİ	BOZKİR	TOPRAK	TŞL.TOP	Σ	D(%)	K
AĞ.ORM	5					5		
MAKİ	2	2	1			5		
BOZKİR			2	1		3		
TOPRAK				3	1	4		
TŞL.TOPR					4	4		
Σ	7	2	3	4	5	16	80	0.72

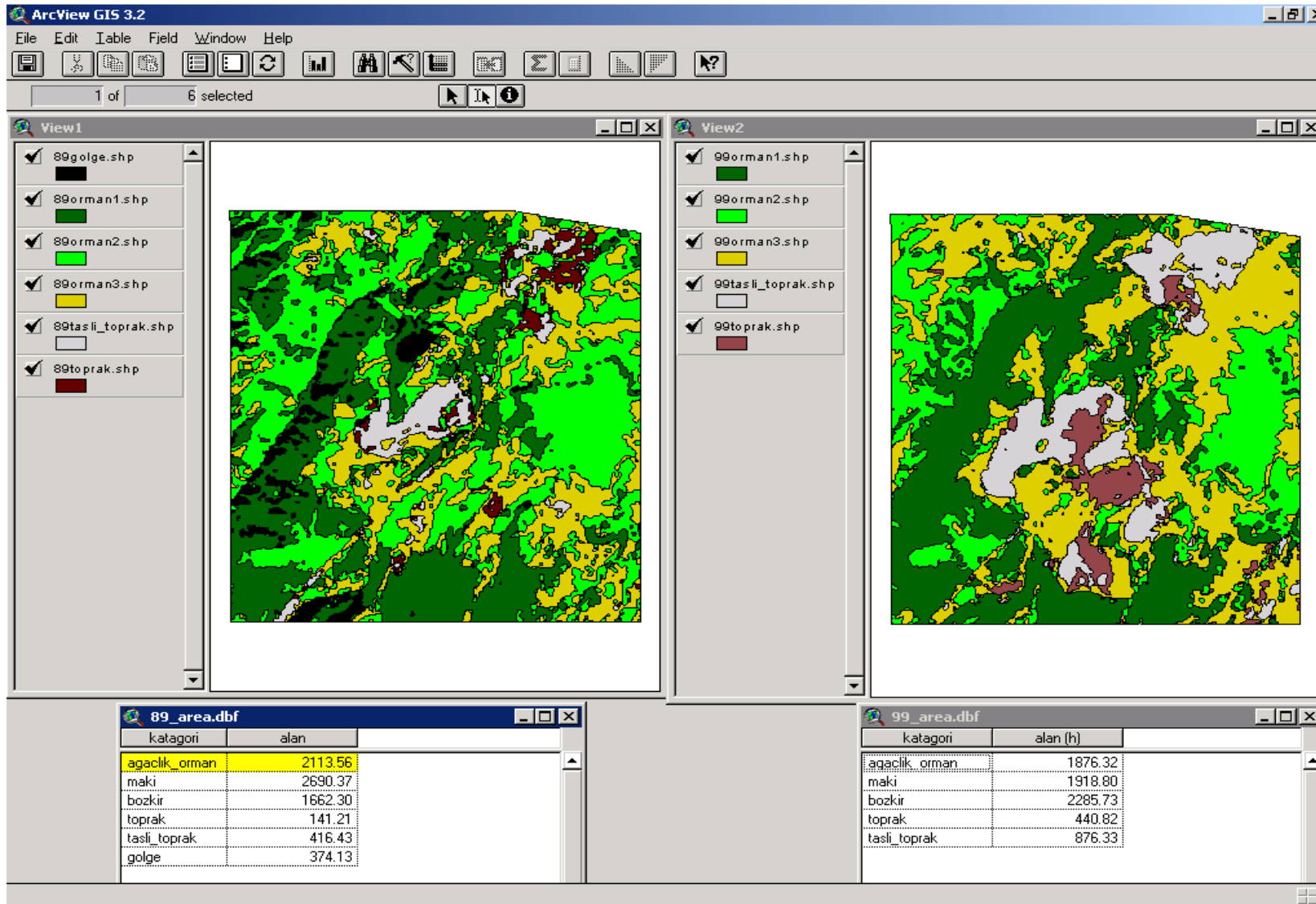
5.5.5.6.Uzaktan Algılama Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Ortamına Aktarılması

Doğadaki olayların ve değişimlerin kontrollü bir şekilde izlenmesi, etkin bir planlama yapılması coğrafi bilgi sistemleri ile mümkün ve daha kolaydır. Açık ocak işletmelerinin faaliyete başlamadan önceki hafriyat alanının toprak yapısı, bitki örtüsü gibi gerekli parametrelerin saklanması , işletme sırasında en etkili bir şekilde çalışmaların önceki toprak ve topoğrafik yapıya uygun olarak modellenmesi coğrafi bilgi sistemleri ile gerçekleştirilebilir.

Günümüzde yaygın olarak verilerin gösteriminde, sorgulanması , araştırılmasında ve analizinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programları olan Arcview, Arcinfo, Mapinfo ,Idrisi vb. programlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada da uzaktan algılama verileri Ermapper uzaktan algılama programındaki “raster to vektör” özelliğinden yararlanılarak Arcview ortamına aktarılmıştır (Şekil 5.32 ve Şekil 5.33).



Şekil 5.32 . Eyzek Uzaktan Algılama Verilerinin CBS Ortamına Aktarılması



Şekil 5.33. Işıklar Uzaktan Algılama Verilerinin CBS Ortamına Aktarılması

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Uzaktan algılama doğrudan temas olmadan yeryüzü hakkında bilgi toplanmasını mümkün kılan bir bilim dalıdır. Toplanan bilgilere, yeryüzünden yansıyan güneş ışınları veya yapay kaynaklardan yansıyan elektromanyetik ışıyım yardımıyla elde edilir.

Uydu teknolojilerinin 1970’li yıllardan günümüze kadarki gelişmesiyle kullanıcılar için önemi giderek artmıştır. Uzaysal çözünürlüğü 80 m. olan Landsat MSS (1972) algılayıcı görüntüleri ile uzaktan algılama çalışmalarına başlamış ve 30m. çözünürlükteki Landsat TM, 10 m. çözünürlükteki SPOT ve 5 m. çözünürlükteki IRS1-C algılayıcıları ile günümüze kadar gelmiştir.

2000’li yıllara doğru ticari uyduların uzaya atılmasıyla 1 ve 3 m. uzaysal çözünürlüğe ve spektral özelliği 200’e varan görüntüler elde edilmeye başlanmıştır. Bu gelişmeler yerbilimleri ve ölçmeleri bilim dallarında (Jeodezi-Fotogrametri, ormancılık, ziraat ve jeoloji vb. gibi) devrim yaratmıştır. Dünyanın herhangi bir yerinin 1-5 m. duyarlılıkta arazi yükseklik modeli elde edilebilmektedir. Günümüzde kötü hava koşullarında dahi SIR-C, JERS-1, ERS-1 gibi radar algılayıcılar sayesinde arazi topoğrafyası ve yapısı hakkında 30m.’ye varan uzaysal çözünürlükte veriler elde edilebilmektedir.

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin entegrasyonu daha iyi planlama ve yönetim için yeryüzünün dinamik özelliklerinin haritasının ve bilgilerinin güncellenmesine imkan veren bir ortam sağlamaktadır.

Bu çalışmada, multi-temporal Landsat TM uydu görüntülerinden yararlanılarak açık maden ocaklarındaki arazi kullanımındaki değişimler tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada açık ocaklarda meydana gelen hafriyattan dolayı maden ocakları Landsat TM görüntüsünde çok parlak piksel değerlerine sahip olduğu için çıplak göz ile bile kolayca farkedilebilmektedir. Açık maden ocaklarını uydu

görüntülerinde yüksek doğrulukta tespit edebilmek için uydu görüntüleri sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde 1989 yılında Eynez açık kömür ocağının alanı 1377 hektar civarında belirlenirken, aynı ocak alanının 1999 yılında %160 büyüyerek 3581 hektar civarına yükseldiği görülmüştür. Diğer bir değişle, Eynez açık ocağı yıllık ortalama % 16 civarında büyümüştür. Bunun yanında 2204 hektar orman alanı yok edildiği tespit edilmiştir.

Işıklar açık kömür ocağında yapılan tespite göre 1989 yılı toplam hafriyat alanının 558 hektar civarında olduğu, 1999 yılında bu alan %136 artarak 1317 hektar civarına yükseldiği görülmektedir. 10 yıllık bir zaman dilimi içerisinde 760 hektar civarında ilave orman alanı yok edilmiştir.

Açık maden ocaklarında büyük arazi parçalarının kazılıp toprağın doğal durumunun bozularak bırakılması ekolojik sistem üzerinde kötü bir etki bırakmaktadır. Toprak üzerindeki mevcut bitki örtüsü yok edilmekte ve toprak yeni bir fiziksel ve kimyasal özelliklere kavuştuğu için kendi kendine doğal olarak yeniden bitki örtüsü oluşması imkansızlaşmaktadır. Hatta bu durum yer altı su kaynaklarını dahi etkileyecek derecede doğal bir zarar yaratmaktadır. Bu nedenle açık maden ocaklarının işletme bitiminde doğal haline kavuşabilmesi için uygun yasalar çıkartılmalı ve düzenlemeler yapılmalıdır. Açık maden ocakları işletmelerine doğal düzeni koruyacak yönetim ve planlama politikaları belirlenmeli ve işletme üzerine çevre koruma tedbirlerini sağlayıcı denetimler alınmalıdır.

Multi-temporal uydu görüntüleri kullanılarak açık maden ocaklarındaki değişikliklerin izlenilmesi yöntemini bir çok değişik alanda uygulamak mümkündür. Bunlar orman yangınlarının olduğu yerlerde yangın hasarının tespit edilmesinde ve iyileştirme çalışmaları, şehirleşmenin hızla geliştiği bölgelerde şehirlerin kontrollü ve planlı bir şekilde büyümesini sağlamak amacıyla yapılacak olan çalışmalar, körfezlerdeki su kirliliğinin izlenilmesi amacıyla yapılacak olan çalışmalar, deprem ve kasırga gibi doğal afetlerin meydana geldiği alanlardaki hasar tespit çalışmaları, global iklim ve hava değişikliklerinin izlenilmesi amacıyla yapılacak olan çalışmalar vb. gibidir.

KAYNAKLAR

1. CAMPBELL J.B., Introduction to Remote Sensing , 1996.
2. DAİ X.Long , “ Remotely Sensed Change Detection Based on Artificial Neural Networks “, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (PE&RS), Vol. 65, No.10 , s.1187, October 1999.
3. ERDAS Imagine Field Guide, Third Edition, Erdas Inc., 1997.
4. ERMAPPER 6.1 Tutorials, 2000
5. FOODY, G.M. , “ Estimation Of Sub-Pixel Land Cover Composition İn The Presence Of Untrained Classes” *Comp. Geosci.* 26: 469-478 , 2000.
6. GERSHMELL P.J. , NAPTON D.E. ,” Interpretation Of Resource Data Problems Of Scale And Transferability . Practical Applications Of Computers İn Government , Papers From The Annual Conference Of Te Urban And Regional Information Systems Association “ , 1982.
7. INTERNATIONAL Mediterranean Project Final Report , ESA, March 2000
8. LEGG C. , Remote Sensing And Geographic İnformation Systems, Praxis Publishing, 1994
9. MATHER P.M. “ Computer Processing Of Remotely-Sensed İmages, Great Britain , 1995.
10. MUSAOĞLU N. , “ Elektro-Optik ve Aktif Mikro Dalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve yeişme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları ” Doktora Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
11. ÖZKAN, C. “ Uzaktan Algılama Verileriyle Orman Yangını Analizi “ Yüksek Lisans Enstitüsü, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991.
12. RİCHARDS J.A. , “ An introduction Remote Sensing Digital Image Analysis ”, 1993.
13. RIDD M.K. , “Exploring A V-I-S (Vegetation-İmpervious Surface-Soil) Model For Urban Ecosystem Analysis Through Remote Sensing: Comparative Anatomy For Cities” *Int. J. Remote Sens.* 16: 2,165-2,185, 1995,.
14. Sunar, F. “Körfezdeki Su Kalitesinin Uydu Görüntü Verileri Yardımıyla İncelenmesi ” Doktora Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991.

15. YOUNGSINN S., EMILIO M., FRANCISCO G., “ Deforestation In North-Central Yucatan (1985-1995) : Mapping Secondary Sucession Of Forest And Agricultural Land Use In Sotuta Using The Cosine Of The Angle Concept”, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (PE&RS) ,Vol. 65, No.8, August 1999
16. [Http://bilginm.8k.com/soma](http://bilginm.8k.com/soma)