

2122

# MARMARA BÖLGESİNDE SU İLE ÖRTÜLÜ ALANLARIN ORJİNAL VE YAPAY LANDSAT - 4 GÖRÜNTÜ VERİLERİ YARDIMI İLE İNCELENMESİ

(DOKTORA TEZİ)

Yük. Müh. Derya Maktav

Tezin Fen Bilimleri Ens. Verildiği Tarih: 23 Temmuz 1984  
Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Şubat 1985

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi  
Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Mustafa AYTAÇ  
: Doç.Dr. Cankut ÖRMECİ  
: Doç.Dr. M.Orhan ALTAN

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
İNŞAAT FAKÜLTESİ MATBAASI

1985

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Doküman

# İ Ç İ N D E K İ L E R

|                                                                                | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET                                                                           | iv           |
| ZUSAMMENFASSUNG                                                                | vii          |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR                                                       | xiii         |
| 1. GİRİŞ VE AMAÇ                                                               | 1            |
| 2. SPEKTRAL AYIRIMIN İLKELERİ VE SINIFLANDIRMA                                 | 4            |
| 2.1. ELEKTROMANYETİK TAYF                                                      | 4            |
| 2.2. MODEL BELİRLEME (PATTERN RECOGNITION) VE<br>SPEKTRAL AYIRIM               | 5            |
| 2.3. SINIFLANDIRMA                                                             | 7            |
| 2.3.1. Kontrolsuz Sınıflandırma - Euklid<br>Uzaklığı                           | 8            |
| 2.3.2. Kontrollu Sınıflandırma                                                 | 9            |
| 3. LANDSAT PROGRAMI VE SİSTEMİ                                                 | 11           |
| 3.1. LANDSAT PROGRAMI VE LANDSAT UYDULARININ<br>KRONOLOJİSİ                    | 11           |
| 3.2. LANDSAT SİSTEMİ VE UYDULARIN ÖZELLİKLERİ                                  | 12           |
| 3.3. UYDULARIN HAREKETLERİ                                                     | 14           |
| 3.4. UYDULARDAKİ ALGILAYICILAR (SENSÖRLER) VE<br>VERİLERİN ELDE EDİLMESİ       | 19           |
| 3.5. TELEVİZYON KAMERALARI (RETURN BEAM<br>VIDICON): RBV                       | 22           |
| 3.6. ÇOK SPEKTRUMLU TARAYICILAR: MSS                                           | 23           |
| 3.7. ALGILAMA ARIZALARI                                                        | 26           |
| 3.8. LANDSAT GÖRÜNTÜ İNDİSLEME SİSTEMİ                                         | 29           |
| 4. LANDSAT GÖRÜNTÜ VERİLERİNİN BİLGİSAYAR İLE<br>İŞLENMESİ (DEĞERLENDİRİLMESİ) | 32           |
| 4.1. DİJİTAL VERİ DEĞERLENDİRME SİSTEMİ DİDAK<br>VE DİĞER SİSTEMLER            | 32           |

|                                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.2 YAPAY RENKLİ GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMELERİ                                                           | 35           |
| 5. UYGULAMA                                                                                             | 37           |
| 5.1. İNCELENEN BÖLGENİN COĞRAFİ SINIRLARI VE BU BÖLGE İLE İLGİLİ LANDSAT-4 TEKNİK VERİLERİ              | 37           |
| 5.2. MARMARA DENİZİ ÇEVRESİNDE SINIFLANDIRMA UYGULAMASI                                                 | 40           |
| 5.2.1. Spektral Özelliklerin Bölgedeki Dağılımı                                                         | 40           |
| 5.2.2. LANDSAT Görüntü Elemanlarının (Piksel) n-Boyutlu Deyimi ve Gruplaşmaları                         | 44           |
| 5.2.3. Dijital Kontrast Arttırımı                                                                       | 47           |
| 5.2.4. Orijinal Verilerin Manipulasyonu - Orantı Görüntüleri                                            | 51           |
| 5.2.5. Kontrolsuz Sınıflandırma                                                                         | 55           |
| 5.2.5.1. Algoritmanın Açıklanması ve Parametrelerin Seçimi                                              | 55           |
| 5.2.5.2. Parametreler Arasındaki Fonksiyonel Bağıntı                                                    | 58           |
| 5.2.5.3. Orijinal Verilerle Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması (Marmara-1) (Güney Marmara Bölgesi'nde) | 61           |
| 5.2.5.3.1. Ulubat Gölü (Apol-yont Gölü) Çevre-sinde Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması                 | 61           |
| 5.2.5.3.2. İznik Gölü Kıyıla-rında Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması                                  | 65           |
| 5.2.5.3.3. Kuşgölü (Manyas Gölü) Çevresinde Kontrolsuz Sı-nıflandırma Uygulaması                        | 68           |

|                                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.2.5.3.4. Küçük Göller ve Erdek Körfezi'nde Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması                        | 69           |
| 5.2.5.4. Orijinal Verilerle Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması (Marmara-2) (Kuzey Marmara Bölgesi'nde) | 70           |
| 5.2.5.4.1. Büyük Çekmece ve Küçük Çekmece Gölleri Çevresinde Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması        | 71           |
| 5.2.5.4.2. Ömerli Baraj Gölü Çevresinde Kontrolsuz Sınıflandırma Uygulaması                             | 72           |
| 5.2.6. Manipule Edilmiş Orijinal Verilerle Kontrolsuz Sınıflandırma                                     | 74           |
| 5.2.7. İcra Süresinin (CPU-t) İrdelenmesi                                                               | 75           |
| 6. SONUÇLAR                                                                                             | 77           |
| EKLER                                                                                                   |              |
| REFERANSLAR                                                                                             | 81           |
| TEŞEKKÜR                                                                                                | 86           |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                                                | 87           |



## Ö Z E T

Birçok bilim dalları içinde geniş uygulama alanı bulabilen uzaktan algılama konusu, bilgisayarların da hızlı bir biçimde gelişmeleri ile her geçen gün daha büyük bir önem kazanmaktadır.

Günümüzde uzaya fırlatılan uydulardan, özellikle yeryüzünü araştırmak amacı ile gönderilen, LANDSAT uydularından elde edilen dijital veriler, örneğin ziraat, hidroloji, erozyon, su baskınları, arazi kullanımı, şehircilik... gibi konularda öncelikle kullanılabilirler.

Bu çalışmada da LANDSAT dizisinin en son uydusu olan LANDSAT-4'den elde edilen dijital veriler yardımı ile Marmara Bölgesi'nin büyük bir bölümünün su ile örtülü alanlarında inceleme yapılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde, uzaktan algılamanın kısa bir tanımı verildikten sonra çalışmanın genel amacının, Marmara Bölgesi'nin su ile örtülü alanlarının kıyı bölgelerindeki doğal özelliklerin, orijinal ve yapay LANDSAT-4 görüntü verilerinden yararlanılarak ve Euklid uzaklığı kriteri olarak alınarak kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile saptanması olduğu belirtilmiştir.

Daha sonra elektromanyetik tayf ve model belirleme konuları ile kısaca kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri açıklanmıştır.

Veriler LANDSAT'den alındığından, önce LANDSAT programı, amacı ve özellikleri, bunların, verileri uzaydan ne biçimde algıladıkları, sahip oldukları algılayıcılar (MSS, RBV, TM) ve algılayıcı arızaları açıklanmaya çalışılmış ve daha sonra görüntülerin ne biçimde dijital olarak bilgisayarlarla işlenebilecekleri ve yapay renkli görüntülerin ne biçimde elde edilebileceği üzerinde durulmuştur. Ayrıca LANDSAT görüntü indisleme sistemi, görüntü elemanlarının n - boyutlu uzayda nasıl deyimlenebilecekleri dijital olarak hazırlanmış histogramlarla açıklanmaya çalışılmış ve dijital kontrast varyasyonu ile radyometrik çözülürlük arasındaki bağıntı da İstanbul Boğazı'nda verilen bir örnekle gösterilmeye çalışılmıştır.

Marmara Denizi çevresindeki kontrolsüz sınıflandırma uygulamasına geçmeden önce spektral özelliklerin bu bölgedeki dağılımı histogramlarla incelenmiş ve yorumlamada çok yararlı olan kontrast, dijital olarak kontrol altına alınmış ve böylece herhangi bir bölgede istenen kontrastın ekranda görülebilmesi sağlamıştır.

Uygulanan kontrolsüz sınıflandırma yönteminde, görüntü elemanları arasındaki uzaklığın hesabı için Euklid uzaklığı baz olarak alınmıştır. Euklid uzaklığının hesabı ve tüm kontrolsüz sınıflandırma yöntemi için bir FORTRAN IV programı hazırlanmış ve bu program tüm çalışmanın temelini oluşturmuştur.

Diğer yandan orijinal veriler çeşitli matematiksel bağıntılarla manipüle edilerek Ulubat Gölü ve çevresinin 3 ayrı kanaldaki 'orantı görüntüsü' elde edilmiş ve bu görüntünün de sınıflandırılmasına çalışılmıştır.

Program içerisinde seçilen parametreler arasındaki fonksiyonel bağıntı ve bu parametrelerin seçiminin icra süresine (CPU-t) olan etkisi ayrıca çeşitli bölgelerde incelenmeye çalışılmıştır.

Kontrolsüz sınıflandırma uygulamasının yapıldığı bölgeler, Ulubat Gölü (Apolyont Gölü), İznik Gölü ve Kuşgölü ile

Erdek Körfezi, B.Çekmece, K.Çekmece ve Ömerli Baraj Gölü'dür. Bu bölgelerdeki doğal özellikler tamamen dijital yöntemlerle ortaya konulmaya çalışılmış, elde edilen sonuçlar, arazi çalışması sonuçları ile karşılaştırılarak parametrelerin seçimine incelik getirilmiştir.

Bu çalışma için gerekli bantlar İtalya'da Telespazio'dan getirtilmiş, çekilen siyah beyaz filmlerin banyoları ve küçültme işlemleri ise Karlsruhe Üniversitesi Fotogrametri ve Topğrafya Enstitüsü (IPT) ile İTÜ İnşaat Fakültesi Fotogrametri Anabilim Dalı Fotoğraf Laboratuvarlarında hazırlanmıştır. Renkli filmler ise özel olarak banyo ettirilmiştir.



## ZUSAMMENFASSUNG

### DIE UNTERSUCHUNG DER MIT WASSER BEDECKTEN FLÄCHEN IM MARMARA GEBIET MIT HILFE DER ORIGINAL-UND RATIODATEN VON LANDSAT-4 AUFNAHMEN

Fernerkundung, die für mehrere Wissenschaften als Mittel benutzt wird, findet heute, besonders auch auf Grund der schnellen Entwicklung der EDV ein breites Anwendungsgebiet.

Die digitalen Daten, die von den Satelliten, besonders von den LANDSAT's aufgenommen werden, finden vorwiegend in der Landwirtschaft, der Hydrologie, der Erosion, der Überschwemmung, der Landnutzung und dem Siedlungswesen Verwendung.

In dieser Arbeit wird eine Untersuchung in den

mit Wasser bedeckten Flächen eines grossen Teils des Marmara Gebiets anhand der digitalen Daten von dem letzten Erderkundungssatelliten LANDSAT-4 vorgenommen.

Im ersten Teil dieser Arbeit ist eine kurze Darstellung der Fernerkundung gegeben und danach wird angedeutet, dass das generelle Ziel dieser Arbeit, die Festlegung der natürlichen Eigenschaften im Küstenbereich der mit Wasser bedeckten Flächen vom Marmara Gebiet ist. Dafür werden nicht nur die Originaldaten, sondern auch die Ratiodaten angewandt, die durch Manipulieren der Originaldaten erhalten sind. Als Kriterium für das angewandte unüberwachte Klassifizierungssystem wird die Euklidische Distanz benutzt.

Danach wird das elektromagnetische Spektrum und die Mustererkennung kurz erläutert.

Da all die benutzten Daten von LANDSAT aufgenommen sind, wird erst versucht, LANDSAT-Programm, Ziel und Eigenschaften dieses Programms, Aufnahme der Daten und seine Sensoren (MSS, RBV, TM) darzustellen. Die Detektorfehler der Satelliten werden untersucht; und damit diese Fehler keine negativen Einflüsse auf die Klassifizierungsergeb-

nisse und die Interpretation haben, werden diese Fehler durch digitalen Methoden beseitigt. Danach wird erklärt, wie die Daten mit Hilfe der Grossrechenanlagen verarbeitet werden können, und wie dadurch die digitalen Farbbilder entstehen. Die verschiedenen Bildverarbeitungssysteme DIDAK am IPT an der Universität Karlsruhe, DIBIAS bei der DFVLR in Oberpfaffenhofen, IBIS am Geographischen Institut der Universität Zürich und GIP an der Universität Ege werden kurz erklärt. Ausserdem wird die n-dimensionale Darstellung der Bildelemente (Pixel) mit Hilfe der digital vorbereiteten Histogramme vorgestellt, und die Beziehung zwischen der digitalen Kontraständerung und dem radiometrischen Auflösungsvermögen anhand eines Beispiels an der Bosphorus-Brücke angegeben.

Vor der Darstellung der Anwendung der unüberwachten Klassifizierung in der Umgebung vom Marmarameer wird zunächst die Verteilung der spektralen Merkmale dieses Gebiets mit Hilfe der digitalen Histogramme untersucht, und der Farbkontrast, der für die Interpretation wichtig ist, wird digital so gesteuert, dass der gewünschte Kontrast für ein beliebig gewähltes Gebiet auf dem Monitor sichtbar wird.

Als Abstand zwischen den Bildelementen bei der angewandten unüberwachten Klassifizierung wird die Euklidische Distanz genommen. Die Formel für die Euklidische Distanz lautet:

$$E = \left( \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

wobei  $n$  = Anzahl der Kanäle,

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

und

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

die Bildelemente, und  $E$  die Euklidische Distanz zwischen zwei Bildelementen  $X$  und  $Y$  ist. Für die Berechnung der Euklidischen Distanz bei der Anwendung der Methode der unüberwachten Klassifizierung wird ein FORTRAN-IV Programm geschrieben, und dieses Programm ist der Ausgangspunkt dieser Arbeit.

Ausserdem werden die Originaldaten mit Hilfe der mathematischen Beziehungen manipuliert, und als Beispiel dient dazu das Ratiobild vom Ulubat-See und seiner Umgebung mit 3 Kanälen. Auch

dieses Bild wird dann unüberwacht klassifiziert, um die Ergebnisse der beiden Klassifizierungen mit Original-und Ratiiodaten zu vergleichen.

Die funktionalen Beziehungen zwischen den Parametern, und die Wirkung dieser Parameter auf die CPU-Zeit werden in verschiedenen Gebieten digital untersucht.

Das für die Anwendung der Klassifizierung gewählte Gebiet ist: Ulubat See (Apolyont See), Iznik See, Kuşgölü (Manyas See), der Golf von Erdek, B.Çekmece-, K.Çekmece-, Ömerli See und andere kleinen Seen und Flüsse im Marmara Gebiet.

Die natürlichen Unterschiede dieser Gebiete wurden mit Hilfe der digitalen Methoden untersucht, und durch einen Vergleich dieser und der auf dem Land erhaltenen Ergebnisse wurde eine Präzision für die Wahl der Parameter erreicht.

Die Bänder für diese Arbeit werden von Telespazio, Italien, erhalten.

Die Verkleinerung der schwarz-weiss Bilder werden im Photolabor des Lehrstuhls für Photogrammetrie an der Technischen Universität Istanbul



gemacht, und die Farbbilder werden teilweise in  
Deutschland und in der Türkei privat entwickelt.



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

|           |                                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|
| BPI       | : Bytes Per Inch                                                    |
| CPU_t     | : Central Processing Unit Time                                      |
| DFVLR     | : Deutsche Forschungs-und Versuchsanstalt für<br>Luft-und Raumfahrt |
| DIBIAS    | : Digitales Interaktives Bildauswertungssystem                      |
| DIDAK     | : Digitales Datenauswertesystem Karlsruhe                           |
| E         | : Euklid Uzaklığı                                                   |
| ERTS      | : Earth Resource Technology Satellite                               |
| GİP       | : Görüntü İşleme Paketi                                             |
| IBIS      | : Interaktives Bild-Interpretations-System                          |
| İK        | : Açılan Küme Sayısı                                                |
| IPT       | : Institut für Photogrammetrie und Topographie                      |
| MAXPIX    | : Kesin Sınıfa Geçiş İçin Gerekli Görüntü Elemanı<br>Sayısı         |
| MAXSIN    | : Maksimum Küme Sayısı                                              |
| MOS       | : Marine Observation Satellite                                      |
| MSS       | : Multispectral Scanner                                             |
| NASA      | : National Aeronautics and Space Administration                     |
| NGÇM      | : Nominal Görüntü Çerçeve Merkezi                                   |
| NOAA      | : National Oceanic and Atmospheric Administration                   |
| RBV       | : Return Beam Vidicon                                               |
| SPOT      | : Systeme Probatoire d'Observation de la Terre                      |
| TM        | : Thematic Mapper                                                   |
| $\lambda$ | : Dalga Boyu                                                        |

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnsan nüfusunun hızla artmasına ve yerleşim, beslenme gibi konuların dünyamız için son derece önemli hale gelmesine paralel olarak özellikle yeryüzündeki kaynakların araştırılma ve işlenme zorunluluğu da büyük önem kazanmaktadır. Nitekim günümüzde de gelişen teknoloji ile birlikte uzaya fırlatılan uydulardan dünyanın görüntüleri elde edilebilmekte ve bu görüntüler, yeryüzündeki çeşitli kaynakların araştırılması yanında meteorolojik incelemeler yapabilmek, haberleşme tekniğine katkıda bulunmak veya okyanusları incelemek gibi çeşitli konularda da kullanılabilir. Diğer bir deyişle yeryüzünün bazı özellikleri hakkında "belirli bir uzaklıktan", onunla fiziksel bir temasta bulunmaksızın bilgi sahibi olunabilmektedir.

Uydulardan elde edilen veriler daha sonra değerlendirilerek sürekli olarak kullanılmakta ve bunların elde edilmeleri, bilgisayarların çok önemli boyutlarda insan yaşamına girmesi ve böylece geniş kapsamlı verilerin hızla değerlendirilerek yorumlanmaları ve bu yorumlara göre ülkelerin önlemler alabilmeleri veya ekonomilerini yönlendirebilmeleri ayrı ayrı incelenmeye değer konular olarak ortaya çıkmaktadır. Artık günümüzde uzaya fırlatılan uydularda, verilerin elde edilmesi yanında konuya daha ekonomik çözümler getirmeye de gayret edilmektedir.

Yukarıda sözü edilen uydulardan yeryüzünün araştırılması amacı ile uzaya gönderilen LANDSAT uyduları, bu amaca uy-

gun biçimde yeryüzünün görüntülerini elde edebilmekte ve bunları dünyaya göndermektedir. Daha sonra bu orijinal görüntüler ve hazırlanan algoritmalar yardımı ile bilgisayarlar kullanılarak elde edilen görüntüler yorumlanmakta ve böylece bu görüntüler yardımı ile yeryüzünün araştırılması olanağı bulunabilmektedir.

Bu çalışmada da önce LANDSAT uyduları dizisinden LANDSAT-4 ile elde edilen, Marmara Bölgesi'nde  $39^{\circ}50' - 41^{\circ}20'$  kuzey enlem ve  $27^{\circ}30' - 29^{\circ}35'$  doğu boylamlar arasında kalan bölgeye ait (bu bölge tek bir banta girmektedir) renkli ekranda görülebilecek biçimde işlenmiş MSS dijital görüntü verileri yardımı ile bu bölgedeki su ile örtülü alanlar saptanmıştır. Ayrıca bu bölgede yerinde yapılan bir arazi çalışması ve var olan haritalar yardımı ile de gerekli kontroller sağlanmıştır.

Ayrıca orijinal görüntü verileri kullanılarak dijital histogramlar hazırlanıp, bu histogramların yorumlanması ile, üzerinde çalışma yapılacak Marmara Bölgesindeki su ile örtülü alanların hangi kanallarda karalara göre kesin dağılım farklılığı gösterdikleri belirlenmeye çalışılmış ve buna dayanarak -görüntü elde edilmeden de- dijital histogramlar yardımı ile bu bölgeler hakkında bazı bilgiler elde edilip edilemeyeceği (örneğin bölgenin yüzde kaçının su ile örtülü alanlarla kaplı olabileceği veya yüzde kaçının kara olabileceği) araştırılmıştır.

Daha sonra bu su ile örtülü alanların (göllere, nehirler, deniz) özellikle kıyı kesimlerinde ne tür doğal özellikler olabileceği bu dijital görüntü verilerinin sınıflandırılma sonuçlarına göre saptanmıştır. Burada doğal özelliklerden amaç, bataklık, kumluk, sazlık veya sedimentasyon bölgeleri gibi özelliklerdir. Su ile örtülü alanların yukarıda sözü edilen doğal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılacak sınıflandırma yöntemi kontrolsüz olup önceden kontrol bölgeleri belirlenmemiştir. Bu yöntemde, görüntü elemanlarının n-boyutlu uzayda (n: kanal sayısı) birbirleri ile olan uzaklıklarının saptanmasında kriter olarak Euklid uzaklığı alınmıştır.

Diğer yandan, orijinal görüntü verilerinin sınıflandırılması yanında, farklı kanallardaki bu dijital veriler, birbirleriyle oranlanarak yapay dijital değerler, dolayısı ile yapay görüntüler (orantı görüntüleri) elde edilmiş ve bu görüntüler de gene kontrolsuz olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, orijinal görüntülerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve orantı görüntüleri ile yapılan sınıflandırmanın su ile örtülü alanların sınıflandırılmasında orijinal verilere kıyasla üstün olup olmadıkları araştırılmıştır.

Son olarak da, hazırlanan algoritma içindeki parametrelerin (kanal sayısı, Euklid uzaklığı ve sınıf sayısının) bilgisayarda icra süresine nasıl etkidikleri incelenmiş ve parametrelerin seçiminde bu durum da gözönüne alınmıştır.

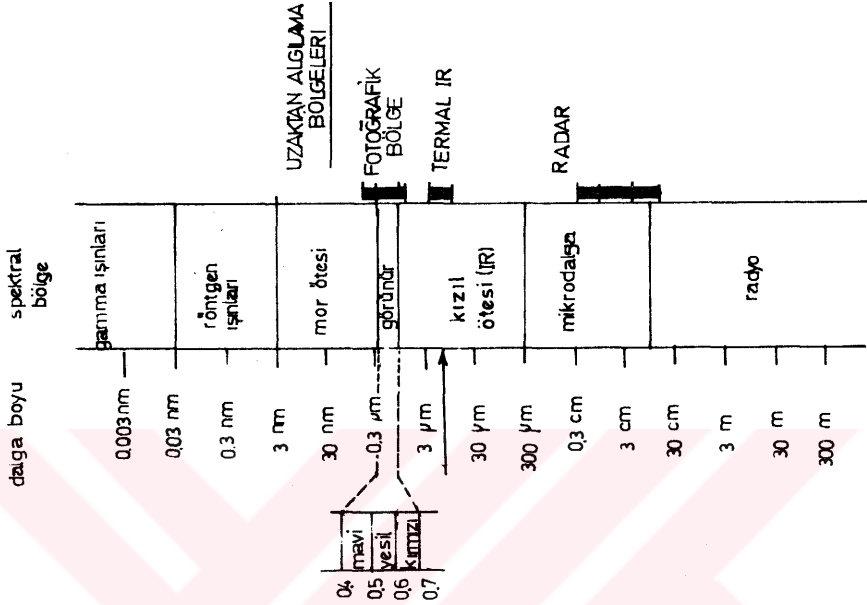
## 2. SPEKTRAL AYIRIMIN İLKELERİ VE SINIFLANDIRMA

### 2.1. ELEKTROMANYETİK TAYF

Tüm elektromanyetik dalgaların, dalga boylarının büyük-  
lüklerine göre belli bir sıra içerisinde gösterildiği alan  
anlamına gelen elektromanyetik tayfta, var olan elektromanye-  
tik ışıınım, bilgi taşıyabilen ve yayabilen sonsuz bir enerji  
kaynağıdır. Bu kaynak, insanlığın yararı için kullanılabi-  
lir. Nitekim uzaktan algılama da önemli ölçüde bu enerji  
kaynağı ile bağıntılı konularla ilgilidir.

Elektromanyetik tayf, en kısa kozmik ışıınları, gamma  
ışıınlarını, röntgen ışıınlarını, mor ötesi (ultraviolet), gö-  
rünür, kızılötesi ışıınımı, mikrodalgaları ve radyo enerjisi-  
nin tüm dalga boylarını içerir. Uzaktan algılayıcılarla yer-  
yüzünün ve atmosferin araştırılmasında bu elektromanyetik  
tayf bölgelerinden yararlanılır. Bu algılayıcılar aynı za-  
manda, güneş sistemindeki çeşitli gezegenlerin araştırılması  
amacı ile uzaya fırlatılan yapay uydulara da yerleştirilir(1),  
(2),(3).

Şekil 2.1'de, elektromanyetik tayf ve çeşitli bantlar  
(kızılötesi, görünür, radar ...) görölmektedir.



ŞEKİL 2.1. Elektromanyetik tayf

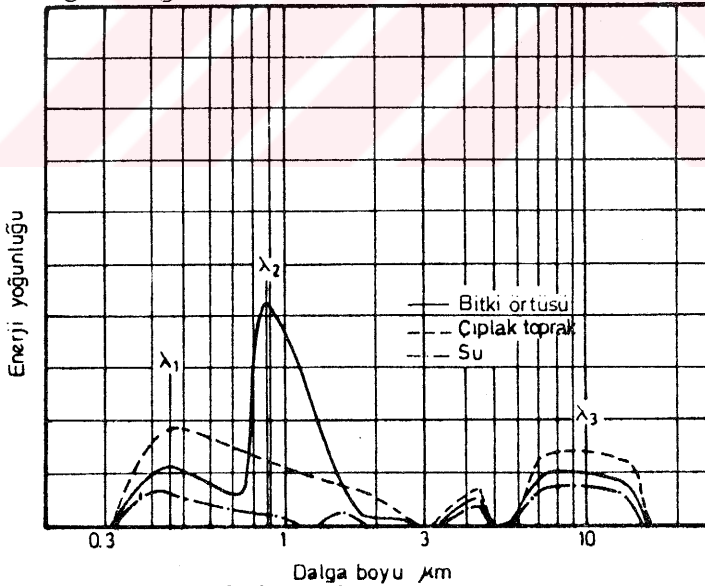
## 2.2. MODEL BELİRLEME (PATTERN RECOGNITION), SPEKTRAL AYIRIMIN İLKELERİ

Uzaktan algılayıcı tarafından toplanan elektromanyetik ışınım, onu oluşturan kaynak, içinde yayıldığı atmosfer ve onu yansıtan yüzeyin özellikleri ile karakterize edilir. Yansıtan yüzeyler ve atmosfer nedeni ile elektromanyetik ışınım-daki değişimler elde edilen verilerdir. Böylece dalga boyunun ve diğer değişkenlerin fonksiyonu olarak, bu elektromanyetik ışınımın özelliklerinin bilinmesi, uzaktan algılanan verilerin analizi için gereklidir.

Uzaktan algılanan görüntü verileri içinden belli başlı modellerin (pattern) ortaya çıkarılması model belirlemedir (pattern recognition). Model belirlemek açısından yorumlandığında, algılanan yeryüzü, algılayıcının kendine göre ta-

nımladığı birimlerden oluşmaktadır. İlk yaklaşım olarak, dijital görüntü algılayıcıları için bu birimler, yeryüzünde birbirini örtmeyen küçük alanlardır (piksel). Algılayıcı, algıladığı her birim için bir dizi ölçme yapar; bu dizide ölçülen her değer, uzaktan algılayıcı tarafından, elektromanyetik tayfın belirli bölgelerinde, belirli gözleme zamanlarında algılanan enerji ile orantılı bir sayıdır(1). İşte model belirlemenin temel problemi de, bu ölçmeler yardımı ile, yeryüzündeki farklı cisimlerin saptanabilmesidir. Bu farklı modellerin birbirlerinden ayırte diledikbilmeleri için aşağıda bir örnek verilmiştir:

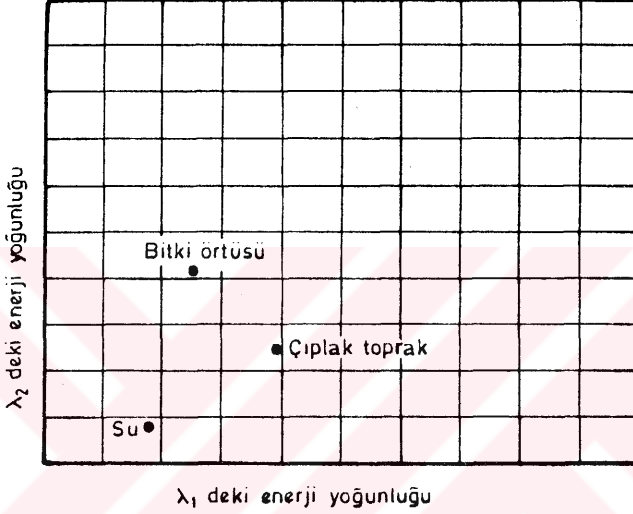
Bitki örtüsü, çıplak toprak ve su ile örtülü alanlar olmak üzere 3 farklı yüzey örtüsü ele alınsın. Bunlardan herbirinin spektral özelliklerinin, mevsim, atmosferik pus, gölge vb. gibi doğal koşullarla değişmediği varsayılsın (gerçekte bunlara bağlı olarak değişmektedirler). Elektromanyetik tayftaki dalga boyları ve bu cisimlerin spektral yoğunlukları iki farklı eksende gösterilecek olursa Şekil 2.2'deki gibi eğriler elde edilir.



ŞEKİL 2.2. Farklı cisimlerin farklı dalga boylarındaki spektral eğrileri(1)



Şimdi, bir uzaktan algılayıcının bazı ölçmeler yapabilmesi için  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dalga boyları seçilsin ve her farklı yüzey örtüsünün spektral ölçme modelini (spectral measurement pattern) saptamak için  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dalga boyları kullanılsın (Şekil 2.3).



ŞEKİL 2.3.  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dalga boylarında farklı yüzey örtülerinin gösterilmesi(1)

Burada görüldüğü gibi, her yüzey örtüsü farklı bölgelerde kümeleşmektedir. Bu farklı spektral özellikler, sınıflandırma yönteminin de temelini oluşturur.

### 2.3. SINIFLANDIRMA

LANDSAT görüntülerinin bilgisayar ile işlenmesinde uygulanan yöntemlerden bir tanesi de, görüntü elemanlarının spektral özelliklere göre gruplandırılmaları anlamına gelen 'sınıflandırma' dır. Bu yöntem, hem 'küme (Cluster) analizini' hem de 'diskriminanz analizini' içerir.

### 2.3.1. Kontrolsuz Sınıflandırma - Euklid Uzaklığı

Sınıflandırma için küme analizi yöntemi uygulandığında 'kontrol bölgeleri' kullanılmaz, yani dijital olarak sınıflandırılmış bölgelerin yeryüzünde ne tür alanları deyimlendirecekleri istatistiksel olarak önceden belirlenmez ve görüntü elemanlarının n-boyutlu (n: Kanal sayısı) uzay içerisindeki gruplaşmaları da hazırlanacak algoritmaların yapısına bağlıdır, yani dışardan herhangi bir etki yapmadan, görüntü elemanları, birbirlerine olan 'dijital yansıtma değerleri arasındaki' yakınlık derecelerine göre, kendi aralarında yapay olarak gruplandırılacaklardır. Elde edilen grupların doğal özellikleri ancak daha sonra, elde edilen görüntülerin, hava resimleri, topoğrafik haritalar ve o bölge hakkında var olan diğer bilgilerle karşılaştırılmaları ile mümkün olur.

Bu çalışmada, kontrol bölgeleri seçilmeden, görüntü elemanlarının spektral parlaklıklarının birbirlerine olan konumlarına göre sınıflandırılmasında, Euklid uzaklığı esas alınmıştır.

Euklid uzaklığı aşağıdaki formül ile tanımlanır ve gerek kontrollü gerekse kontrolsuz sınıflandırmada kriter olarak ele alınabilir:

$$E = \left( \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

n = boyut = spektral bölge (= Kanal)

$x_i, y_i$  = n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının parlaklık değerleri

E = n boyutlu uzayda x ve y görüntü elemanlarının parlaklık değerleri arasındaki uzaklık

Bunun dışında kümeler arasındaki uzaklık için farklı formüller de vardır ve bunların herbirinin kendine göre üstünlük ve mahzurları bulunur. Örneğin küme merkezleri ile

kümelerdeki görüntü verilerinin dağılımını karşılaştırmaya yarayan Swain-Fu uzaklığı veya kümelerin yoğunluk fonksiyonları arasındaki uzaklık olarak deyimlendirilen Jeffries-Matusita uzaklığı gibi(4).

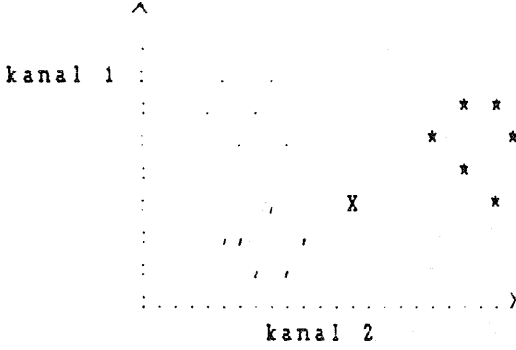
Bu çalışmanın uygulama bölümünde, Euklid uzaklığı esas alınarak hazırlanan kontrolsuz sınıflandırma algoritmasının ayrıntılı bir akış diyagramı verilmiştir (Bölüm 5.2.5.1).

Diğeryandan aynı yöntem için farklı yapıda algoritmaların hazırlanması olanağı da vardır(4).

### 2.3.2. Kontrollü Sınıflandırma

İkinci bir yöntem ise sınıflandırmanın, önceden saptanan kontrol bölgelerinin baz kabul edilmesi ile yapılmasıdır (kontrollü sınıflandırma). Bu durumda elde edilmesi düşünülen her sınıf için 'kontrol bölgeleri' önceden seçilir, örneğin göllerin sınıflandırılmaları isteniyorsa, göl olduğu kesinlikle bilinen alanların gruplaşma özellikleri (yani bu alan içerisindeki görüntü elemanlarının dijital yansıtma değerleri) saptanır ve bu değerler bilgisayara verilir, sınıflandırma işlemi sırasında bu değerleri taşıyan görüntü elemanları bilgisayar tarafından göl olarak sınıflandırılır. Aynı biçimde bu sınıfa dahil edilmeyen diğer görüntü elemanları da bu sınıfın dışında seçilen diğer kontrol bölgeleri ile karşılaştırılıp birine sokulur veya 'sınıflanmamış görüntü elemanları' olarak ayrılırlar. Bu sınıflandırmada kullanılan en yaygın yöntem MAXIMUM LIKELIHOOD (en çok benzerlik) yöntemidir(1),(4),(5).

Kontrollü sınıflandırma için Şekil 2.4'de bir örnek verilmiştir. Buna göre 2 boyutlu bir uzayda geometrik olarak gösterilen kontrol bölgelerinin görüntü elemanları kendi aralarında 3 sınıf oluşturmaktadır. Burada sorun, bilinmeyen X görüntü elemanının hangi sınıfa dahil edileceğidir (Şekil 2.4).



#### ŞEKİL 2.4. Kontrollü sınıflandırma

Bu yöntemin uygulanmasında kontrol bölgelerinin seçimi çok önemlidir, zira sınıflandırılmış görüntünün inceliği, dolayısı ile bu görüntünün uygulandığı alanlarda elde edilecek incelik önemli ölçüde kontrol bölgelerinin seçimindeki inceliğe bağlıdır. Bu nedenle analizi yapılacak bölgelerin spektral özellikleri hakkında iyi bilgi sahibi olmak gerekir.

### 3. LANDSAT PROGRAMI VE SİSTEMİ

#### 3.1. LANDSAT PROGRAMI VE LANDSAT UYDULARININ KRONOLOJİSİ

Klasik yöntemlerle haritaları yapılmış bazı bölgeler üzerinden geçen uydulardan elde edilen fotoğrafların var olan haritalarla karşılaştırılmaları sonucu, bu haritaların güncelleştirilebilme olanağı da doğmuştur. Böylece uzaydan elde edilen görüntülerle çok şeyler yapılabileceği ortaya çıkmış ve yeryüzünün araştırılması amacı ile LANDSAT programına yönelinmiştir (bu program önceleri Earth Resource Technology Satellite (ERST) programı olarak tanınmakta idi).

Yeryüzündeki kaynakların araştırılması amacı ile NASA (National Aeronautical Space Administration) tarafından uza-ya fırlatılan LANDSAT uyduları dizisinden günümüzde sadece LANDSAT-4 uzayda belirli bir yörüngede kontrol altında dünya etrafında dönmektedir.

LANDSAT uyduları ile elde edilen görüntülerin uygulama alanları özellikle jeoloji, kartografya, okyanus bilimi, ziraat, ormancılık, arazi kullanımı, çevre bilimleri gibi konulardır(6).

İlk uydu 23 Temmuz 1972 yılında ABD tarafından uzaya fırlatılmıştır (ERTS-1). Daha sonra 1.1.1975 tarihinde bu uydunun adı -SEASAT dizisinden ayırmak için- LANDSAT-1 olarak değiştirilmiştir. 4 Ocak 1978 de fonksiyonunu yitirdiğinde yaklaşık 300000 yeryüzü görüntüsü elde edilmiştir.

Daha sonra 22 Ocak 1975 yılında ikinci uydu fırlatılmış ve ilk uydu ile aynı yörüngeye oturtulmuştur (LANDSAT-2). 5 Kasım 1979 da yükseklik kontrol sorunu ortaya çıkmış fakat 6 Haziran 1980 de yeniden harekete geçirilmiş ve 25 Şubat 1982 de fonksiyonunu yitirmiş ve 27 Temmuz 1983 de yörünge-den çıkarılmıştır.

LANDSAT-3 de 5 Mart 1978 de uzaya fırlatılmış fakat 31 Mart 1983 den beri fonksiyonunu yitirmiş ve 7 Eylül 1983 de yörüngeden çıkarılmıştır.

16 Temmuz 1982 de fırlatılan LANDSAT-4 halen dünya etrafında dönmekte ve diğer uydulara göre bazı üstün nitelikler taşımaktadır (Bölüm 3.2). Ancak Eylül 1983 den beri LANDSAT-4 de de arızalar ortaya çıktığından, 1 Mart 1984 de LANDSAT-5 uydusu fırlatılmıştır(7),(8).

Yeryüzündeki kaynakların araştırılması amacı ile uzaya fırlatılan bu yapay LANDSAT dizisi dışında 1985 de uzaya fırlatılması planlanan Fransız SPOT ve Japon MOS bulunmaktadır.

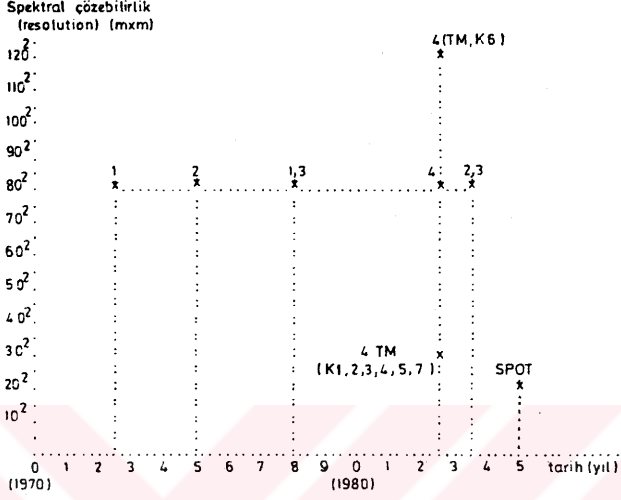
Yukarıda kısaca sözü edilen uyduların uzaya fırlatılış, yörüngeden çıkış tarihleri ve spektral ayırtedebilme güçleri Şekil 3.1'de toplu olarak gösterilmiştir.

### 3.2. LANDSAT SİSTEMİ VE UYDULARIN ÖZELLİKLERİ

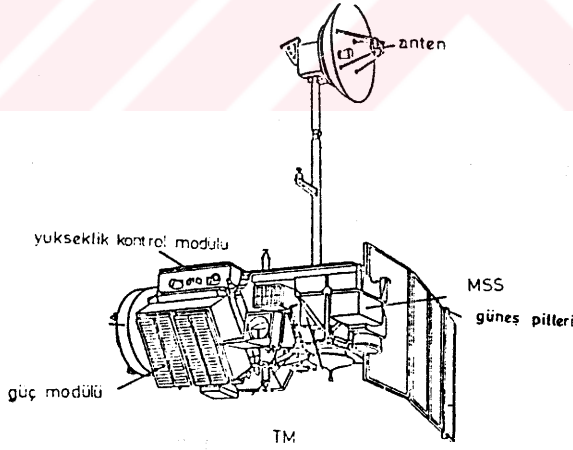
LANDSAT sistemi, dünya etrafında, yaklaşık kutupsal bir yörüngede dönen LANDSAT uyduları ile bu uydularda var olan algılayıcılar tarafından elde edilen verilerin alındığı ve değerlendirildiği yer istasyonlarıdır.

Uyduların ağırlıkları yaklaşık olarak 950 kg., yükseklikleri 3 m ve çapı da 1.5 m'dir (Şekil 3.2).

Uzaya fırlatılan bu uyduların en büyük özellikleri taşıdıkları uzaktan algılayıcılarındadır (Sensörler: Bölüm 3.4).



ŞEKİL 3.1. LANDSAT uydularının uzaya fırlatılış, yörüngeden çıkış ve çözünürlüğü (1...4) = LANDSAT-1,2,3,4. (MSS); K = Kanal



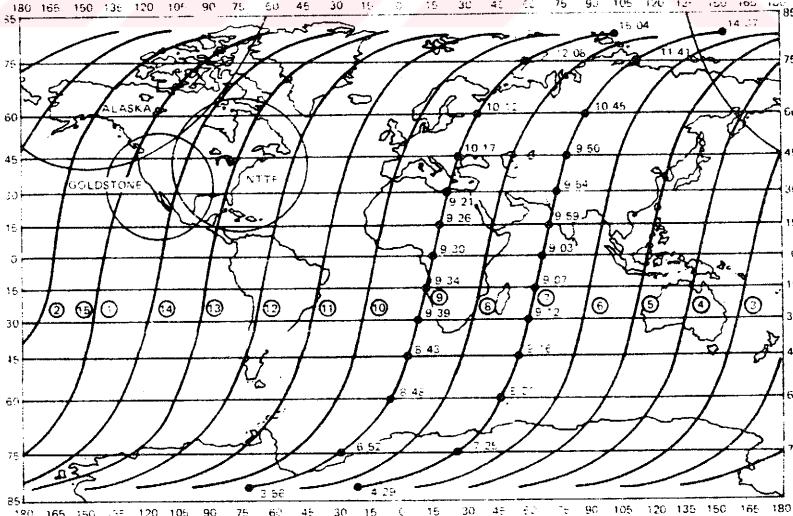
ŞEKİL 3.2. LANDSAT-4 (1)

Diğer LANDSAT uydularından farklı olarak, LANDSAT-4 de, MSS dışında ayrıca, daha gelişmiş bir tarayıcı sistem olan thematic mapper (TM) görüntüleme (algılama) sistemi vardır. TM algılayıcısı, verileri 7 ayrı kanalda toplar, görünen ve kızılötesi bölgeleri içeren 6 kanalda  $30 \times 30 \text{ m}^2$  ye kadar ayrındı ayırtedebilme gücü vardır (LANDSAT 1,2,3 ve 4 deki MSS ler ile  $80 \times 80 \text{ m}^2$ ). Termal kızılötesi kanalda ise ayrındı ayırtedebilme gücü  $120 \times 120 \text{ m}^2$  dir.

### 3.3. UYDULARIN HAREKETLERİ

LANDSAT uyduları, aynı yörünge üzerinde ve dünyadan yaklaşık 920 km yükseklikte (LANDSAT 4:705.3 km) kuzey-güney doğrultusunda dönmektedirler (Ayın dünyadan olan uzaklığı yaklaşık 385000 km). Uyduların bu hareketleri ve yeryüzünü tarama, algılama işlemleri tamamen fiziksel ve matematiksel bağıntılar üzerine kurulmuştur(9),(10).

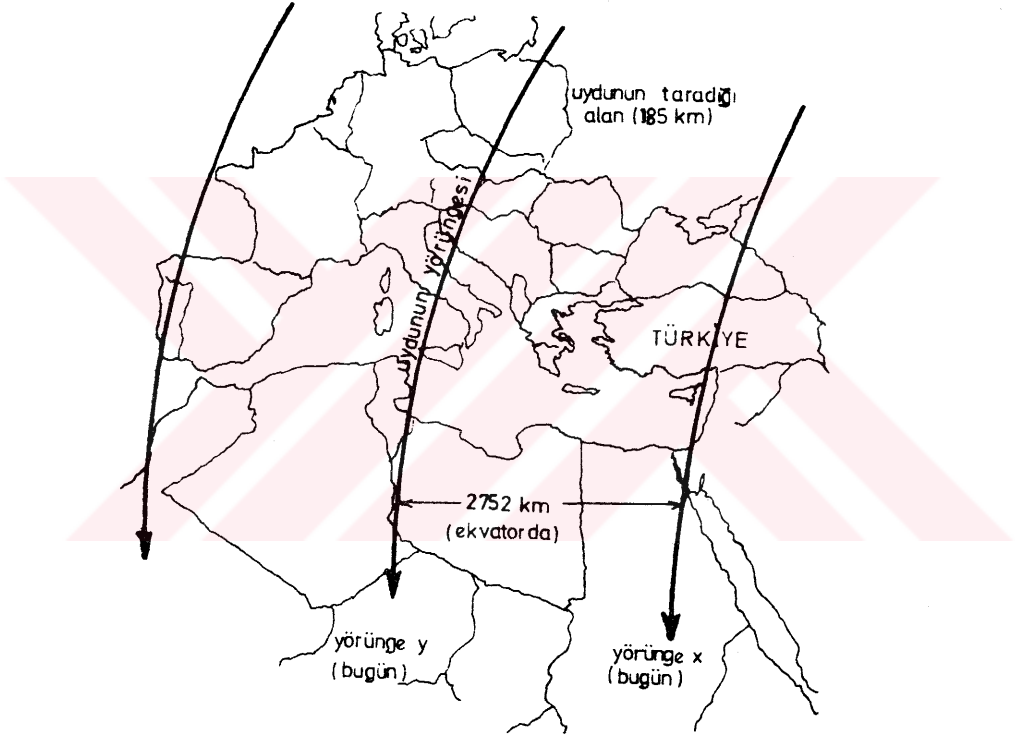
LANDSAT-4 uydusunun dünya etrafında yaptığı bu tur yaklaşık 1 saat 39 dakika sürmekte (LANDSAT-1,2,3:103 dakika), diğer bir deyişle günde yaklaşık 14,6 tur atılmakta, yani uydü için bir günde 14,6 ayrı yörünge söz konusu olmakta ve dünya adeta yaklaşık 15 dilime bölünmektedir (Şekil 3.3).



ŞEKİL 3.3. LANDSAT'in günlük hareketleri ve bir yörüngedeki bölgesel zaman değişimi (gündüz)(1),(11).



Ekvatorun yaklaşık 40050 km olduğu gözönüne alındığında, uydu bu hareketi ile ekvatoru  $40050:14.6 = 2752$  km'lik dilimlere bölmektedir (LANDSAT 1,2,3:2861 km), bu uzaklık Şekil 3.4'de Türkiye ve İtalya'dan geçen aynı gündeki iki ardışık yörünge arasında gösterilmiştir; kutuplara yaklaştıkça bu aralık daralmakta dolayısı ile elde edilen görüntülerin enine örtü oranı da artmaktadır (Şekil 3.7).

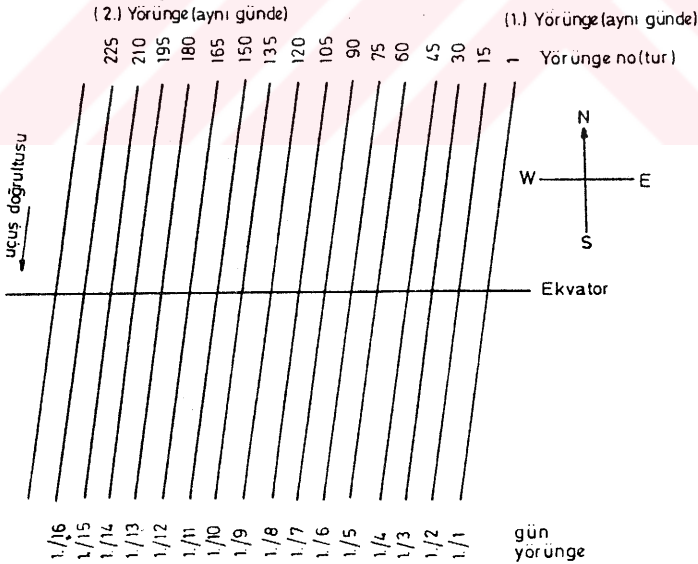


ŞEKİL 3.4. Ekvatorunda doğudan batıya doğru aynı gündeki iki ardışık yörünge arasındaki uzaklık (LANDSAT-4)

Yeryüzeyinin LANDSAT-4 tarafından, kuzey ve güney kutup bölgeleri ( $82^{\circ}$  kuzey ve güney) dışlanmak üzere, tamamen taranması ise 16 günde olmaktadır (LANDSAT-1,2,3:18 gün), örneğin İstanbul Boğazı'nı içeren görüntüler her 16 günde bir elde edilmektedir. Böylece bir günde 14.6 ayrı yörünge söz

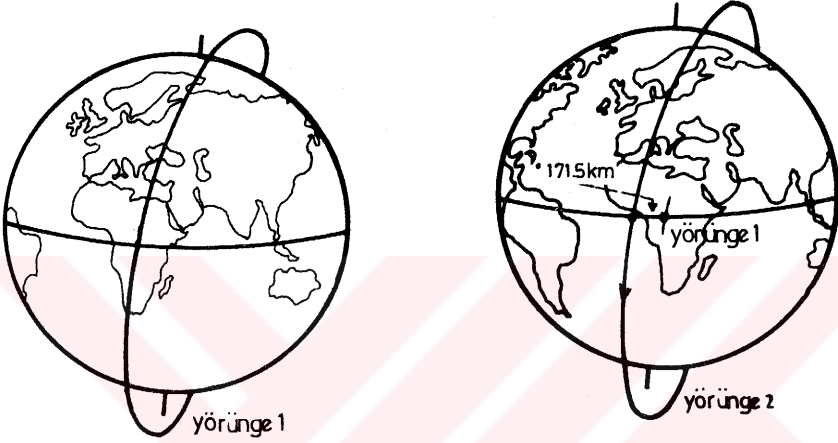
konusu olduğundan -ve dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi nedeni ile hergün yörüngeler ötelendiğinden- yeryüzünün tamamen taraması için  $14.6 \times 16 - 1 = 233$  yörüngenin tamamlanması gerekmektedir, örneğin 3. yörüngeden  $3 + 233$  üncü yörüngeye kadar 16 gün geçmektedir. Nitekim üzerinde çalışma yapılan bölgenin iki LANDSAT-4 görüntüsüne ait yörünge noları ve tarih farkları hesaplandığında bu durum bir kez daha görülmektedir (Bölüm 5.1).

LANDSAT-4'ün 1. yörüngesi ile aynı gündeki 2. yörüngesi arasındaki uzaklığa yeryüzünde karşılık gelen uzaklığın -ekvator bölgesinde- yaklaşık 2752 km olduğu belirtilmiştir, fakat uyduların yeryüzünde taradıkları alan ancak 185 km genişliğinde olduğundan, aynı gündeki bu iki ardışık yörünge geçişi arasında tüm bölgenin taraması olanağı bulunamamakta ve gene aynı nedenle 15 turla yeryüzü tamamen taranamamaktadır. Bu nedenle her gün yörüngeler  $1.54^\circ$  ötelenmekte ve ancak 16. günün 1. yörüngesi ile 1. günün 2. yörüngesi üst-üste çakışacak biçimde planlama yapılarak yeryüzünün tamamının taraması sağlanmaktadır (Şekil 3.5)(1),(8),(10).



ŞEKİL 3.5. 16 günlük periyodlarla yörünge ötelenmesi ve yeryüzünün uydu tarafından tamamen taraması

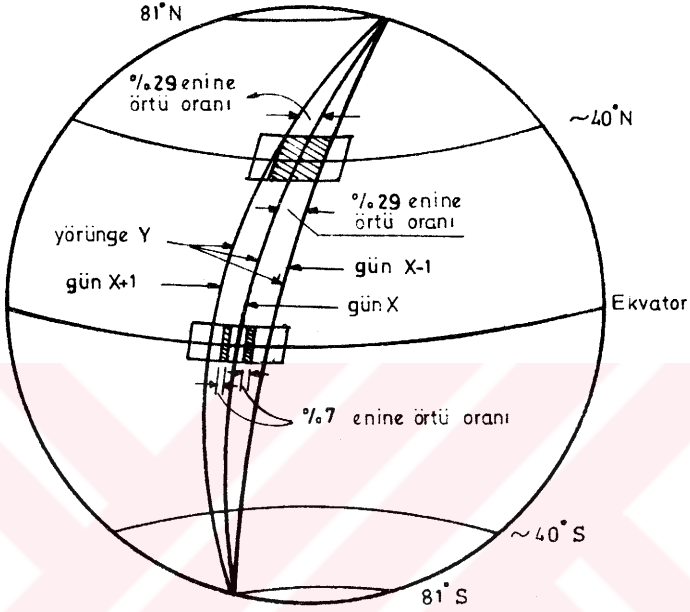
LANDSAT-4'ün ekvator bölgesinde, aynı gündeki iki ardışık yörünge izi arasındaki uzaklık 16 günde 16 dilime bölündüğünden, her dilim için yaklaşık 171.5 km bulunmaktadır (Şekil 3.6).



ŞEKİL 3.6. Ekvatorda iki ardışık yörünge izi arasındaki uzaklık (LANDSAT-4) (farklı günlerde)

Ancak bu bölgede taranan alan 185 km olduğundan ortaya belli bir enine örtü oranı çıkmaktadır, bu oran ekvatorunda LANDSAT-4 için % 7 civarındadır ve kuzey veya güneye doğru gittikçe -dilimlerin daralması nedeni ile- bu oran artmaktadır (Şekil 3.7).

Enine örtü oranının kutuplara doğru artımı LANDSAT uydularında farklıdır; bu oranlar ve bu çalışmada ele alınan Marmara Bölgesi için (41°21'-39°51' kuzey enlem) enine örtü oranı sınırları aşağıda bir çizelge ile gösterilmiştir (Çizelge 3.1).



ŞEKİL 3.7. Ekvatorda enine örtü oranı ve enine örtü oranının kutuplara doğru artması (LANDSAT-4)

ÇİZELGE 3.1. LANDSAT Görüntülerinde Örtü Oranları

| Enlem<br>(°) | Örtü Oranı (%) |               |
|--------------|----------------|---------------|
|              | LANDSAT-4      | LANDSAT-1,2,3 |
| 0            | 7.3            | 14            |
| 10           | 8.7            | 15.4          |
| 20           | 12.9           | 19.1          |
| 30           | 19.7           | 25.6          |
| 40           | 29             | 34.1          |
| 50           | 40.4           | 44.8          |
| 60           | 53.6           | 57            |
| 70           | 68.3           | 70.6          |
| 80           | 83.9           | 85            |

Uyduların hareketleri sırasında yörüngeler güneşle senkronize olduğundan her bölgenin görüntüsü aynı bölgesel saatte (güneş zamanı) elde edilmektedir; aynı bölgesel saat olabilmesinin nedeni, dünyanın da kendi eksenini etrafında batıdan doğuya doğru dönmeleridir; örneğin LANDSAT-4 ün ekvatorundan her geçişinde bölgesel saat 9.39 olacak biçimde programlanmıştır.

Yukarıda sözü edilen uyduların hareketleri ile ilgili veriler aşağıda bir çizelge ile gösterilmiştir (Çizelge 3.2).

ÇİZELGE 3.2. LANDSAT Yörünge Parametreleri(1),(7),(8)

| LANDSAT Yörünge Parametreleri                                 | LANDSAT 1 | LANDSAT 2 | LANDSAT 3 | LANDSAT 4 |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Dünya etrafında bir tur (dakika)                              | 103.143   | 103.155   | 103.150   | 98.940    |
| Ekvatorundan geçiş (bölgesel saat)                            | 8.50      | 9.08      | 9.31      | 9.39      |
| Dünyanın tamamen taramma süresi (gün)                         | 18        | 18        | 18        | 16        |
| ve gerekli tur sayısı                                         | 251       | 251       | 251       | 233       |
| İki ardışık yörünge izi arasındaki uzaklık (ekvatorunda) (km) | 159.38    | 159.38    | 159.38    | 171.5     |
| Günlük tur sayısı                                             | 14        | 14        | 14        | 14.6      |

#### 3.4. UYDULARDAKİ ALGILAYICILAR (SENSÖRLER) VE VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

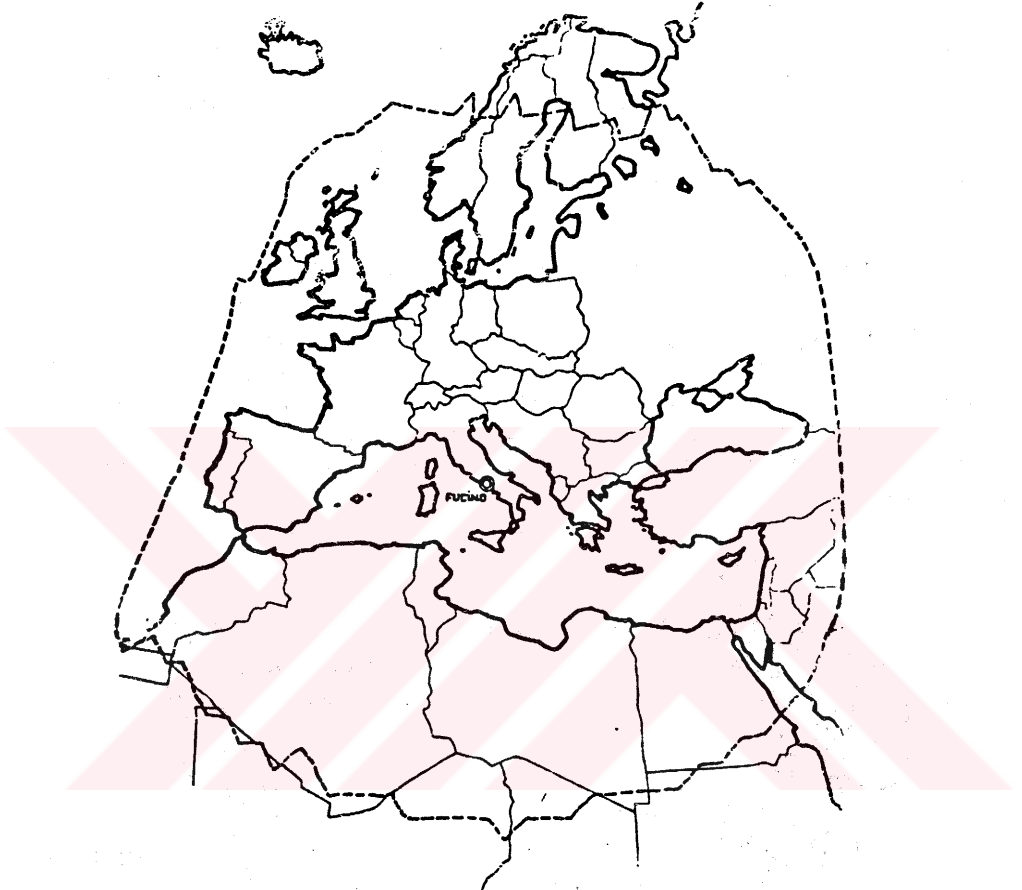
Uydularda, uzaktan algılama sistemleri, bant kayıt ediciler, yükseklik ve yörünge kontrol sistemi, elde edilen ve-

rileri yer istasyonlarına ileten sistemler ve yer istasyonlarının komutlarını algılayan sistemler gibi çok sayıda ve çeşitli fonksiyonları olan sistemler bulunmaktadır. Bunlardan Return Beam Vidicon kamera (RBV, TV kamerası) ve Multi-spectral Scanner (MSS, çok spektrumlu tarayıcı) sistemleri görüntülerin elde edilebilmesi için elektronik verilerin sağlandığı uzaktan algılama sistemleridir (sensörler) (LANDSAT-4 : thematic mapper : Bölüm 3.2).

LANDSAT-1 ve 2'de üç kameralı RBV (yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bölge) ve 4 kanallı (yeşil, kırmızı ve iki yakın kızılötesi bölge) MSS vardır. LANDSAT-3'de ise 2 kameralı (% 13 enine örtü oranlı görüntü elde eden) RBV ve 5 kanallı (kırmızı, yeşil, iki yakın kızılötesi ve bir ısıal kızılötesi) MSS vardır(8).

MSS ve RBV ile elde edilen veriler, sinyaller biçiminde LANDSAT'in tabanındaki antenler aracılığı ile (Şekil 3.2) yer istasyonlarına gönderilmektedir, ancak bu işlem, uydunun, yer istasyonlarının görüş alanına (2400 km) girdiği zaman yapılmaktadır, zira yer istasyonu bulunmayan bir yere sinyaller göndermek, LANDSAT için son derece önemli olan enerjinin boşuna harcanması demektir. Bu nedenle, uzaktan algılayıcılar ile elde edilen veriler, sinyallerin gönderilmemesi durumunda manyetik bantlara kaydedilmektedir. Yer istasyonlarına gönderilen sinyallerden Türkiye'yi kapsayan görüntüler İtalya'da, Roma yakınında Fucino (Telespazio) yer istasyonunda elde edilmektedir (Şekil 3.8).

Ayrıca uydunun yörüngede kalma kontrolü, yörüngeden sapması durumunda gerekli yörünge düzenleme işlemleri, dünyadan olan uzaklığın sabit tutulması, uydunun düşey ekseninin gerçek düşeyden fazla sapmaması için gerekli kontrol işlemleri gibi konularda elektrik enerjisi gerekmektedir, bu güç de güneşten alınmaktadır. Buna paralel olarak LANDSAT, kuzey-güney doğrultusundaki hareketini günışığında, güney-kuzey doğrultusundaki hareketini ise karanlıkta yapmaktadır, yani yolun yarısını karanlıkta tamamlamaktadır, karanlıkta-ki gerekli enerjiyi de gene günışığındaki hareketi sırasında depolamaktadır.



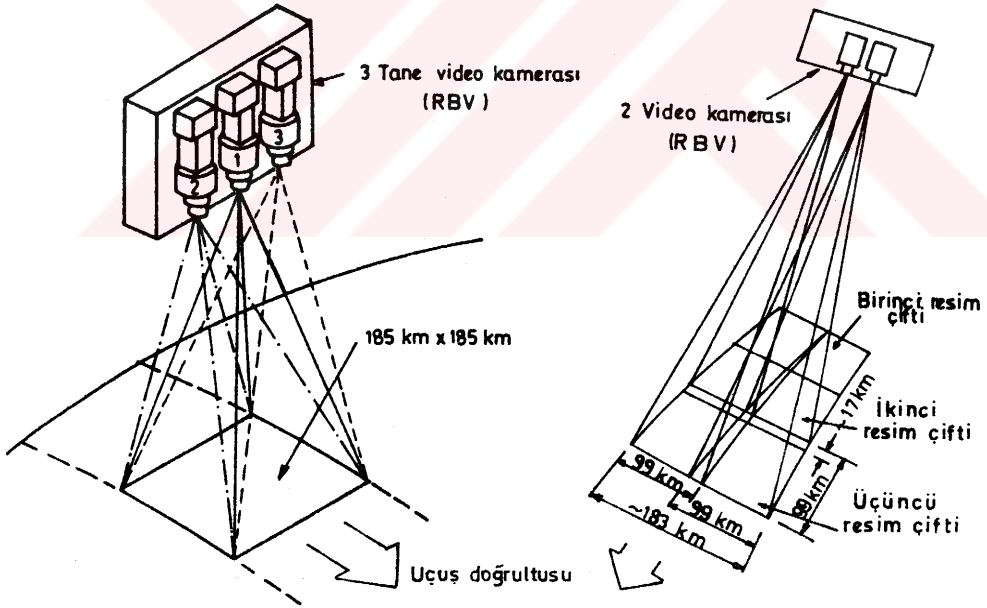
ŞEKİL 3.8. Fucino (İtalya) yer istasyonunun kayıt alanı  
(Türkiye'yi içerir)

Uydulardan elde edilen görüntüler, teknik olarak optik fotoğraflar olmayıp çok spektrumlu görüntülerdir. LANDSAT algılayıcıları, elektromanyetik tayfın (Bölüm 2.1) sadece görülebilen dalga boylarını algılamayıp aynı zamanda insan gözünün sınırlı algılama bölgesinin dışında kızılötesi spektral tayf bölgesindeki ışıınımı da algılamaktadır.

Yukarıda sözü edilen uydulardaki algılayıcılar tarafından algılanıp kayıt edilen elektromanyetik dalgalar, güneşten kaynaklanıp yeryüzünden yansarak uyduya gelmektedirler, yani algılayıcıların kendileri enerji üretmeyip (örneğin radar) var olan enerjiyi algılamaktadırlar (pasif algılayıcılar) (Bölüm 3.5, 3.6).

### 3.5. TELEVİZYON KAMERALARI (RETURN BEAM VIDICON): RBV

RBV, yeryüzünün yüksek çözünürlüklü televizyon görüntülerini elde etmek için kullanılır. LANDSAT-1 ve 2'deki RBV sisteminde optik mercekli, diyaframlı, aynı doğrultu üzerinde monte edilmiş bağımsız 3 ayrı kamera vardır (LANDSAT-3'de 2 kamera). Bunlar uydunun tabanına monte edilmişlerdir (Şekil 3.9a,b)





Her kamera görüntüyü 0.48  $\mu\text{m}$  ile 0.83  $\mu\text{m}$  arasındaki spektral bölge içinde ayrı bir filtreden algılamaktadır (yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi).

Uçuş doğrultusu boyunca örtü oranı sağlanması için 25 saniyede bir pozlandırma yapılır ve bir ekran görüntüsü, RBV kamerasının fotoduyarlı yüzeyi üzerinde depolanır, pozlandırma bitince de görüntü taranarak video sinyal verileri oluşturulur.

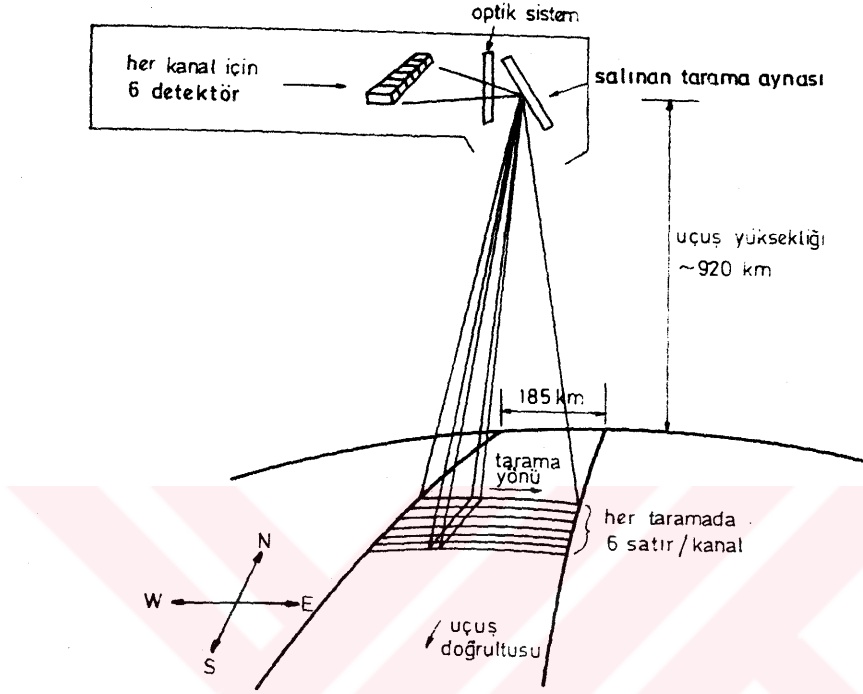
Kameralar, yansıyan güneş enerjisini algıladıklarından RBV sadece günışığında çalışır ve tek bir görüntünün arazide kapladığı alan 185 x 185  $\text{km}^2$  dir.

LANDSAT-3'de ise 2 pankromatik kamera ile 0.51-0.75  $\mu\text{m}$  arasında iki bitişik görüntü elde edilmektedir, her görüntünün yeryüzünde kapladığı alan karşılığı yaklaşık 99 x 99  $\text{km}^2$  dir (Şekil 3.9b).

### 3.6. ÇOK SPEKTRUMLU TARAYICILAR: MSS

LANDSAT lerdeki uzaktan algılayıcılardan bir tanesi de çok spektrumlu tarayıcılardır. Bu çok kanallı tarayıcı sistem uydunun tabanına monte edilmiştir (Şekil 3.2). Uydu, kuzey-güney doğrultusunda hareket ederken, yeryüzü, bu doğrultuya dik doğrultuda ve 185.3 km genişliğinde bir alan içinde taramaktadır; bu tarama tıpkı gözün bu yazıları okuduğu biçimdedir (Şekil 3.10).

Tarama, periyodik salınan bir ayna yardımı ile olmaktadır, aynanın her salınımında 4(5) kanalda birden uçuş doğrultusuna dik doğrultuda 6 satır aynı anda taranır (her satır, yeryüzündeki karşılığı 80x80  $\text{m}^2$  olan görüntü elemanlarından oluşur). MSS, LANDSAT-1,2 ve 4'de dört kanalda, LANDSAT-3'de ise beş kanalda algılama yapar (Çizelge 3.3).



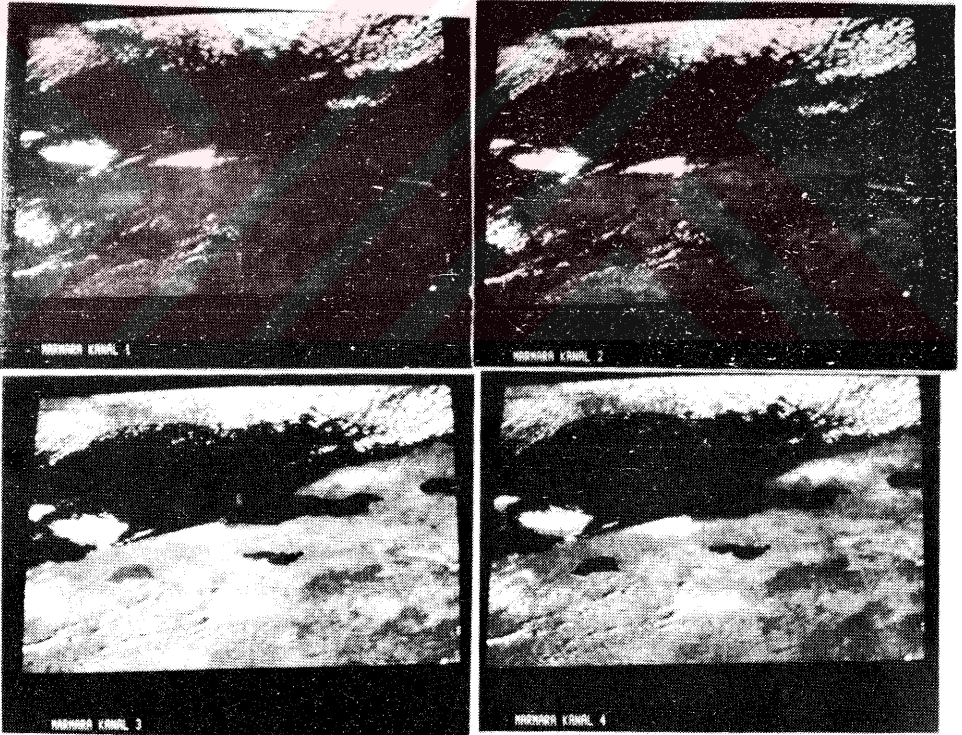
ŞEKİL 3.10. MSS çok spektrumlu tarayıcı

ÇİZELGE 3.3. MSS Elektromanyetik Tayf Bölgeleri (Şekil 3.11)

| Kanal No         |              | Spektral Bölge<br>(Radyometrik Çözünürlük) |                                | Elektromanyetik<br>Tayfta Renkler |
|------------------|--------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| LANDSAT<br>1,2,3 | LANDSAT<br>4 | LANDSAT-1,2,4<br>( $\mu\text{m}$ )         | LANDSAT-3<br>( $\mu\text{m}$ ) |                                   |
| 4                | 1            | 0.5-0.6                                    | 0.5- 0.6                       | yeşil                             |
| 5                | 2            | 0.6-0.7                                    | 0.6- 0.7                       | kırmızı                           |
| 6                | 3            | 0.7-0.8                                    | 0.7- 0.8                       | kızıl-                            |
| 7                | 4            | 0.8-1.1                                    | 0.8- 1.1                       | ötesi                             |
|                  |              |                                            | 10.4-12.6                      |                                   |

Yeryüzünden yansıyarak gelen güneş ışını, salınım yapan aynaya çarpmakta ve bir optik sistemden geçerek detektörlere gelmektedir (LANDSAT-1,2 ve 4'de her kanal için 6 detektör olmak üzere toplam 24 detektör vardır), burada ışık sinyali elektrik sinyallerine dönüşerek yer istasyonlarına iletilmekte veya uyduda var olan elektromanyetik bantlara depolanmaktadır. Daha sonra görüntü işleme merkezlerinde bu sinyallerden görüntüler elde edilmektedir.

Ayrıca detektörlerde ortaya çıkabilecek arızalar görüntüyü bozabilir ve sınıflandırma için de engel oluşturabilir; bu konuda Bölüm 3.7'de Marmara Bölgesi'ne ait görüntüler üzerinde gerekli açıklama verilmiştir.



ŞEKİL 3.11. Marmara Denizi ve çevresine ait LANDSAT-4'den elde edilmiş görüntüler (farklı kanallardaki farklı spektral özellikler)(Marmara-1)

### 3.7. ALGILAMA ARIZALARI

Uydulardan veriler elde edilirken, algılayıcılardaki bazı arızalar nedeni ile görüntüde bozukluklar ortaya çıkabilmektedir. Bu bölümde, LANDSAT MSS sisteminden elde edilen görüntülerde rastlanan görüntü bozuklukları ve bunların düzeltilme olanakları Marmara Denizi ve çevresine ait görüntüler örneğinde açıklanacaktır.

Orijinal görüntünün (Marmara-1) belirli bölgelerinde şeritsel görüntü bozuklukları (arıza çizgileri) görülmektedir; şeritsel bozukluklar tarama doğrultusu boyunca uzanmakta ve belirli satırlarda görüldüklerinden, her kanalda 6 ayrı satırda tarama yapan detektörlerle (Bölüm 3.6) ilgilidir. Nitekim Şekil 4.2'de Marmara-1 görüntüsünün kuzeybatısındaki yatay siyah çizgi, Marmara-2'de görülmemektedir.

Orijinal görüntünün sol üst köşesinde uzanan (Marmara-1) şeritsel görüntü bozukluğu (Şekil 4.2) 6 satırı da içermektedir, yani bu bölgede 6 detektörde de bir arıza söz konusu olmaktadır, ancak bu arıza düzenli bir karakterde tekrarlanmayıp sadece bu bölgede görülmektedir, nitekim Şekil 3.12'de verilen orijinal dijital değerleri içeren bilgisayar çıkışında 6 satırda da sıfır civarında (0 siyah, 255 beyaz) değerler elde edilmiştir. Bu değerler çevrelerinden büyük farklılık göstermektedir.

Bulutlarla kaplı olması nedeni ile, Marmara-1 ile bu bölgede sınıflandırma yapılmadığından, bu arıza için orijinal görüntü üzerinde herhangi bir düzeltme yapılmamıştır, ancak bazı LANDSAT görüntülerinde özellikle her 6 satırda bir, dijital değerler 0 olmaktadır, (yani detektörlerden birinde sürekli arıza görülmektedir) ve böylece görüntüde siyah çizgiler olduğundan görüntü bozulmaktadır, buna 6. satır düşmesi denir (sixth line dropouts). Bu durumda, bu satırdaki sıfırların yerine, bu satırların alt ve üstündeki dijital değerlerin aritmetik ortalamaları alınmaktadır. Böylece her ne kadar 'yapay dijital değerler' elde edilmekte ise de bu yöntem hatalı sonuç vermemektedir.

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 81 | 77 | 77 | 73 | 77 | 81 | 81 | 77 | 77 | 77 | 85 | 85 |
| 76 | 72 | 76 | 80 | 84 | 76 | 68 | 72 | 76 | 76 | 84 | 84 |
| 88 | 84 | 84 | 80 | 84 | 80 | 80 | 80 | 76 | 76 | 76 | 80 |
| 89 | 82 | 78 | 82 | 82 | 82 | 82 | 85 | 89 | 85 | 89 | 85 |
| 84 | 80 | 80 | 76 | 80 | 76 | 76 | 80 | 84 | 84 | 92 | 96 |
| 88 | 76 | 76 | 76 | 80 | 80 | 76 | 80 | 80 | 80 | 80 | 84 |
| 81 | 81 | 73 | 73 | 69 | 73 | 85 | 85 | 81 | 69 | 69 | 77 |
| 80 | 88 | 80 | 68 | 72 | 76 | 76 | 84 | 88 | 84 | 76 | 68 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 76 | 76 | 80 | 88 | 84 | 72 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 80 |
| 78 | 74 | 78 | 82 | 78 | 74 | 74 | 70 | 66 | 70 | 74 | 70 |
| 80 | 76 | 80 | 76 | 72 | 80 | 96 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 |
| 80 | 76 | 76 | 72 | 72 | 80 | 84 | 72 | 72 | 69 | 65 | 65 |
| 77 | 85 | 81 | 73 | 77 | 77 | 77 | 81 | 85 | 77 | 61 | 65 |
| 76 | 84 | 92 | 92 | 88 | 88 | 80 | 72 | 72 | 72 | 68 | 68 |
| 80 | 98 | 84 | 84 | 84 | 72 | 68 | 68 | 64 | 64 | 72 | 68 |
| 82 | 74 | 74 | 74 | 70 | 62 | 54 | 54 | 54 | 54 | 58 | 62 |

ŞEKİL 3.12. Algılama Arızası (Marmara-1)

Diğer görüntü bozukluğu ise, örneğin Kapıdağ Yarımadası üzerinde görülmektedir. Burada görülen arıza çizgileri 6. satırlar boyuncadır ve yine detektörle ilgilidir. Şekil 3.13'-deki bilgisayar çıkışından görüleceği üzere, bu çizgileri oluşturan dijital değerler çevrelerinden oldukça farklıdır- lar (özellikle yansıtma değerleri çok yüksek olan bulutlu bölgelerde bu arıza daha belirgindir). Buna 6. satır şerit- lenmesi denir (sixth line banding).

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 62 | 63 | 62 | 62 | 62 | 66 | 63 |
| 61 | 63 | 63 | 63 | 58 | 61 | 61 | 61 | 63 | 63 | 63 | 61 |
| 61 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 61 | 61 | 64 | 64 | 61 |
| 62 | 66 | 62 | 59 | 62 | 62 | 62 | 62 | 66 | 62 | 62 | 62 |
| 67 | 63 | 59 | 59 | 59 | 63 | 59 | 67 | 63 | 59 | 59 | 59 |
| 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 63 | 63 | 63 | 66 | 63 | 62 | 63 | 63 | 63 | 62 | 66 | 62 |
| 63 | 63 | 66 | 66 | 69 | 63 | 63 | 63 | 61 | 63 | 63 | 61 |
| 64 | 67 | 70 | 67 | 67 | 67 | 67 | 61 | 64 | 64 | 67 | 64 |
| 62 | 66 | 66 | 62 | 62 | 66 | 66 | 62 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 59 | 59 | 59 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 67 |
| 64 | 64 | 64 | 61 | 64 | 61 | 61 | 61 | 64 | 67 | 67 | 67 |
| 66 | 66 | 70 | 66 | 66 | 66 | 62 | 62 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| 66 | 61 | 63 | 66 | 66 | 66 | 61 | 63 | 66 | 63 | 66 | 63 |
| 61 | 64 | 61 | 67 | 64 | 61 | 64 | 64 | 64 | 61 | 64 | 67 |
| 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 63 | 62 | 62 | 63 | 66 | 63 | 63 | 62 | 62 | 62 | 63 | 63 |
| 63 | 58 | 63 | 63 | 63 | 66 | 63 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 64 | 64 | 64 | 64 | 61 | 61 | 64 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 62 | 66 | 62 | 62 | 59 | 62 | 62 | 59 | 62 | 59 | 59 | 59 |
| 59 | 67 | 63 | 63 | 59 | 59 | 63 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |

ŞEKİL 3.13. 6.satır şeritlenmesi (Kapıdağ Yarımadası)

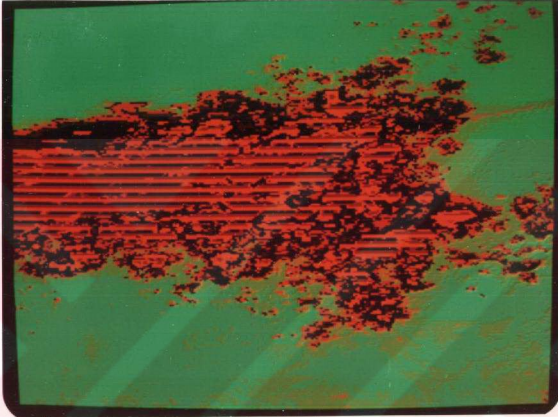
Orijinal verilere, bu arızalar için de düzeltme getirmek gerekir. Bu amaçla arızalı çizgiye dik doğrultudaki sütunun 6 elemanından maksimum dijital değerli olanı alınıp uygun bir katsayı ile çarpılır ve arızalı satırın yerine konur.

Diğer bir düzeltme yöntemi de her detektör için (yani her satırda) histogram çizmek ve bunların aritmetik ortalamalarını ve medyanlarını birbirleriyle karşılaştırarak gerekli düzeltmeleri getirmektir(12).

Orijinal görüntülerdeki dijital değerlere getirilecek düzeltmeler, özellikle sınıflandırılmış görüntü için önem taşır. Düzeltmelerin getirilmemesi durumunda arızalar, sınıflandırma sonunda ya ayrı birer sınıf niteliğinde görülecek-



ler (Şekil 3.14) yada kendilerine yakın bir sınıfa girebileceklerdir. Bu nedenle bilgisayarla değerlendirmeden önce bu düzeltmeler verilmelidir.



ŞEKİL 3.14. Arıza çizgilerinin ayrı olarak sınıflanması  
(Kanal-1)

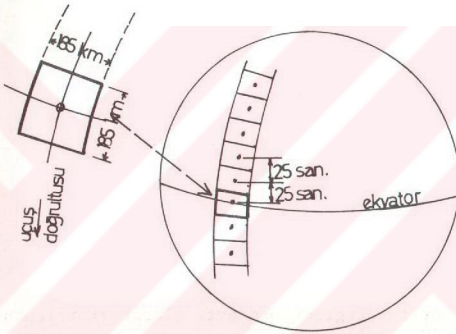
#### 3.4. LANDSAT GÖRÜNTÜ İNDİSLEME SİSTEMİ

LANDSAT görüntülerinin indislenmesinde sütun/satır sistemi kullanılmaktadır.

Sütun: LANDSAT-4 ile yeryüzünün doğudan batıya doğru tamamen taranması için 233 yörünge söz konusu olduğundan (Bölüm 3.3) yörüngelere 001 den 233 e kadar numara verilmektedir (LANDSAT 1,2,3:251) ve 001 nolu yörünge 64,95° batı boylamında ekvatorundan geçmektedir. Türkiye ise doğuda 182 batıda ise 196 nolu sütunlar arasında kalmaktadır. Ancak çeşitli nedenlerden yörünge sapmaları olabileceğinden sütun numarası yaklaşık olarak verilebilmektedir.

Satır: Satır ise bir 'görüntü çerçevesinin' yatay hatıdır.

Uydu, kuzey güney doğrultusunda hareket ederken yeryüzü MSS tarafından sürekli taramaktadır ve MSS sinyalleri yer istasyonlarına gönderilerek sürekli görüntüler elde edilmektedir. Sürekli elde edilen bu veriler 25 saniyede bir bölünerek 'görüntü çerçeveleri' oluşturulmaktadır (Şekil 3.15).

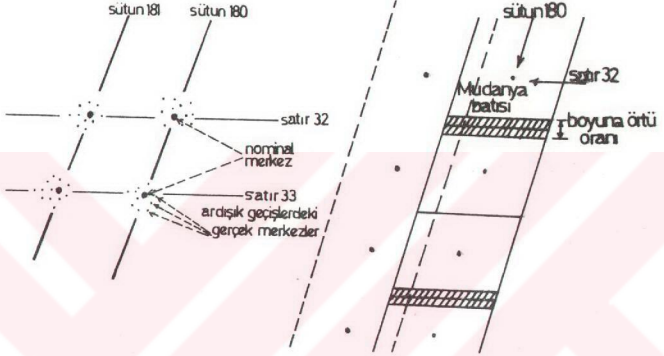


ŞEKİL 3.15. 'Görüntü çerçeve' aralıkları

80° derece kuzeyden 80° derece güneye doğru tek bir sütun boyunca 119 satır söz konusudur (Türkiye 030-035 nolu satırlar arasındadır); böylece uydu, dünya etrafındaki bir turu yaklaşık (119x25 saniye + kutup bölgeleri) x 2 = 99 dakikada tamamlamaktadır ve bu değer 25 saniyelik zaman aralıklarına bölünmesi ile de bir yörüngede 248 görüntü çerçevesi olacağı ortaya çıkmaktadır. Bu çerçeveli alanların merkezleri, aynı bölge için yaklaşık 37 km'lik bir çapı içeren daire içinde (nominal nokta) kümelenmektedir. İndislemeye bu



görüntü çerçevesi merkezleri için tek bir nominal merkez alınmaktadır. Bu nominal merkezler kuzey güney doğrultusu boyunca bir nominal boylam üzerinde yer alırlar (Şekil 3.16).



ŞEKİL 3.16. Marmara Bölgesi'nde nominal görüntü çerçeve merkezlerinin (NGÇM) konumlarının saptanması

Üzerinde çalışma yapılan bölgenin LANDSAT-4 ile elde edilen 2 ayrı görüntüsünün merkezlerinin coğrafik koordinatları aşağıda verilmiştir:

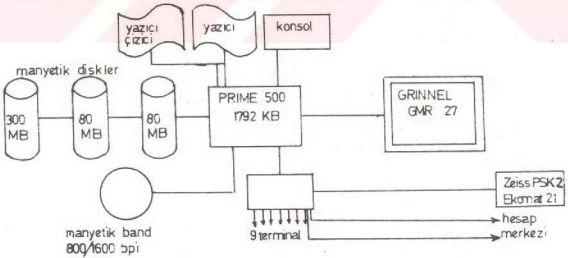
- Marmara-1 : Satır 32, sütun 180  
40°33' Kuzey enlem, 28°64' doğu boylam
- Marmara-2 : Satır 32, sütun 180  
40°43' Kuzey enlem, 28°63' doğu boylam

Satır ve sütun numaraları verildiğinde bir görüntü çerçevesinin nominal merkezi de verilmiş demektir. Böylece tüm LANDSAT görüntü çerçevelerini bir matris biçiminde toplama olanağı vardır. Her sütun/satır değerine belirli coğrafik koordinatlar karşılık gelir.

#### 4. LANDSAT GÖRÜNTÜLERİNİN BİLGİSAYAR İLE İŞLENMESİ (DEĞERLENDİRİLMESİ)

##### 4.1. DİJİTAL VERİ DEĞERLENDİRME SİSTEMİ (DIDAK) VE DİĞER SİSTEMLER

Bu çalışmanın uygulama bölümleri, Batı Almanya Karlsruhe Üniversitesi (TH), Fotogrametri ve Topoğrafya Enstitüsü'ndeki (IPT) dijital görüntü işleme merkezinde hazırlanmıştır. Bu merkez, 1792 KB ana hafızası ve iki adet 2x80 MB ve 1x300 MB lik manyetik diske sahip bir Prime 500 bilgisayarı, 2 satır bastırıcı, bir manyetik band okuyucusu (800/1600 bpi), 8 sayıda alfanümerik ve 1 renkli monitoru (GMR 27, 512 x 512) içermektedir (Şekil 4.1). Burada sözü edilen GMR 27 monitorunda görüntülerin kontrolü ise DIDAK sistemi içinde sağlanmaktadır.



ŞEKİL 4.1. IPT Karlsruhe dijital görüntü işleme merkezinin şematik gösterilimi (1984 yılındaki durum)

Görüntüler, DIDAK içerisinde bir 'isim' ve 'kanal numaraları' ile tanımlanır, örneğin

MARMARA /2/3/4

Görüntünün adı: MARMARA

Kanal No : 2,3,4

PRIME 500 bilgisayarı ile elde edilen sonuçlar, bu bilgisayara bağlı bir GRINNEL GMR 27 sisteminde istenilen renk tonlarında görülebilmektedir. Görüntülerin bu monitöre taşınması, piksel koordinatlarının okunması, renk kontrolü gibi işlemler belirli komutlar halinde DIDAK sistemi içerisine yerleştirilmiştir.

DIDAK sistemi içerisinde program tekniği açısından diğer bir özellikte Makro özelliğidir, yani çeşitli DIDAK komutları ayrı bir kütüğe geçirilebilir ve bu kütüğün adı ile tek bir komutta tüm komutlar çağrılabilir (command-file). Marmara Bölgesi'nin bir bölümü için elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin GMR ekranında yapay renklerin elde edilmesinde bu özellikten yararlanılarak bir komut kütüğü açılmış ve tek bir komutla, gri tonlarını içeren çizelgelerin kontrolü sağlanmıştır.

DIDAK (Digitales Datenauswertesystem Karlsruhe), dijital olarak depolanmış görüntülerin bilgisayarlarla değerlendirilebilmesi için 1975 yılından itibaren bu enstitü tarafından hazırlanmış ve halen geliştirilmekte olan bir program sistemidir. Bu çalışmanın uygulama bölümlerindeki değerlendirmeler bu sistemden faydalanılarak hazırlanmıştır. Bu sistemin ana bilgi hafızası bir görüntü sistemi kütüğüdür ve görüntü kütük adlarını, kanal nolarını, görüntü türlerini (MSS,TM), manyetik bant adlarını, gri ton histogramlarını, sınıflandırma parametrelerini ve sonuç görüntülerini içermektedir. DIDAK fonksiyonları 3 ana kısma ayrılır.

a) Görüntülerin bilgisayara verilmesi:

Görüntüler, manyetik bantlardan görüntü kütüklerine geçirilir (bu çalışmada format olarak Telespazio LANDSAT formatı kullanılmıştır).

b) Görüntülerin işlenmesi:

Görüntü işleme fonksiyonları içerisinde bu çalışmada kullanılanlar çok spektrumlu sınıflandırma programlarıdır, bu tür programlar alt programlar olarak hazırlanıp DIDAK sistemine sokulurlar.

c) Sonuç görüntülerin elde edilmesi:

Sonuçlar manyetik banta geçirilebilir, satır halinde bastırılabilir veya renkli ekranda direkt olarak görülebilir(13),(14).

DIDAK sistemi dışında çeşitli ülkelerde uzaktan algılanan verilerin işlenebildiği gelişmiş veya gelişmekte olan bir çok görüntü işleme paketleri vardır. Örneğin B.Almanya'da Alman Uzay Araştırma Merkezindeki (DFVLR) DIBIAS. Bu software sisteminde yaklaşık 150 program vardır ve bu programlar, giriş, çıkış, görüntü manipulasyonu, istatistik, Fourier dönüşümleri, dijital filtreleme, doku analizi (texture analysis), geometrik düşeye çevirme, çok spektrumlu sınıflandırma... gibi alt programları içerir(15),(16).

Diğer bir görüntü yorumlama sistemi de Zürih Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü'nde geliştirilmiş olan IBIS dir (Interaktives Bild-Interpretations-System). Kullanılan bilgisayar IBM 370/155'dir ve OS 370 işletim sistemi ile çalışmaktadır. Verilerin ön işlenmesi, sınıflandırma, istatistik analiz ve sonuçların kontrol ve analizi sistemin temel fonksiyonlarıdır(17).

Yurdumuzda da Ege Üniversitesi'nde geliştirilmekte olan GİP-görüntü işleme paketi de, özellikle LANDSAT uyduları tarafından elde edilen verilerin işlenerek görüntü oluşturulması, görüntü işleme, sınıflama yapmak gibi bir çok işlemi yerine getirmektedir. GİP, IBM 4341-II bilgisayarında VM/SP işletim sistemi ile çalışmaktadır(18).

#### 4.2. YAPAY RENKLİ GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMELERİ

Yukarıda sözü edilen görüntülerin yorumlanmasında, her spektral bölgede veya bunların her kombinasyonunda farklı 'bilgilerin' bulunduğu görülür. Aynı biçimde, aynı bölgeye ait farklı kanallardaki siyah beyaz görüntüler ayrı ayrı incelendiğinde, her kanalın, bu bölge hakkında farklı bilgileri içerdiği görülür, yani aynı cisim her kanalda farklı gri renk tonlarında görülmektedir; örneğin LANDSAT-4 ile elde edilen görüntüler için Marmara Bölgesi'nde Kuşgölü, Ulubat Gölü ve İznik Gölü gibi su ile örtülü alanlar, güneş ışığı, kızılötesi spektral bölgede yansımadiğinden, kanal 3 ve özellikle kanal 4'de siyah olarak görülmekte ve çevrelerinden kolaylıkla ayırtedilebilmektedir. Buna karşı Kanal 1 (0.5-0.6  $\mu\text{m}$ ) ve Kanal 2 (0.6-0.7  $\mu\text{m}$ ) de ise su ile örtülü alanlar çevrelerinden çok daha zor ayırtedilebilirler (Şekil 3.11). Bu görüntülerin, yansıtma değerleri yatay eksen ve her yansıtma değerine karşılık gelen görüntü elemanı sayısı düşey eksen olacak biçimde, spektral özelliklerinin dağılımları Şekil 5.2'de verilmiştir.

Görüntülerdeki kontrastların daha belirgin bir duruma gelmesi, yani cisimlerin daha rahatlıkla birbirlerinden ayırtedilebilmeleri, dolayısı ile daha iyi yorumlanabilmeleri için kanallardaki gri renk tonlarına çeşitli renkler verilebilir. Bu renklerin birleşimi ile de yapay renkli görüntüler elde edilir. Buna örnek olarak, üzerinde çalışma yapılan Marmara Bölgesi'nin Şekil 3.11'deki 1, 2 ve 3 nolu Kanallarının birleşiminden oluşan 8 Aralık 1982 tarihli ve 5 Ağustos 1983 tarihli renkli orijinal görüntüleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Burada ekran boyutunun kısıtlılığı nedeni ile her 7.piksel gözönüne alınarak görüntü elde edilmiştir.





ŞEKİL 4.2. Marmara Bölgesi'nin LANDSAT-4 renkli orijinal görüntüleri (Marmara-1, Marmara-2)  
(Düzeltilme: Şekilde görülen Terkos Gölü yazısı İzmit Körfezi olacaktır)

## 5. UYGULAMA

### 5.1. İNCELENEN BÖLGENİN COĞRAFİ SINIRLARI VE BU BÖLGE İLE İLGİLİ LANDSAT-4 TEKNİK VERİLERİ

Sınıflandırılan alan, Marmara Bölgesi'nin yaklaşık olarak

41°20' ve 39°50' kuzey enlem

27°30' ve 29°35' doğu boylamları

arasında kalmakta ve yaklaşık 34225 km<sup>2</sup> büyüklüğündedir.

Kuzeyde Karadeniz kıyısında Şile'nin güneydoğusundan başlayıp Boğaz'ın güney yarısını içine alarak Çatalca, Çorlu, Muratlı hattı boyunca uzanır.

Güneyde Balıkesir civarından başlayarak Kuşgölü'nü ve Ulubat Gölü'nü içine alarak Tavşanlı yakınlarına kadar uzanır.

Batıda ise Çorlu'nun kuzeybatısından ve Tekirdağ'ın doğusundan başlayarak, Marmara Adası'nın doğuda büyük bir bölümünü ve Paşalimanı, Koyun ve Mamalı Adaları'nı da içererek, Kapıdağ Yarımadası'nın batısından Balıkesir yakınlarına kadar uzanır.

Bölgenin doğu sınırları ise Şile'nin güneydoğusundan, İzmit Körfezi'nin batısını içine alacak biçimde Gölcük'ün batısından ve İznik Gölü'nün batıda büyük bir bölümünü kapsaya-

rak İznik'in batısından Tavşanlı yakınlarına kadar uzanır.

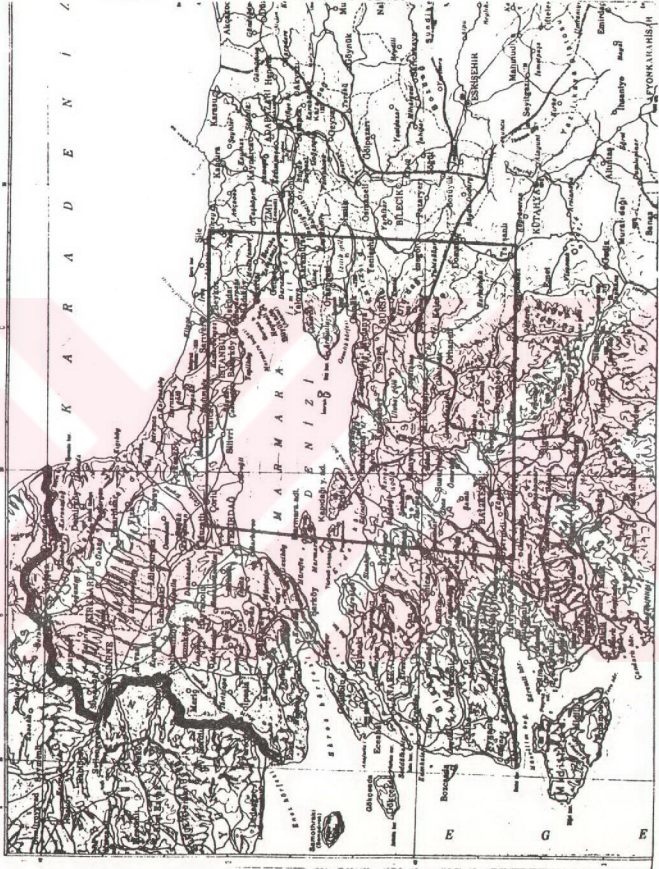
Sözkonusu alandaki çalışma farklı tarihlerdeki 2 ayrı LANDSAT 4-MSS görüntüsü üzerinde yapılmıştır. Görüntülerin elde edildiği tarihler 5 Ağustos 1983 (Marmara-1) ve 8 Aralık 1982 (Marmara-2) dir. Bu bölgenin incelikli biçimde sınıflandırılabilmesi için mümkün mertebe açık ve bulutsuz bir havada elde edilmiş görüntüler uygundur. Ancak Marmara-1 görüntüsünde Kuzey Marmara kıyıları, İstanbul Boğazı ve Kapıdağ Yarımadası'nın bir bölümü bulutlarla örtülüdür. Marmara-2 de ise İstanbul Boğazı'nın kuzey bölümü, Adalar çevresi ve diğer bazı bölgelerde sis görülmektedir.

Bu görüntüler ile ilgili diğer teknik bilgiler aşağıdadır:

|                                             | Marmara-1 | Marmara-2 |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|
| Nominal merkez sütun no                     | 180       | 180       |
| Nominal merkez satır no                     | 32        | 32        |
| Kanal sayısı                                | 4         | 4         |
| Yörünge no                                  | 5601      | 2105      |
| Uzaya fırlatıldıktan sonra geçen gün sayısı | 385       | 145       |
| bpi (recording density) (kayıt yoğunluğu)   | 1600      | 1600      |

Bu verilere göre üzerinde çalışma yapılan LANDSAT-4 görüntü çerçevesinin 1/200000 ölçeğinde bir harita üzerindeki yeri Şekil 5.1'de verilmiştir. Bu çerçevenin köşe noktalarının veya herhangi bir bölgesinin coğrafik koordinatları harita üzerinden saptanabilir. Nominal merkezlerin sütun ve satır noları ise yukarıda da gösterildiği gibi her iki görüntü için 180/32 dir.





ŞEKİL 5.1. 1/2000000 ölçeğinde bir harita üzerinde LANDSAT-4 görüntüsünün kapsadığı alan (19)

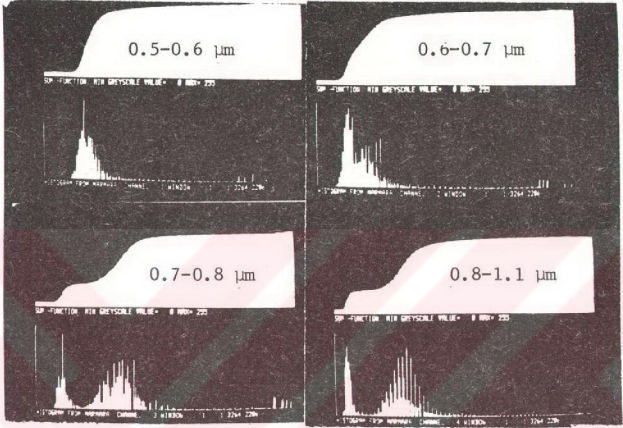
## 5.2. MARMARA DENİZİ ÇEVRESİNDE SINIFLANDIRMA UYGULAMASI

### 5.2.1. Spektral Özelliklerin Bölgedeki Dağılımı

LANDSAT-4 görüntüsünün sınıflandırılması 3264 sütun ve 2286 satırdan oluşan bir bölge üzerinde yapılmıştır, yani görüntü elemanı sayısı her kanal için 7461504 dür (Marmara-1 ve Marmara-2).

Grinnel ekranında ancak 512 x 512 görüntü elemanı için alan bulunduğundan, bu alandan daha büyük bölgelerdeki sınıflandırma adım adım yapılmış ve daha büyük alanlı orijinal görüntülerin tek bir ekranda görülebilmesi ise ancak belirli sayıda görüntü elemanı atlanarak sağlanmıştır. Örneğin, Şekil 3.11 ve 4.2'deki görüntüler tüm bölgede tarama doğrultusu boyunca her 7.görüntü elemanı alınarak oluşturulmuştur. Marmara Bölgesindeki bu görüntü elemanlarının 4 kanaldaki yansıtma değerleri için normal ve toplam histogramlar Şekil 5.2'de görülmektedir. Bu histogramlar üzerinde, yansıtma değerlerine karşılık gelen toplam görüntü elemanı sayısı, bunların yüzde oranları, aritmetik ortalamaları ile standart sapmaları ve o bölgedeki minimum ve maksimum yansıtma değerleri Ek 1 de bilgisayar çıkışı olarak her kanal için ayrıca verilmiştir.

Bazı ön bilgiler ışığında bu tür histogramlar da tıpkı görüntüler gibi, cisimler hakkında bazı bilgileri ortaya koyabilmektedir. Örneğin bu çalışmanın yapıldığı Marmara Bölgesi'ni kapsayan histogramlara göre (Marmara-1), Ulubat Gölü, İznik Gölü ve Kuzgölü gibi göller, Marmara Denizi, yerleşim merkezleri (İstanbul, Bursa, Balıkesir, Bandırma, Erdek, Gemlik), dağlar (Uludağ, Karadağ, Duman Dağları, Karlık Dağları) ve nehirler (Gönen Çayı, Kocaçay, Mustafa Kemal Paşa Çayı), yani kısaca "farklı cisimler", çok spektrumlu tayfin 0,5-0,6  $\mu\text{m}$  ve 0,6-0,7  $\mu\text{m}$  dalga boylarında, farklı yansıtma değerlerine rağmen, bir tepe noktalı bir dağılım gösterirken 3.kanal (0,7-0,8  $\mu\text{m}$ ) ve 4. kanalda (0,8-1,1  $\mu\text{m}$ ) iki tepe noktalı dağılımlar göstermektedir. Bu iki tepeli dağılımlar kara ve su ile örtülü alanlar arasındaki spektral farklılığı ortaya koymaktadır.



ŞEKİL 5.2. Marmara Bölgesi'nde spektral özelliklerin histogramlarla değerlendirilmesi (3264x2286) (Marmara-1) (Ek 1)

Ayrıca dağılımların tamamen uzağında yansıtma değerlerini gösteren yatay eksen üzerinde ayrı bir gruplaşma görülmekte olup (Marmara-1), bunlar, yansıtma değerleri çok yüksek olan bulutlardır (ancak 4. kanalda böyle bir gruplanma belirgin değildir). Böylece bu histogramlardan, bu görüntünün yaklaşık olarak % 20 sinin bulutlarla kaplı olduğu anlaşılmaktadır, fakat hangi bölgelerin bulutlarla kaplı olduğu ancak orijinal görüntü üzerinde saptanabilir (Şekil 3.11, 4.2).

Bölüm 4.2'de cisimlerin, farklı kanallarda, farklı gri renk tonlarında görülecekleri, yani farklı yansıtma değerlerini içerdikleri belirtilmişti. Örnek olarak su ile örtülü alanların her kanaldaki farklı yansıtma değerleri Ulubat Gölü ve çevresindeki bölgede yaklaşık 100000 görüntü elemanı

üzerinde ve Marmara Denizi'nin yaklaşık 50-60 m. derin bir bölgesinde yaklaşık 235000 görüntü elemanı üzerinde incelenmiş ve sonuçlar histogramlarla Şekil 5.3 ve 5.4'deki bilgisayar çıkışlarında gösterilmiştir.

Şekil 5.3a da 0,5-0,6  $\mu\text{m}$  (Kanal 1) arasındaki spektral bölgedeki yansıtma değerlerinin yaklaşık tamamı 38-64 (0 siyah, 255 beyaz) (minimum 36, maksimum 120) arasında toplanmıştır. Burada aritmetik ortalama 51,40, standart sapma 4,72 dir. Şekil 5.3b'de ise 0,6-0,7  $\mu\text{m}$  (kanal 2) arasındaki spektral bölgedeki yansıtma değerlerinin yaklaşık tamamı 30-72 (minimum 26, maksimum 135) arasında olup, burada aritmetik ortalama 49.48, standart sapma 7.94 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu histogramlara göre Ulubat Gölü ve çevresindeki kara arasında, gerek Kanal 1 ve gerekse Kanal 2 de kesin bir sınır belirlenememekte ve histogramlar yaklaşık olarak tek bir normal dağılım göstermektedirler. Sadece Kanal 2'deki histogram Kanal 1'dekine göre daha genişlemektedir.

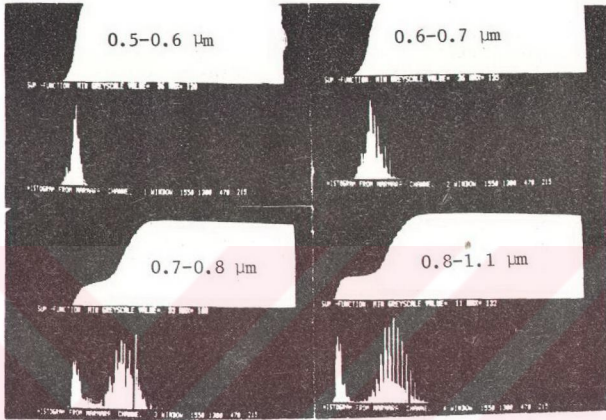
Şekil 5.3c de ise (0,7-0,8  $\mu\text{m}$ ) Ulubat Gölü ve kara arasında spektral farklılık daha belirgindir ve bu iki farklı cisim arasında iki ayrı binom dağılımı söz konusu olmaktadır. 1. dağılım yaklaşık olarak 37-63 ve 2. dağılım ise gene yaklaşık olarak 64-121 gri renk tonu değerleri arasındadır.

Şekil 5.3d de ise (0,8-1,1  $\mu\text{m}$ ), su ile örtülü alanların kızılötesi kanalda yansıtma değerleri çok düşük olduğundan (burada yaklaşık 11 ile 35 arasında), Ulubat Gölü, çevresinden (yaklaşık 36 ve 104 arasında) kesin olarak ayrılmaktadır, bu sınır histogramda açık olarak görülmektedir.

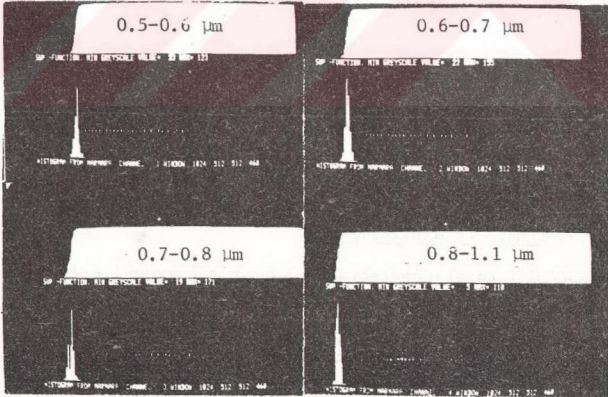
Kanal 3'de aritmetik ortalama 77.82, standart sapma 22.17 ve Kanal 4'de ise aritmetik ortalama 57.23, standart sapma 25.22 dir.

Şekil 5.3'deki histogramlardan (özellikle Kanal 3 ve Kanal 4) elde edilen sonuçlara göre 101050 görüntü elemanından oluşan bu bölgenin yaklaşık % 27'sinin su ile örtülü olduğu saptanmıştır.





ŞEKİL 5.3. Ulubat Gölü ve çevresinde spektral özelliklerin dağılımı (histogram) (Sınıflandırılmış görüntü: Şekil 5.13, 5.14)



ŞEKİL 5.4. Marmara Denizi'nde spektral özelliklerin dağılımı (histogram) (Açık deniz)

Diğer yandan histogramların-tek bir cisim için- farklı kanallardaki değişimini incelemek amacı ile Şekil 5.4'de farklı cisimler yerine tek bir cisim (deniz) alınmıştır. Burada gri renk tonu (parlaklık değerleri) 1. Kanalda 36-50 arasında, Kanal 2'de 26-41 arasında, 3. Kanalda ise 22-39 arasında dağılmaktadır. 4. Kanalda ise belirli bir düşüş göstererek 8-20 arasında yayılmaktadır, yani normal dağılım aralığı her kanalda değişmektedir. Böylece, bu örnekte tek bir cismin (burada deniz) farklı kanallarda farklı yansıtma değerlerini içereceği daha açık olarak görülmektedir. Bu türde bir histogram incelemesi bilgisayarda ancak orijinal veya çeşitli bağıntılarla manipule edilmiş görüntünün depolandığı kütük üzerinde yapılabilir, sınıflandırılmış görüntünün depolandığı kütük üzerinde gri renk tonları yerine, semboller (renkler) bulunduğundan bu tür bir histogram ancak bir doğru vermektedir.

Yukarıdaki paragrafta açıklandığı gibi belli cisimlerin farklı kanallarda farklı spektral özellikleri vardır. Bu nedenle kanalların kombinasyonu ile daha incelikli sonuçlar elde edilebileceğinden, Marmara Bölgesi'nde yapılan sınıflandırma uygulaması çeşitli kanal kombinasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma algoritmaları, orijinal veriler ve manipule edilmiş orijinal verilere uygulanmıştır.

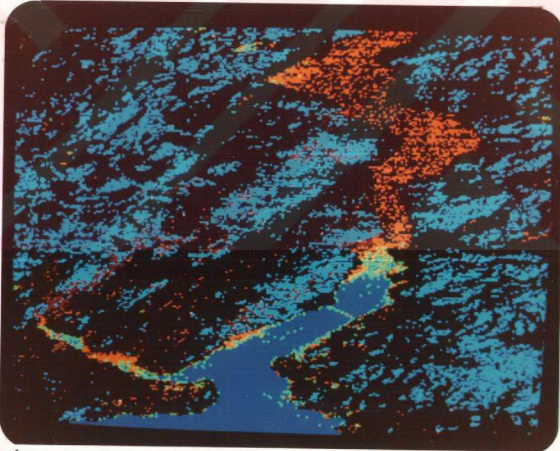
Ayrıca bu çalışma sadece su ile örtülü alanların sınıflandırılması konusu ile ilgili olduğundan, şekillerin altında açıklanan renk tonlarının, hangi bölgelere karşılık geldiği belirtilirken, kara ile örtülü bölgelerdeki sınıflandırma gözönüne alınmamıştır.

#### 5.2.2. LANDSAT Görüntü Elemanlarının (Piksel) n-Boyutlu Deymi ve Gruplaşmaları

LANDSAT tarafından taranan bölgenin ayırte dilediğ en küçük parçasının görüntüdeki karşılığı 'görüntü elemanı (piksel)' olarak tanımlanır. Her kanalda ortalama 2300 satır taranmakta ve her satırda ortalama 3200 görüntü elemanı bulunmaktadır. LANDSAT'lerdeki MSS detektörü ile yeryüzünde ayırt-

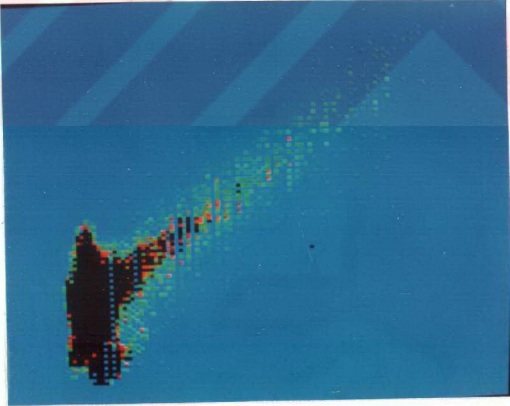
edilebilen en küçük bölge teorik olarak  $80 \times 80 \text{ m}^2$  dir, yani  $>80 \text{ m}$  olan ve çevrelerinden farklı kontrastı içeren cisimler ayırtedilebilir, ayrıca  $<80 \text{ m}$  ve çevrelerinden büyük kontrast farkı olan doğrusal cisimler de belirlenebilir; örneğin Boğaz Köprüsü'nün genişliği  $<80 \text{ m}$  olmasına rağmen gerek orijinal görüntüde gerekse sınıflandırma sonucunda net olarak çevresinden (yani denizden) ayırtedilebilmektedir (Şekil 5.5).

Sözkonusu görüntü elemanı, görüntü işlemesi sırasında bir işaretle deyimlendirilebilir. Uydulardan elde edilen görüntülerden bilgisayar değerlendirmesi sonucu yapılan yorumlamanın doğruluğu, görüntü elemanının mümkün mertebe küçük olmasına, yani ayrıntı inceliğine bağlıdır. Bu nedenle yeni fırlatılacak uydularda pikselin küçültülmesine çalışılmaktadır.



ŞEKİL 5.5. Spektral çözünürlük ve kontrast (İstanbul Boğaz Köprüsü'nün sınıflandırılmış görüntüsü)

Yeryüzündeki farklı cisimlerin güneş ışığını yansıtma-  
rı farklıdır ve belli bir cisim, elektromanyetik tayfın bel-  
li bölgelerinde (farklı dalga uzunluklarında = farklı kanal-  
larda) farklı yansıtma değerleri verir, böylece fazla sayıda  
kanal kullanarak bu değerlerin karşılaştırılmaları da mümkün-  
dür. Yeryüzündeki fiziksel cisimlerin bu yansıtma değerleri  
ile deyimlendirilmesi geometrik olarak, noktaların koordinat  
sistemlerinde ordinat ve apsislerde deyimlendirilmesi biçimin-  
de düşünülebilir, örneğin bir akarsuya ait yansıtma değeri  
tek kanalda verildiğinde, akarsuya ait görüntü elemanları  
için tek boyutlu bir deyim sözkonusudur, ancak 2 ayrı kanal-  
daki yansıtma değerleri var ise 2 boyutlu, 3 kanaldakilerde  
ise 3 boyutlu deyim sözkonusu olmaktadır, yani kanal sayısı  
görüntü elemanı için boyut, yansıtma değerleri de koordinat  
olacaklardır (Şekil 5.6). Bu tür bir tasarımdan hareket edil-  
diğinde ve 1 veya 2 boyut sözkonusu olduğunda sınıflandırma  
analizi (Bölüm 5.2.5) için grafik bir çözüm -sadece teorik  
anlamda- sonuca götürebilir, fakat  $n > 2$  ( $n$ :boyut) olması  
durumunda bilgisayarların devreye girmesi kaçınılmaz olur ve  
grafik gösterilim yerine programlanmış algoritmalar içeri-  
sinde çevrimler kullanılarak sonuca gidilir.



ŞEKİL 5.6. Görüntü elemanlarının 2 boyutlu uzayda deyimleri



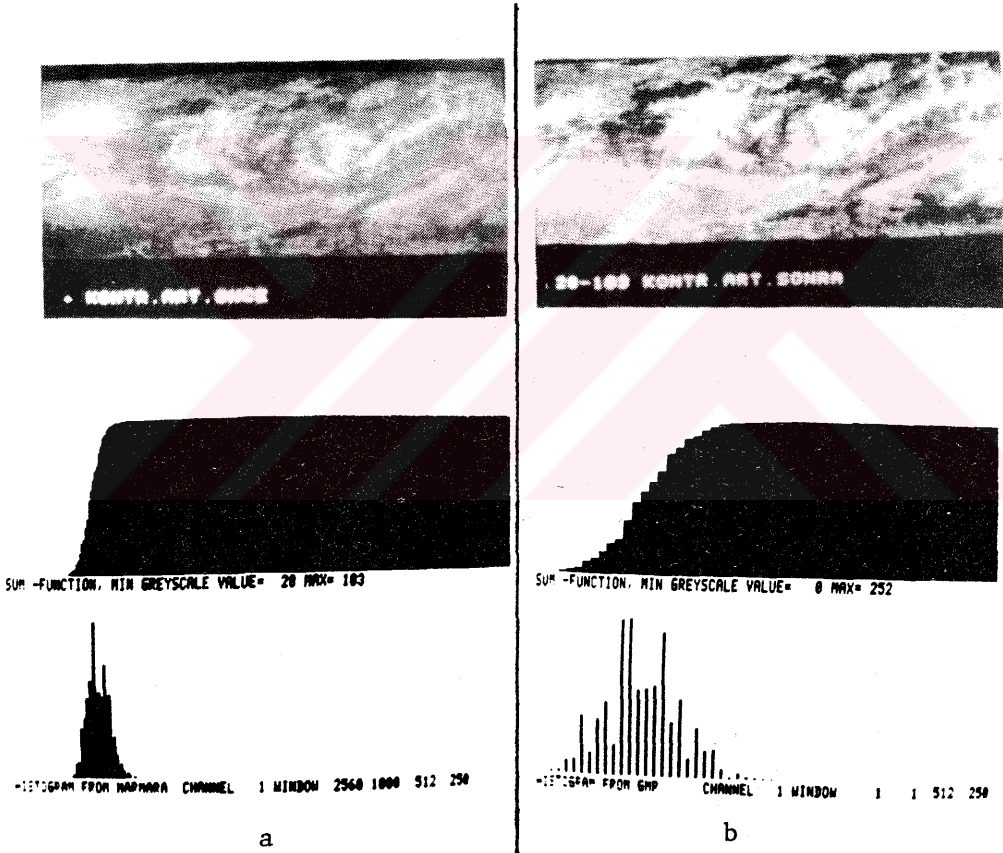
Ayrıca görüntü elemanlarının n-boyutlu uzayda, yansıtma değerlerine göre belli bir gruplaşma içerisinde olacakları Şekil 5.6'da 2 boyutlu uzayda görülmektedir.

### 5.2.3. Dijital Kontrast Arttırımı

Bölüm 5.2'de görüldüğü gibi gerek görüntüler, gerekse bunlarla ilgili histogramlar belirli kontrast sınırları içinde kalmaktadır. Örneğin Şekil 5.3'de 1. Kanaldaki görüntü için kontrast oranı  $120/36 = 3.3$  iken 2. Kanalda 5.2, 3. Kanalda 5.5 ve 4. Kanalda 12 dir. 4. Kanaldaki bu yüksek kontrast aslında kara ile denizin bu kanaldaki çok farklı yansıtma değerlerinden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan belirli bölgelerde, görüntülerin daha iyi yorumlanabilmesi ve daha ayrıntılı sınıflandırılabilmesi için düşük kontrastlı görüntülerden optimum kontrast elde edebilmek, yani herhangi bir bölgede verilen dijital yansıtma değerleri sınırlarını 0 ile 255 arasında yaymak gerekir. Bu tür kontrast dağılımları dijital olarak lineer, üniform, Gauss ve sinusoidal biçimde ve her kanal için ayrı olarak uygulanabilir. Kontrastların bu biçimde dijital yöntemlerle arttırılması fotoğraflık yöntemlere göre daha doğru sonuç verir. Şekil 5.7'de, Bursa kenti ve çevresindeki ovalık alan ile etrafındaki dağlarla (Sarp Dağları, Bend Dağları..) kaplı bölgede Kanal 1 için lineer kontrast arttırımından önceki ve sonraki görüntü ve histogramları görülmektedir.

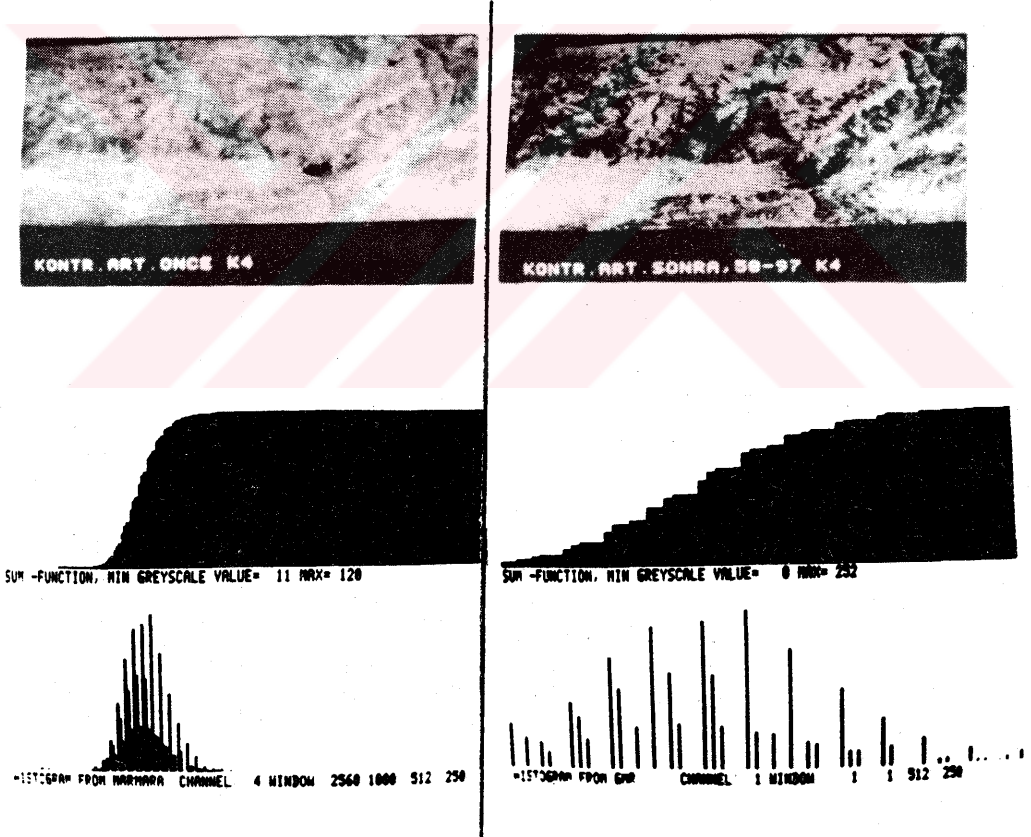
Bu şekle göre kontrast arttırımından önceki dijital değerler 1. Kanalda 28-103 arasında dağılmaktadır. Bu dijital alan 0-255 arasındaki alanın % 29'udur, yani geri kalan % 71 lik bir dijital değer bölgesi kullanılmamıştır ve bu nedenle de kontrast düşüktür. İstenilen bölgede daha incelikli bir yorumlama yapabilmek için 28-103 arasındaki değerler lineer olarak arttırılmıştır. Bu durumda 28 den düşük değerler (siyah) olarak alınmış, 103 den büyük değerler ise 255 (beyaz) olarak alınmıştır; geri kalan 28-103 arasındaki yansıtma değerleri ise 0-255 arasında lineer olarak dağılmıştır. Bu durum Şekil 5.7'de histogramlarla gösterilmiştir. Böylece lineer kontrast arttırımı sonucu orijinal görüntüde seçile-

meyan bazı ayrıntılar Şekil 5.7b'de seçilebilmektedir. Örneğin orijinal görüntüde ayırtedilemeyen Bursa Ovası ile kuzeyindeki dağlar (Sarp Dağları, Bend Dağları...) arasındaki doğal sınır, kontrast arttırılmış görüntüde belirgin olarak görülmektedir. Ayrıca Bursa-Mudanya asphalt şosesinin bir bölümü de gene Şekil 5.7b'de ayırtedilebilmektedir. Bunlardan başka, ovanın kuzeyindeki dağlık bölgedeki bitki örtüsünde de belirgin spektral farklılıklar daha net bir biçimde seçilebilmektedir.



ŞEKİL 5.7a,b. Lineer kontrast arttırımından önce ve sonraki görüntü ve histogramlar (Kanal 1)

Buna karşılık Şekil 5.8'de (Kanal 4) aynı bölge için orijinal görüntüde net bir biçimde ayırtedilebilen Gölbaşı Gölü, kontrast arttırımından sonra kuzeydeki dağlık bölgenin bazı kısımları ile aynı tonda görüldüğünden (siyah), çevresinden, orijinal görüntüdeki kadar net bir biçimde ayırtedilememektedir. Gölün, dağlık bölgelerle aynı tonda görülmesinin nedeni de, bu kez minimum sınır olarak 50 değerinin alınması ve bu değer altındaki tüm değerlerin 0 (siyah) ile deyimlendirilmesidir. Bilindiği gibi, gölün yansıtma değeri Kanal 4'de çok düşüktür ve aynı zamanda göl dışında, bu kanalda, yansıtma değerleri <50 olan başka cisimlere de 0 değeri verildiğinden bu bölgede bazı farklı cisimler de göl



ŞEKİL 5.8. Dijital lineer kontrast arttırımında yansıtma değerlerinin alt ve üst sınırlarının seçimi (min 50, maks 97), Kanal 4

ile aynı tonda (siyah) görülmektedir. Ancak burada uygulandığı biçimde yorumlama veya sınıflandırma yapılmak istenen her alanda, diğer bölgelerden bağımsız olarak dijital kontrast arttırmak mümkün olduğundan, bu bir mahzur olarak görülmemelidir.

Diğer yandan elde edilen görüntülere paralel olarak istatistiksel olarak da, seçilen alt ve üst sınırlara göre, bu sınırların içinde ve dışında kalan görüntü elemanı sayılarının ve yüzdelerinin değişimi Çizelge 5.1'de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla, görüntülerdeki siyah-beyaz tonları arasında fonksiyonel bir bağıntı olacağı açıktır. Örneğin, seçilen alt sınır büyüdükçe veya üst sınır küçüldükçe (4. kolon), bu sınırların dışında kalan görüntü elemanı sayısı da artmakta (5. kolon) ve sınırların içinde kalan görüntü elemanı sayısı ise azalmaktadır (6. kolon). Diğer bir deyişle, seçilen alt sınır büyüdükçe ve üst sınır küçüldükçe, görüntüdeki siyah ve beyaz renkle deyimlendirilen bölgeler de artmaktadır.

ÇİZELGE 5.1. Lineer Kontrast Arttırımında Görüntü Elemanlarının İstatistiksel Dağılımı (k: Kanal)

| Görüntü elemanı sayısı x1000 | k | Min/maks yansıtma MI/MA | Seçilen alt/üst sınır X/Y | Görüntü elemanı sayısı |                    | Gör. elemanı sayısı (%) lineerleştir. |
|------------------------------|---|-------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------|
|                              |   |                         |                           | MI < X(%)<br>= 0       | MA > Y(%)<br>= 255 |                                       |
| 128                          | 4 | 11/120                  | 11/120                    | 0( 0.0)                | 0(0.0)             | 128000(100.0)                         |
|                              |   |                         | 50/ 97                    | 3346( 2.6)             | 884(0.7)           | 123770( 96.7)                         |
|                              |   |                         | 55/ 92                    | 8756( 6.8)             | 2944(2.3)          | 116300( 90.9)                         |
|                              |   |                         | 60/ 87                    | 28201(22.0)            | 5820(4.5)          | 93979( 73.5)                          |
|                              |   |                         | 65/ 82                    | 55042(43.0)            | 12119(9.5)         | 60839( 47.5)                          |

#### 5.2.4. Orijinal Verilerin Manipulasyonu=Orantı Görüntüleri

Orijinal LANDSAT verileri ile yapılan yorumlama ve sınıflandırma yanında manipule edilmiş orijinal verilerle (yapay veriler) elde edilen görüntüler de değerlendirmede bir karşılaştırma olarak kullanılabilir (Bölüm 5.2.5, 5.2.6).

Bazı durumlarda LANDSAT MSS verileri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarına, ışık (örneğin aydınlık veya karanlık bölgeler), havadaki pus ve arazinin topoğrafik durumu gibi faktörler etki edebileceğinden, bazen orijinal veriler yerine bu verilerden elde edilen orantı verilerini hesaplamak ve bunları kullanmak daha uygun olabilir(20).

Orijinal verilerin manipulasyonu, farklı kanallardaki dijital yansıtma değerlerinin birbirleri ile toplanmaları, çıkarılmaları ve çeşitli orantılarının kurulması ile yeni korelasyonlu yapay görüntülerin elde edilmesidir. Burada çeşitli bağıntılar kurulabilir, örneğin:

a) bir kanaldaki görüntü elemanının dijital değeri (x), aynı görüntü elemanının diğer kanaldaki dijital değerine (y) bölünür:  $(z) = (x)/(y)$ ,

b) bir kanaldaki görüntü elemanının dijital değeri, aynı görüntü elemanının bütün kanallardaki dijital değerlerinin basit aritmetik ortalamasına bölünür:  $(z)=4x/(x+y+z+t)$ ,

c) bir kanaldaki görüntü elemanının dijital değeri ile aynı görüntü elemanının diğer bir kanaldaki dijital değerinin farkı  $(x)-(y)$ , her ikisinin toplamına  $(x)+(y)$  bölünür:  $(z) = ((x)-(y))/((x)+(y))$

ve buna benzer başka bağıntılar da kurulabilir(4),(20),(21).

Orantı sayısının  $(z) \geq 1$  olduğu bölgelerde, yani paydaki (örneğin Kanal 1) dijital yansıtma değerinin (x), paydaki (örneğin Kanal 2) dijital yansıtma değerine (y) eşit veya büyük olduğu bölgelerde, yukarıdaki her 3 durum için, orantı görüntülerinin elde edilmelerini sağlayan algoritma

içerisinde dijital değerler aşağıdaki formüle göre değiştirilmiştir:

$$(z') = 256-128/(z) \geq 128$$

$(z) < 1$  olması halinde ise

$$(z') = 128x(z) < 128 \text{ dir.}$$

Bu değişikliğin amacı, elde edilen yeni dijital değerlerin 0-256 arasında yayılmalarını sağlamaktır; a) algoritmasına göre dijital değerlerdeki bu manipulasyonun sonucu gene dijital olarak Şekil 5.9'da 25 görüntü elemanı üzerinde program çıkışı olarak gösterilmiştir.

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 41 | 41 | 38 | 41 | 41 |
| 43 | 44 | 43 | 44 | 43 |
| 42 | 42 | 43 | 43 | 42 |
| 41 | 41 | 44 | 41 | 41 |

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 34 | 28 | 34 | 32 | 32 |
| 32 | 36 | 32 | 32 | 36 |
| 30 | 31 | 30 | 30 | 31 |
| 33 | 33 | 31 | 33 | 31 |
| 34 | 32 | 32 | 32 | 34 |

(x) Kanal 1 (Orijinal veriler) (y) Kanal 2 (Orijinal veriler)

$$(z') = (x)/(y)$$

$$(z') = (y)/(x)$$

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 152 | 171 | 152 | 158 | 158 |
| 156 | 144 | 148 | 156 | 144 |
| 167 | 166 | 167 | 169 | 164 |
| 155 | 155 | 164 | 158 | 162 |
| 150 | 156 | 163 | 156 | 150 |

(a)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 104 | 85  | 104 | 98  | 98  |
| 100 | 112 | 108 | 100 | 112 |
| 89  | 90  | 89  | 87  | 92  |
| 101 | 101 | 92  | 98  | 94  |
| 106 | 100 | 93  | 100 | 106 |

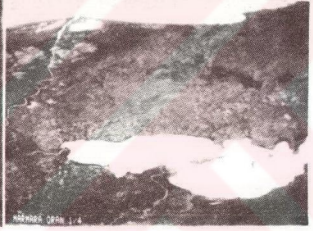
(b)

ŞEKİL 5.9a,b. Orantı görüntülerinin dijital değerlerinin elde edilmesi

Şekil 5.10'da 4 kanalda (Kanal 1, Kanal 2, Kanal 3 ve Kanal 4) orijinal görüntüler arasında orantılar kurulmuş ve



6 tane yeni yapay görüntü elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen 10 görüntünün (6 tane yapay, 4 tane orijinal) birbirleriyle karşılaştırılması sonucu, ki buna orijinal görüntülerde su-kara ayırımı için en uygun kanal olan kızılötesi kanal da dahildir, kara ve su ile örtülü alanların birbirlerinden ayırteedilebilmeleri açısından en uygun orantının, sırası ile Kanal 1/Kanal 4, Kanal 2/Kanal 4 ve Kanal 4 olduğu saptanmıştır; buna karşılık Kanal 1/Kanal 2 oranı ise gölün güney ve batı kıyılarında daha sonraki konularda incelenecek olan bazı farklı özellikleri, diğer orijinal 4 görüntüye göre daha belirgin olarak ortaya koymaktadır.



ŞEKİL 5.10. Orijinal görüntülerin manipulasyonu = orantı görüntüleri (Kanal 1/Kanal 2; Kanal 1/Kanal 4)

Diğer yandan yapılacak işin amacına göre, yani hangi sınıfların elde edilmesi isteniyorsa, farklı kanalların oranları daha uygun olabilir. Örneğin 4. Kanalin (kızılötesi) diğer görünen kanallara (örneğin 1. Kanal veya 2. Kanal) oranlanması ile yeşil bitki örtüsünün diğer cisimlerden daha iyi ayırteedilebileği bilinmektedir(22),(23),(24).

Tek bir orantı görüntüsü üzerindeki en koyu gri ton ile en açık gri ton arasındaki renk farkı, dijital yansıtma değerleri olarak deyimlendirilmek istenirse, orantıları alınan kanallardaki dijital yansıtma değerleri arasındaki maksimum farktır denebilir. Orantı sayısının (z) < 1 olduğu bölgeler-

de koyu gri ton,  $(z) > 1$  olduğu bölgelerde de açık gri ton görülmektedir. Ayrıca bu orantı görüntülerinden, tıpkı orijinal görüntülerdeki gibi, renkli bileşimler elde edilebileceği gibi (Şekil 5.11), bunlara sınıflandırma algoritmaları uygulanarak enteresan sonuçlar elde etmek de olasıdır (Bölüm 5.2.6). 1, 2 ve 3 nolu kanallar arasında orantılar kurulmuş ve bu orantılardan yararlanılarak renkli görüntü elde edilmiştir (Şekil 5.11); bu görüntüde de kara ve su ile örtülü alanlar arasında kesin ayırım yapılabilmekte, ancak verilerin yapay olması nedeni ile su ile örtülü alanlarda bulanık bir görüntü elde edilmektedir. Bu durum sınıflandırmaya da etkilemekte ve sonuçta geometrik konumca arıza çizgilerine (Bölüm 3.7) benzer bazı fiktif sınıflar elde edilmektedir, ancak bunlar herhangi bir doğal özelliği deyimlememektedir.



ŞEKİL 5.11. Orantı görüntülerinden renkli bileşimlerin elde edilmesi (Kanal 1/Kanal 2, Kanal 1/Kanal 3, Kanal 2/Kanal 3) (Marmara-2)



### 5.2.5. Kontrolsuz Sınıflandırma

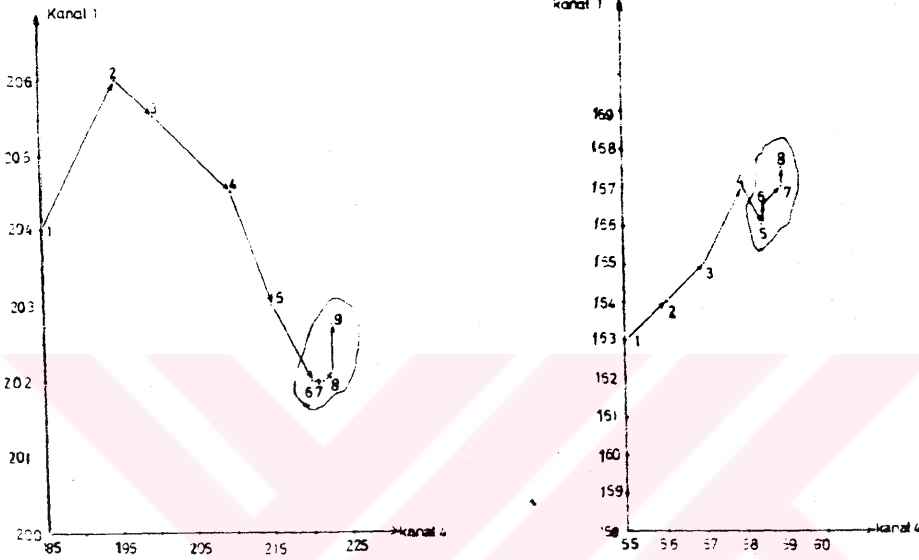
#### 5.2.5.1. Algoritmanın Açıklanması ve Parametrelerin Seçimi

Marmara Bölgesi'nin sınıflandırılmasında Euklid uzaklığı esas alınmış ve buna göre hazırlanan algoritma (Fortran) bir alt program olarak DIDAK sistemine sokulmuştur(25).

Hazırlanan algoritmada, görüntü elemanlarının birbirleri ile karşılaştırılması için Euklid uzaklığı kriter olarak alınmakta ve bu uzaklık iki görüntü elemanının yansıtma değerlerinin (parlaklıklarının) birbirlerinden olan uzaklıklarının saptanmasında program içerisinde sürekli olarak hesaplanmaktadır. Bir görüntü elemanının açılan kümelerden hangisine dahil edileceğinin belirlenmesi için o görüntü elemanı ile, açılan küme merkezleri arasındaki uzaklık (Euklid uzaklığı) hesaplanmakta ve bu uzaklık için istenilen değerin altına düşüldüğünde, görüntü elemanı o kümeye dahil edilmektedir; eğer açılan tüm kümelerle yapılan karşılaştırmada görüntü elemanlarının diğer küme merkezlerine olan uzaklıkları istenilen değerin altına düşmüyorsa, sözkonusu görüntü elemanı ile yeni bir küme açılmaktadır.

Kümelerin merkezleri önce geçici olmakta ve kümeye katılan her yeni görüntü elemanı ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak geçici merkez n-boyutlu uzayda ötelenmektedir; kümeye öngörülmüş belirli sayıda nokta katıldığında (parametre) geçici merkez artık ötelenmemekte ve 'kesin merkez' olmaktadır (Şekil 5.12).

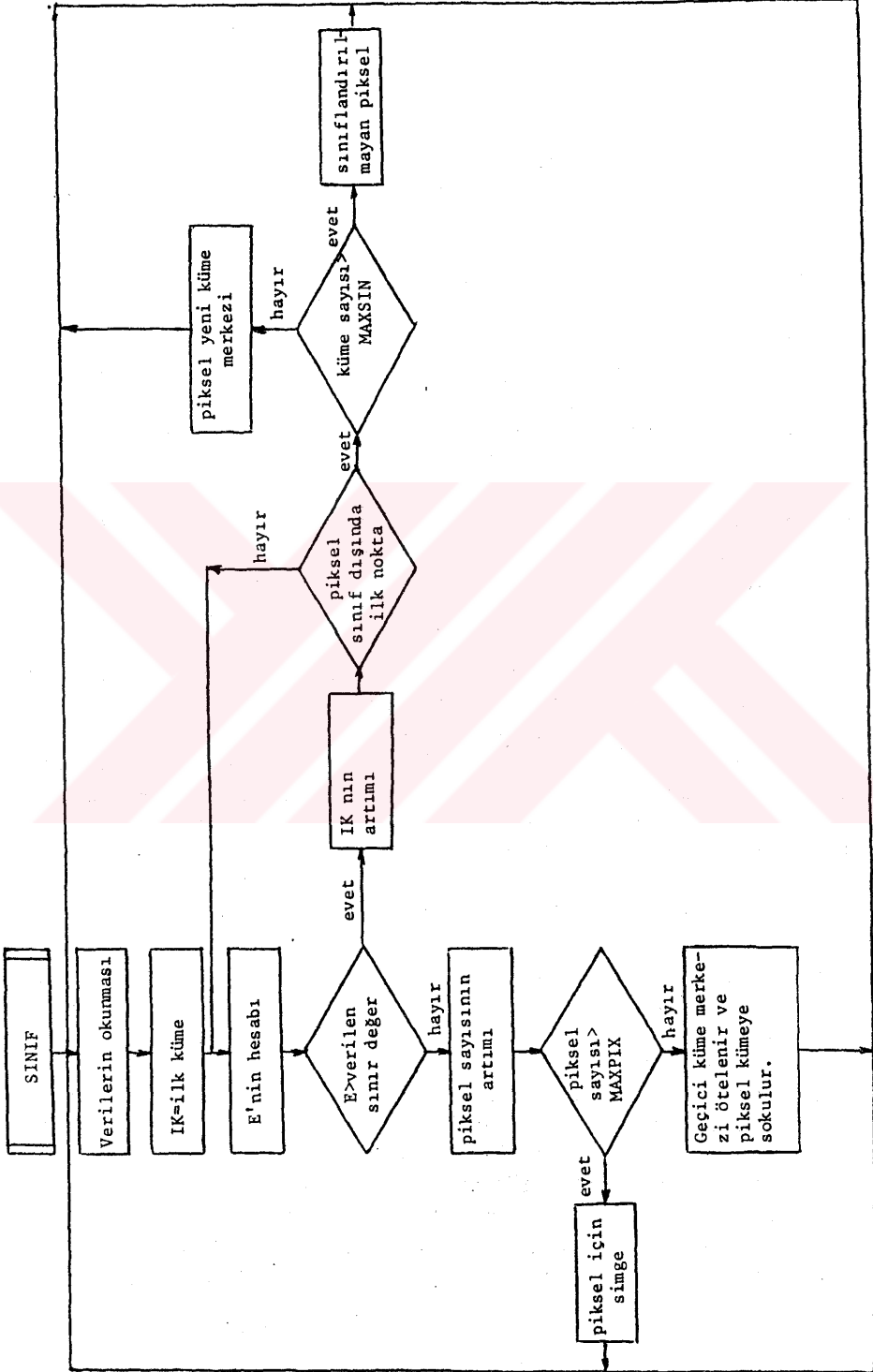
Bu yöntemde, Euklid uzaklığının karesi (ExE), açılacak maksimum küme sayısı (MAXSIN) ve geçici kümeden kesin kümeye geçiş için gerekli görüntü elemanı sayısı (MAXPIX) parametre olarak seçilebilir. Ayrıca her görüntü çerçevesi (pencere) başlangıç koordinatları ve sütun/satır sayısı ile verilir, yani her pencere, dijital değerlerden oluşan bir matris niteliğindedir ve kanal seçimi de gene DIDAK komutu içerisinde yapılır.



ŞEKİL 5.12. Geçici küme merkezlerinin ötelenmesi ve kesin sınıf merkezlerinin oluşması

Yukarıda açıklanan algoritma için genel akış diyagramı Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Bu akış diyagramına göre önce çok spektrumlu veriler okunmakta ve ilk görüntü elemanının parlaklık değeri 1. kümenin geçici merkezini deyimlemektedir; okunan 2. görüntü elemanının parlaklık değeri ile ilk elemanın arasındaki Euklid uzaklığı hesaplandıktan sonra, bu değer verilen sınır değeri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Eğer sınır değerin altında kalıyorsa, görüntü elemanları kümelerine dahil edilmekte (simgelemekte) fakat sınır değeri aşıldığında, küme sayısı koşulu gözönüne alınarak yeni kümeler açılmakta veya sınıflanmamış noktalar oluşturulmaktadır.

Tüm bu işlemlerde, görüntü elemanı sayısının gerektiğinde milyonlara ulaşması nedeni ile gereksiz karşılaştırmalardan sakınılarak optimum bir algoritma hazırlanmasına çalışılmıştır.



ŞEKİL 5.13. Programın Genel Akış Diyagramı

#### 5.2.5.2. Parametreler Arasındaki Fonksiyonel Bağıntı

Küme sayısı, Euklid uzaklığı, her sınıfa katılan görüntü elemanı sayısı ve sınıflara dağılan görüntü elemanlarının toplam sayısı arasında fonksiyonel bir bağıntı vardır; bu bağıntının dikkatli bir biçimde araştırılması ve uygulanması optimum sınıflandırma için temel oluşturur.

Maksimum küme sayısı sabit tutulup Euklid uzaklığı küçüldükçe, açılan kümelere dağılan görüntü elemanı sayısı ve sınıflanan görüntü elemanlarının toplam sayısı azalacak, dolayısı ile sınıflandırılmayan görüntü elemanlarının yüzdesi de artacaktır.

Diğer yandan Euklid uzaklığının sabit tutulup maksimum küme sayısının azalması durumunda, açılacak sınıf sayısı azalacağından sınıflanan görüntü elemanı sayısının yüzdesi de düşecektir.

Bursa-Mudanya sahilleri- Ulubat Gölü arasında kalan bir bölgeyi oluşturan 512x512 sayıda görüntü elemanı üzerinde bu bağıntı incelenmiştir (Çizelge 5.2) buna göre maksimum küme sayısı 10 olarak alınmış fakat Euklid uzaklığının karesinin 150 den 50 ye düşürüldüğünde, sınıflanan görüntü elemanı sayısı ve yüzdesi de azalmıştır. Euklid uzaklığının karesinin 150 olarak alınmasında, görüntü elemanlarının tamamına yakını (% 92.5) sınıflandırılabilirken uzaklığın 50 ye düşürülmesi ile sınıflama yüzdesi de % 60'a kadar düşmüştür.

Aynı bölgede Euklid uzaklığının karesi sabit tutularak (100) maksimum küme sayısı 30 ile 5 arasında değiştirilmiştir. Maksimum küme sayısı 30 olarak alındığında görüntü elemanlarının tamamına yakın kısmı (% 99.8) sınıflanırken, maksimum küme sayısının 5 e düşmesinde bu oran % 66.1 e inmektedir. Maksimum küme sayısının 10 dan fazla alınmasında yüzde miktarları sadece % 100 ile % 90 arasında değişecektir; bunun nedeni bu bölgedeki görüntü elemanlarının % 90 ının ilk 10 küme içerisinde bulunmalarıdır. Burada dikkat edilecek diğer bir husus da, algoritmanın yapısı itibarı ile, maksimum küme sayısının değiştirilmesi durumunda sınıflanan

görüntü elemanı sayılarının yüzdelerinin değişmesi yanında, kümeleri oluşturan görüntü elemanı sayılarının da her seferinde değişeceğidir.

Yine 512x512 görüntü elemanı ile yapılan bu tür bir araştırmada sınıf sayısının 50 alınması ve Euklid uzaklığının karesinin 150 den 25 e düşürülmesi durumunda sınıflanmaya girmeyen görüntü elemanlarının yüzdesi % 26 ya çıkmıştır(26), bu da buradaki sonucu doğrulamaktadır.

Aynı biçimde 512x512 görüntü elemanı için Euklid uzaklığının karesi 150 alınıp küme sayısı 25 den 50 ye çıkarıldığında, sınıflanmaya girmeyen görüntü elemanlarının yüzdesi de yaklaşık % 4 den % 5 e düşmüştür(26).

Yapılan kontrolsüz sınıflandırmada parametre değerlerinin optimum seçimi önceden saptanamaz, bunların seçimi bölge hakkında önceden toplanmış bilgiler, o bölgenin topoğrafik haritasının veya hava resimlerinin görüntü ile karşılaştırılması ve yorumlama (interpretasyon) ile bağlantılıdır. Euklid uzaklığının çok küçültülerek gereksiz ayrıntılar elde etmek anlamsız olabileceği gibi, kanal sayısını da her zaman arttırmak sınıflandırma yönünden yarar sağlamıyabilir, gereksiz yere icra süresi(CPU-t)uzar; yani uygun parametreleri seçmek için uygun yollardan bir tanesi denemedir. Ancak başlangıç değerleri için daha önce yapılmış araştırmalardan elde edilmiş sonuçların kullanılması da uygun olabilir. Nitekim bu çalışmada da elde edilen sınıflandırılmış görüntüler Grinnel ekranında yorumlanarak parametrelerin en uygun biçimde seçimine çalışılmıştır.

ÇİZELGE 5.2. Parametrelerin Fonksiyonel Bağıntıları  
(Bursa, Mudanya, Ulubat Gölü arasındaki Bölge)

| Pencere              | Kanal | Toplam<br>görüntü<br>elemanı<br>sayısı | EXE                    | Sınıflanan<br>görüntü<br>elemanı<br>sayısı | Maksimum<br>Küme<br>Sayısı | Sınıfl-<br>lanan<br>gör.el.<br>sayısı<br>(%) | CPU -t<br>(saniye)                   |
|----------------------|-------|----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| 2048 1024<br>512 512 | 1/2/4 | 262 144                                | 150<br>100<br>75<br>50 | 242 457<br>221 161<br>194 560<br>158 062   | 10                         | 92.5<br>84.4<br>74.2<br>60.3                 | 131.49<br>148.14<br>163.88<br>183.38 |
|                      | 2/4   |                                        | 100                    | 261 735<br>257 058<br>236 224<br>173 193   | 30<br>20<br>10<br>5        | 99.8<br>98.1<br>90.1<br>66.1                 | 107.43<br>106.89<br>101.86<br>90.89  |

5.2.5.3. Orijinal Verilerle Kontrolsuz Sınıflandırma  
Uygulaması (Marmara-1) (Güney Marmara Bölgesi'nde)

5.2.5.3.1. Ulubat Gölü (Apolyont Gölü) Çevresinde Kontrol-  
suz Sınıflandırma

Kontrolsuz sınıflandırma yöntemi uygulanarak Güney Mar-  
mara Bölgesi'nin güneyinde  $40^{\circ}$ - $40^{\circ}30'$  enlem ve  $27^{\circ}30'$ - $29^{\circ}40'$   
boylamalar arasında kalan bölgede su ile örtülü alanlar üze-  
rinde kalitatif bir inceleme yapılmıştır. Ele alınan ilk  
bölge  $512 \times 512$  görüntü elemanından oluşmakta ve bu bölgede  
tektonik orijinli Ulubat Gölü ( $156 \text{ km}^2$ ), bu gölü Marmara De-  
nizi'ne bağlayan Kocadere, bu nehrin Marmara Denizi'ne,  
bağlantı bölgesi olan Karacabey'in 35 km kuzeyindeki Bayram-  
dere'nin (Boğaz) doğusundaki Poyraz ve Dalyan Gölleri ve  
Arapçiftliği Gölü, Mudanya'nın batısı ve Bandırma'nın doğu-  
sunda kalan Marmara Denizi güney kıyıları ve güneyde Ulubat  
Gölü'ne dökülen ve bu göle saniyede  $64 \text{ m}^3$  su getirerek bu  
gölün en önemli beslenme kaynağı olan Mustafa Kemal Paşa  
Çayı yer almaktadır(27). Bölgenin diğer bölümleri genellikle  
dağlık ve ovalıktır, ayrıca yerleşim merkezleri olarak  
çok sayıda köy vardır (Subaşı, İnkaya, Kocabayır, Gölyazı  
vb). Su ile örtülü alanlar, bu bölgenin yaklaşık % 30'unu  
kaplamaktadır. Çalışma bu alanlar üzerinde yapılmış ve bu  
sınıflandırmada elde edilen sınıf sayısı ve bu sınıflara da-  
hil görüntü elemanı sayıları ve % miktarları Çizelge 5.3'de  
bilgisayar çıkışından alınarak gösterilmiştir.

Su ile örtülü alanlar ve kara arasındaki spektral ayı-  
rım (orijinal verilerle) en iyi biçimde  $0,8-1,1 \mu\text{m}$  arasında-  
ki spektral bölgede (Kanal 4) mümkündür, ayrıca Kanal 3 ise  
kara ile su arasındaki kontrastın belirlenmesinde uygundur.

Ayrıca su ile örtülü alanların derinliğinin ve bulanık-  
lığının belirlenmesinde de Kanal 1 iyi sonuç verir, ancak  
özellikle derinlik konusunda dikkatli olmak gerekmektedir.



ÇİZELGE 5.3. Ulubat Gölü ve Çevresinde Sınıflandırma Sonucuna Göre Su İle Örtülü Alanların Dağılımı, Kanal 1/3/4

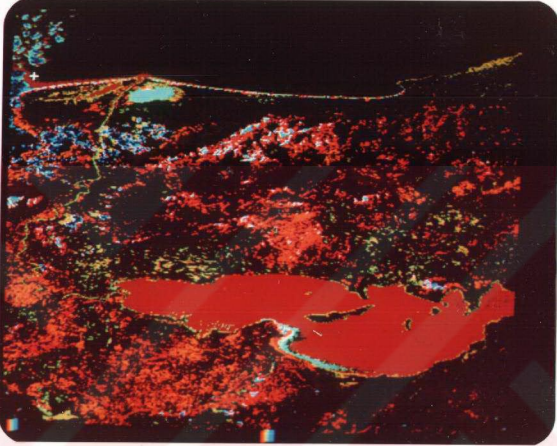
| MAXPIX/MAXSIN/ExE | Sınıf No | Görüntü Elemanı Sayısı | %     | A ç ı k l a m a                  |
|-------------------|----------|------------------------|-------|----------------------------------|
| 10 / 30 / 200     | (1)      | 41050                  | 54.8  | Tuzlu su                         |
|                   | (2)      | 28092                  | 37.5  | Çamurlu su                       |
|                   | (3)      | 642                    | 0.8   | Kıyı şeritleri                   |
|                   | (4)      | 5192                   | 6.9   | Alüvyon birikintileri (bataklık) |
|                   |          | 74850                  | 100.0 |                                  |

Yukarıda sözü edilen 3 kanalın birlikte gözönüne alınması ile yapılan kontrolsüz bir sınıflandırmada (Şekil 5.14) su ile örtülü alanlar için farklı sınıflar elde edilmektedir, ancak parametrelerin değiştirilmesi ile (örneğin Euklid uzaklığının arttırılması veya maksimum küme sayısının arttırılması gibi) bu sınıfların sayısında çok büyük değişiklikler görülmemektedir, bu nedenle bu bölgede daha güvenilir bir sınıflandırma yorumlaması yapmak olasıdır. Söz konusu farklı sınıfların açıklamaları aşağıda verilmiştir:

(1)(Siyah): Sadece su ile örtülü alanlar gözönünde alındığında Marmara Denizi (kıyı bölgeleri dışta).

(2)(Açık Kahverengi): Buna karşılık Marmara Denizi'nin kıyıları, Ulubat Gölü (kıyıları dışta), Ulubat Gölü'nü Marmara Denizi'ne bağlayan Kocadere'nin Gümüşdere'nin doğusunda denize dökülen ağzı ve bu ağzın batısındaki Poyraz Gölü ve Dalyan Gölü'nün içi. Buna göre Ulubat Gölü'nü denize bağlayan Kocadere'nin taşıdığı alüvyonların, denize açılan ağzındaki birikimleri ve denize taşınan kısımlarının doğuda Mudanya, batıda ise Bandırma yönünde ve sahil boyunca

oldukça kalın bir tabaka halinde yayıldıkları görülmektedir. Bu tabakanın deniz içerisinde ayrı bir sınıf olarak ortaya



ŞEKİL 5.14. Ulubat Gölü ve çevresinde su ile örtülü alanların kontrolsüz sınıflandırılması (ExE=200, MAXPIX=10, MAXSIN=30; 1/3/4)

çıkmasının nedeni, tatlı suyun % 22 lik bir tuzluluk derecesini içeren Marmara denizine göre daha hafif olması ve böylece yüzeyde bulunması ve dolayısı ile bu bölgenin, denizden renk tonu itibarı ile ayrılmasıdır. Ayrıca Ulubat gölünün derinliği 2-4 m arasında değişmekte ve hatta bazı bölgelerde bu derinlik <2 m olmaktadır; bu nedenle özellikle kuzeydoğu rüzgarlarının etkisiyle gölde oluşan dalgalar dipteki çamurları karıştırarak gölü bulandırmakta ve gölün rengi de çamur nedeni ile bulanık bir görünüm kazanmaktadır; aynı biçimde Kocadere'nin suyu da çamurla karışık bulanık bir görünüme sahiptir. Deniz yüzeyinde oluşan bu farklı renk tonları, sı-

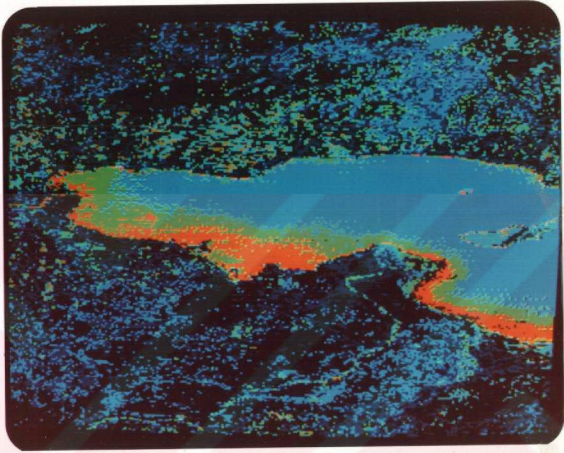
nıflandırmada uygulanan algoritma parametrelerinin seçimine göre belirlenebilmektedir.

(3)(sarı-yeşil): Diğer yandan Ulubat gölünün ve içinde bulunan adaların (Halilbey, Şeytan, Mutlu ve Terzioğlu adaları) sahil şeritleri ile Marmara Denizi'nin sahil şeridi ve bunlara ek olarak nehir ağzındaki göllerden batıdaki Poyraz ve Dalyan Göllerinin kıyıları ve Kocadere ile güneydeki Mustafa Kemal Paşa Çayı aynı sınıfa girmektedir.

(4)(açık mavi): Bu üç sınıf dışında Ulubat Gölü'nün güney kıyıları ve Kocadere'nin Marmara Denizi ağzındaki göllerden doğudaki Arapçiftliği Gölü'nde ayrı bir sınıf oluşmaktadır. Bu da Kocadere ve Mustafa Kemal Paşa Çayı'nın getirdikleri alüvyonların birikimlerini göstermektedir. Bu birikimler burada bazı bölgelerde adeta bir bataklık görünümündedir.

Diğer yandan ExE nin 200 den 100 e düşürülmesi ile, küme ve dolayısı ile sınıf sayısı arttığından, gölün batı ve güneybatı kıyılarındaki bataklık bölgelerde ayrıca sınıflandırma yapılabilmektedir (açık kahverengi: kum, yeşil:bataklık) (Şekil 5.15).

Bu sınıflar, Ulubat Gölü'nün güneyindeki bataklık ve kumluk bölgelerin karışık yapısını göstermektedir. Nitekim Ulubat Gölü, güneyde Mustafa Kemal Paşa Çayı'nın getirdiği alüvyonlarla dolmuş ve halen de dolmaktadır. Ayrıca bu parametrenin küçültülmesi ile göl çevresinde yer alan karanın da daha çok sınıfa ayrıldığı gene Şekil 5.15'de gölün çevresinde görülmektedir.



ŞEKİL 5.15. Ulubat Gölü'nde sedimentasyon bölgeleri (zoom: 2x) (ExE=100, MAXPIX=10, MAXSIN=40) (açık kahve-rengi:kum, yeşil:bataklık)

#### 5.2.5.3.2. İznik Gölü Kıyılarında Kontrolsuz Sınıflandırma

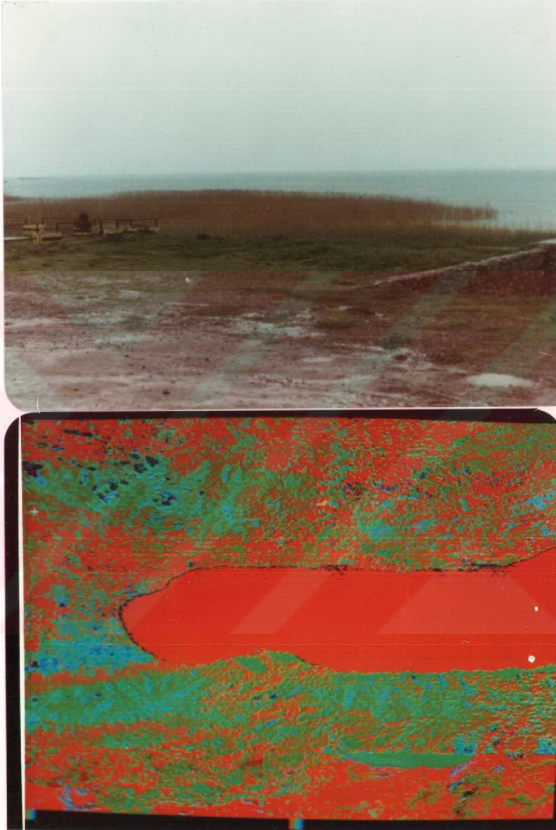
Türkiye'nin 5.büyük gölü olan İznik Gölü ( $\sim 300 \text{ km}^2$ ) ve kıyılarında yapılan bir sınıflandırmada (Marmara-1) kontrolsuz sınıflandırma parametrelerinin seçimine göre değişik sonuçlar elde edilmiştir. Euklid uzaklığının karesinin (ExE)200 ve daha büyük alınmasında kanalların her türlü ikili ve üçlü kombinasyonunda, sadece gölün kıyıları ayrı bir sınıf oluşturmuş, buna karşılık gölün tamamında farklı spektral özellikler saptanamamıştır, ancak parametrenin 100'e düşürülmesi ile özellikle gölün kuzey ve batı kıyılarında farklı spektral özellikleri taşıyan gruplaşmalar görülmekte ve bun-

lar İznik Gölü'nün görüntüde var olan bölümünün % 3 ünü oluşturmaktadır. Bu gruplar o bölgedeki, boyu zaman zaman 2 m olan sazlıkları deyimlemektedir. Gerçekten İznik Gölü çevresinde sazlıklar karakteristik bir yapı göstermekte ve özellikle gölün kuzey kıyılarının bazı kısımlarında (örneğin Boyalıca) sık ve uzundurlar. Şekil 5.16 da bu bölgede uygulanan kontrolsuz sınıflandırma sonucu ile Nisan 1984 de o bölgenin yağmurlu bir havada amatör resim çekme makinası ile çekilen resmi görülmektedir. Sınıflandırma için kullanılan görüntü elemanı sayısı 210944 dür.

Ayrıca gerek bu bölgenin LANDSAT görüntüsünün, gerekse arazide çekilen resminin aynı mevsimlerde olması açısından da bu sazlık bölgelerin daha doğru biçimde yorumlanması sağlanmıştır. Üst şekilde sazlıklarla örtülü alan, sınıflandırılmış görüntüde, gölün kuzeyindeki siyah renkte simgelenmiş görüntü elemanı gruplarıdır ve kare içerisinde gösterilmiştir.

İncelemeye göre ExE parametresinin 100 olarak seçilmesi ve 1/3 veya 2/3 kanal kombinasyonlarının seçimi gerek CPU'nun daha az olması, gerekse yorumlama açısından en uygun sonucu vermektedir. Parametre olarak seçilen maksimum küme sayısının (MAXSIN) veya kesin küme merkezlerinin saptanması için gerekli maksimum görüntü elemanı sayısının (MAXPIX) seçiminin, sonuca çok fazla etkisi olmamaktadır. Şekil 5.16 da sınıflandırılmış görüntü, MAXPIX=10 ve MAXSIN=100 alınarak elde edilmiştir. Aynı bölgeye ait orantı görüntüsü ise Şekil 5.21 de verilmiştir.

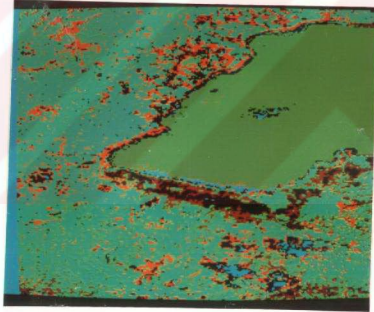




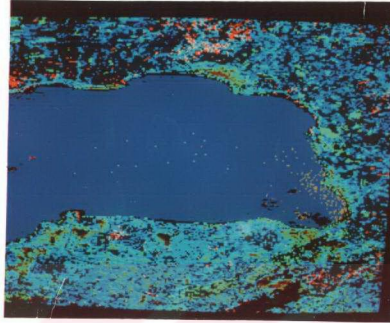
ŞEKİL 5.16. İznik Gölü kıyısında kontrolsüz sınıflandırma  
(ExE=100, Kanal 2/3).

5.2.5.3.3. Kuşgölü (Manyas) Çevresinde Kontrolsuz Sınıflandırma

Ulubat Gölü ve İznik Gölü dışında bu bölgede yer alan üçüncü büyük göl Kuşgölü'dür (Manyas Gölü) ve  $178 \text{ km}^2$  büyüklüğündedir. Bu göl de Gönen ve Bursa arasındaki çöküntü alanı içerisinde ve Ulubat Gölü'nün yaklaşık 36 km batısında yer almaktadır. Bu bölgede yapılan arazi çalışması ile sınıflandırılmış görüntüler (sınıflandırma parametreleri de gözönüne alınarak) karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir: 1,2 ve 4 no.lu kanalların kombinasyonu ve  $\text{ExE}=100$ ,  $\text{MAXSIN}=40$  seçilerek gölün güneybatı kıyılarında Dereboğazı ve Kocagöl arasındaki bölgede kumluk alanlar görülmektedir (Şekil 5.17a). Parametrelerin  $\text{ExE}=75$ ,  $\text{IMAX}=50$  olarak seçilmesi ile de gölün doğusunda Yılğın Burnu ve Ergili arasındaki bölgede bataklık kısımlar sınıflandırılabilmiştir. Bu kısımlar Şekil 5.17b de sarı renkte görülmektedir.



ŞEKİL 5.17a. Kuşgölünün güneybatı kıyılarında kumluk alanlar (açık mavi ve sarı).



ŞEKİL 5.17b: Kuşgölü'nün doğusunda bataklık bölgeler (sarı)

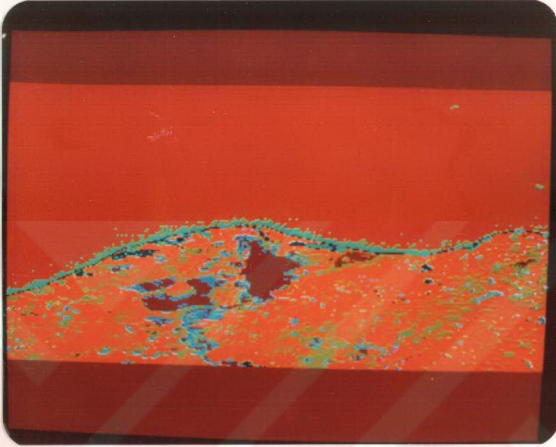
#### 5.2.5.3.4. Küçük Göller ve Erdek Körfezinde Kontrolsüz Sınıflandırma

Marmara Denizi'nin güneyindeki bölgede Ulubat Gölü, İz-nik Gölü, Kuşgölü gibi büyük göller yanında, Gölcük Gölü, Dalyan Gölü, Poyraz Gölü, Arapçiftliği Gölü gibi küçük göller de vardır; ancak bu göller üzerinde farklı spektral özellikle-ri içeren bölgeler olup olmadığı konusunda var olan LANDSAT verileri ile sağlıklı bir araştırma yapmak olası değildir, zira LANDSAT'in yeryüzündeki  $80 \times 80 \text{ m}^2$  lik ayrıntı ayırtedebil-me gücü, bu küçük göller için yetersiz kalmaktadır.

Sadece uygulanan sınıflandırma algoritması sonucunda, Gölbaşı Gölü'nün ortalama 330 görüntü elemanından oluştuğu saptanmıştır. Bu sayının  $80 \times 80 \text{ m}^2$  ile çarpılması ile de Göl-başı Gölü'nün alanının  $2.1 \text{ km}^2$  olduğu bulunmuştur. Bu da uzaktan algılanan yansıtma değerleri ile bilgisayar kullana-rak alan saptanmasının da olası olduğunu göstermektedir.

Diğer yandan Ege Denizi'nde Edremit Körfezi'ne kadar uzanan Gönen Çayı, Marmara Denizi'nde Çayağzı mevkiinde Erdek Körfezi'ne dökülmektedir. Bu bölgede 89600 görüntü elemanı





ŞEKİL 5.18. Erdek Körfezi'nde sedimentasyon bölgeleri  
(Yeşil renk: sedimentasyon bölgeleri,  
Kırmızı: Marmara Denizi)

ile yapılan kontrolsüz sınıflandırma sonucunda, bu çayın denize döküldüğü bölgede de sedimentasyon bölgelerinin oluştuğu (yeşil) ve bu birikmenin Erdek Körfezi sahilleri boyunca doğu ve batıya doğru yayıldığı görülmektedir. Bu bölgede yapılan sözkonusu araştırmada ExE=100, MAXSIN=40 seçilmesi en uygun sonucu vermektedir. ExE nin daha küçültülmesi veya MAXSIN'in büyütülmesi ile sedimentasyon bölgelerinde farklı sınıflar saptamak mümkün olamamıştır (Şekil 5.18).

#### 5.2.5.4. Orijinal Verilerle Kontrolsüz Sınıflandırma Uygulaması (Marmara-2) (Kuzey Marmara Bölgesi'nde)

Bu bölge üzerinde yapılan çalışmalar 8.12.1982 gününde

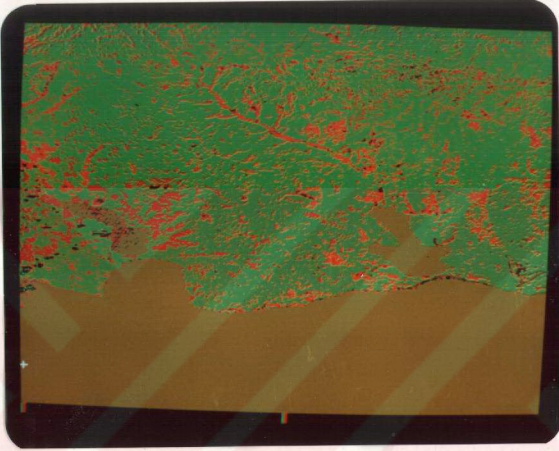
algılanmış Marmara-2 bandı ile yapılmıştır (Marmara-1 bu bölgede bulutlarla kaplıdır). Bu bölgede incelemeye değer su ile örtülü alanlar olarak, Marmara Denizi kuzey kıyıları, B.Çekmece ve K.Çekmece Gölleri, İstanbul Boğazı ve Haliç ile Ömerli Barajı bulunmaktadır.

#### 5.2.5.4.1. B.Çekmece ve K.Çekmece Gölleri Çevresinde KontROLSUZ Sınıflandırma

İstanbul'un batısında yer alan K.Çekmece (14 km<sup>2</sup>) ve B.Çekmece (10 km<sup>2</sup>) gölleri deniz baskını ile önce koy haline gelmiş sonra lagün karakteri almış eski vadi ağzlarıdır (ria). Aralarında en önemli fark, bunların denizden ayırımı olan setlerin yerleridir. Şekil 5.19'daki LANDSAT görüntüsünün sınıflanması ile elde edilmiş görüntüden de bu farklılık belirgin olarak görülmektedir. K.Çekmece Gölü'nde hemen koyun ağzında olan bu set, B.Çekmece Gölü'nde daha geride kalmaktadır. Gerek orijinal görüntülerde gerekse sınıflandırılmış görüntüler üzerinde yukarıda sözü edilen setler açık olarak görülmektedir. Oldukça farklı derinliklere sahip olan Küçük Çekmece Gölü'ndeki (set yakınında ~20 m, set bitiminde ~1.5 m) derinlik farklarını LANDSAT MSS verileri ile saptamak mümkün olamamıştır.

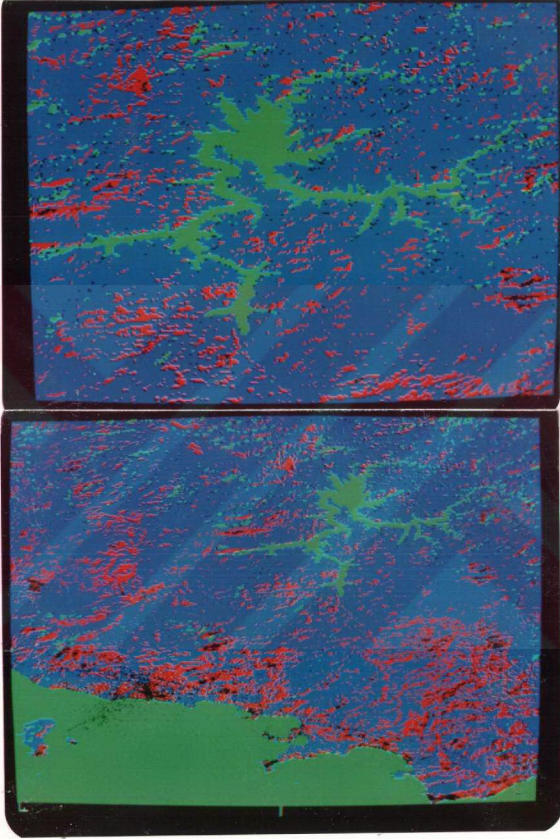
Daha önce Güney Marmara Bölgesi'nde yapılan incelemede göllerin derinlikleri hakkında ancak doğal özelliklerinde (bakıcılık, kum ...) farklılıklar olması, dolayısı ile farklı renk tonları ortaya çıkması durumunda indirekt olarak bir yorumlama yapabilmek mümkün iken burada yapılan incelemede doğal farklılıklar olmadığından, derinlikler hakkında MSS verileri ile direkt olarak yorumlama yapmanın mümkün olmadığı görülmektedir.

Şekil 5.19'daki, B.Çekmece Gölü'ndeki setin arkasında görülen farklı spektral özellikler ise parametrelerin seçimi ile ilgilidir. Siyah renk bulutları, açık kahverengi suyu, kırmızı kara ve sığ bölgeleri, yeşil ise sınıflandırılmamış görüntü elemanlarını göstermektedir.



ŞEKİL 5.19. B.Çekmece ve K.Çekmece Gölleri'nin sınıflandırılmış görüntüsünde setlerin durumu (siyah: bultlar, açık kahverengi: deniz, kırmızı: kara ve sığ bölgeler, yeşil: sınıflandırılmamış bölge)

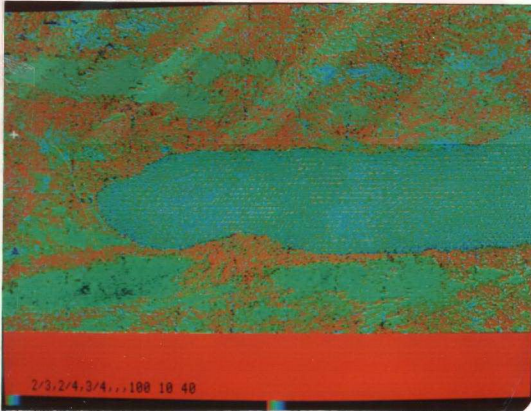
İstanbul'un Anadolu yakasında yer alan Ömerli Baraj Gölü çevresinde yapılan arazi çalışmasında da, göl kıyılarında herhangi bir doğal özelliklere (bataklık, kum, suda yetişen sazlar...) rastlanmamıştır. Kara ve su arasında kesin bir ayırım göze çarpmaktadır. Bu kesin çizgi çeşitli parametre değerlerinin seçiminde kendini göstermektedir. Şekil 5.20'deki sınıflandırılmış görüntüde bu durum açık olarak görülmektedir.



ŞEKİL 5.20. Ömerli Baraj Gölü'nün sınıflandırılmış görüntüleri (Yeşil: Ömerli Gölü ve Marmara Denizi; Kırmızı, Mavi ve Siyah: Kara).

#### 5.2.6. Manipule Edilmiş Orijinal Verilerle Kontrolsuz Sınıflandırma

Orijinal verilerle yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntülerin yorumlanması ile, orijinal görüntüler üzerinde görülemiyen bazı detaylar belirlenebilmiştir (Bölüm 5.2.5.4). Ancak sınıflandırma algoritmalarının uygulanmasından önce orijinal verilerin manipülasyonu (Bölüm 5.2.4) ve daha sonra bu yapay verilerle yapılacak sınıflandırma sonucunda da bazı enteresan sonuçlar elde etmek mümkündür, örneğin üç ayrı kanalın orantıları alınarak Bölüm 5.2.4'de a) algoritmasına göre manipule edilen veriler 3 ayrı kütükte depolanmış ve bunlarla yapılan kontrolsuz sınıflandırma sonuçları orijinal verilerle yapılan sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.21). Manipule edilmiş değerlerle yapılan sınıflandırmada göl içerisinde arıza çizgilerine benzeyen yatay doğrular elde edilmiştir ki, bu, görüntüyü bozmaktadır; buna rağmen dikkatle incelendiğinde, Şekil 5.21 ve 5.16'nın sınıflandırma açısından fazla bir farklılık göstermediği görülmektedir.



ŞEKİL 5.21. Orantı görüntüleri ile kontrolsuz sınıflandırma (100 10 40) (karş. Şekil 5.16).



### 5.2.7. İcra Süresinin (CPU-t) İrdelenmesi

Sınıflandırma algoritmasının uygulanmasında, parametreler ile icra süresi arasında fonksiyonel bir bağıntı vardır. Kanal sayısı, kümelerin yarıçapları (Euklid uzaklığı) ve seçilen maksimum küme sayısının icra süresini ne şekilde etkileyeceği, 512x512 görüntü elemanı için, Çizelge 5.4, 5.5 ve 5.2'de gösterilmiştir. Elde edilen değerler, parametrelere bağlı olduğu gibi, bilgisayarın o andaki yüklenme durumuna göre de önemli ölçüde değişmektedir.

Çizelge 5.4'de görüldüğü gibi, 512x512 görüntü elemanı için kanal sayısının 2 den 3 e çıkarılması ile (maksimum küme sayısı sabit tutularak = 10), CPU-t artmaktadır. Bu artış oranı için, farklı Euklid uzaklıklarında (ExE=50,100,150) kanal sayısı arttırılarak inceleme yapıldığında, yaklaşık % 66 değeri bulunmuştur. Seçilen maksimum küme sayılarının farklı olması CPU-t yi etkilemekte, fakat CPU-t deki artış oranı fazla olmamaktadır.

ÇİZELGE 5.4. Kanal Sayısının CPU-t ye Etkisi

(MAXSIN: seçilen maksimum küme sayısı)

| Kanal Sayısı | EXE | MAXSIN | Sınıflandırılmayan Görüntü Elemanı Sayısı | CPU-t (saniye) | CPU-t Artış Oranı (%) |
|--------------|-----|--------|-------------------------------------------|----------------|-----------------------|
| 2            | 50  | 10     | 87012                                     | 114.96         | 66                    |
| 3            | 50  | 10     | 104082                                    | 190.84         |                       |
| 2            | 100 | 10     | 25920                                     | 104.98         | 67                    |
| 3            | 100 | 10     | 40983                                     | 175.36         |                       |
| 2            | 150 | 10     | 7502                                      | 83.59          | 65                    |
| 3            | 150 | 10     | 19687                                     | 137.92         |                       |

Diğer taraftan Çizelge 5.5'de kanal sayısı sabit tutularak, Euklid uzaklıkları değiştirilmiş ve Euklid uzaklıkları küçüldükçe CPU'nun artacağı saptanmıştır. Nitekim ExE=150,100 ve 50 için hesaplanan CPU -t değerleri(maksimum küme sayısı 10 alınarak) sırası ile 158.14 san., 175.36 san. ve 190.84 san. olarak bulunmuştur. Aynı şekilde maksimum küme sayısı 30 veya 40 alındığında da Euklid uzaklığı azaltılmış ve aynı irdeleme yapılmıştır. Sonuç olarak CPU-t artış oranı ortalama % 10 bulunmuştur.

ÇİZELGE 5.5. Euklid Uzaklığının CPU-t ye Etkisi

| Kanal Sayısı | EXE | MAXSIN | Sınıflandırılmayan Görüntü Elemanı Sayısı | CPU-t (saniye) | CPU-t Artış Oranı (%) |
|--------------|-----|--------|-------------------------------------------|----------------|-----------------------|
| 3            | 150 | 10     | 20010                                     | 158.14         | 10.9                  |
|              | 100 | 10     | 40983                                     | 175.36         |                       |
|              | 50  | 10     | 104082                                    | 190.84         |                       |
|              | 200 | 30     | 12703                                     | 153.01         | 8.9                   |
|              | 150 | 30     | 16072                                     | 166.63         |                       |
|              | 100 | 30     | 30263                                     | 186.27         |                       |
|              | 200 | 40     | 9984                                      | 150.16         | 6.0                   |
|              | 150 | 40     | 11092                                     | 168.13         |                       |
|              | 100 | 40     | 24984                                     | 178.14         |                       |

Parametrelerin seçiminde sınıflandırılmış görüntülerin iyi yorumlanabilirliği esas alınacağı gibi CPU-t nin gereksiz arttırımından da kaçınmak gerekir. Örneğin İznik Gölü'nün sınıflandırılmasında Kanal sayısı 3'den 2'ye düşürüldüğünde (1/3 veya 2/3 kanal kombinasyonları) aynı sonuç elde edilebilmekte buna karşılık icra süresi azalmaktadır. Arazi kullanımının belirlenmesi ile ilgili bir çalışmada kanal sayısının 2 den 3 e çıkarılması ile, elde edilen sonuçların iyileşmediği, buna karşılık icra süresinin % 30 civarında arttığı saptanmıştır(26).



## 6. SONUÇLAR

Gerek orijinal LANDSAT verileri, gerekse manipule edilmiş orijinal LANDSAT verileri ve bunların çeşitli yöntemlerle bilgisayar tekniğinden yararlanarak sınıflandırılmaları ile yeryüzünün araştırılma olanağı vardır.

Bu çalışmada Marmara Bölgesi'nin  $39^{\circ}50'$  -  $41^{\circ}20'$  kuzey enlem ve  $27^{\circ}30'$  -  $29^{\circ}35'$  doğu boylamları arasında kalan bölgesine ait iki farklı tarihli (8 Aralık 1982 - 5 Ağustos 1983) LANDSAT-4 görüntüleri üzerinde su ile örtülü alanların, özellikle kıyı bölgelerindeki doğal özellikler incelenmiştir.

Bu amaca uygun olarak çalışmada kullanılan bantın kapladığı tüm alan için gerek LANDSAT orijinal verileri ile elde edilen bölgenin renkli ekrandaki görüntüsü, gerekse arazide yapılan çalışma ve topoğrafik haritalar yardımı ile, önce bu bölgedeki su ile örtülü alanların, göller (Marmara Denizi'nin güneyindeki Kuşgölü (Manyas Gölü), bu gölün doğusundaki Ulubat Gölü (Apolyont Gölü), İzmit Körfezi'nin güneyinde İzmit Gölü, Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda Ömerli Gölü ve Bursa yakınlarında Gölcük Gölü, Küçük Çekmece ve Büyük Çekmece Gölleri), nehirler (Kocadere ve Mustafa Kemal Paşa Çayı ve Gönen Çayı) ve Marmara Denizi'nin büyük bir bölümü olduğu saptanmıştır.

Ayrıca 4 ayrı kanalda görüntü elemanlarının yansıtma değerleri bir eksen ve her yansıtma değerine karşılık gelen

görüntü elemanı sayısı da diğer bir eksen oluşturacak biçimde dijital histogramlar hazırlanarak var olan bantın tamamını kapsayan Marmara Bölgesi içindeki su ile örtülü alanların, tüm bölgenin yaklaşık % 25'ini kapsadığı saptanmıştır. Bulunan yüzde miktarı gerek 3. Kanalda gerekse 4. Kanaldaki histogramlarda aynıdır. 1. ve 2. Kanallarda ise dağılımlar tek tepeli olduğundan su-kara ayırımı yapabilmek mümkün değildir.

Su ile örtülü alanların, özellikle kıyı bölgelerinde ne tür bir yapıyı içerebileceklerini araştırmak için kontrolsüz sınıflandırma uygulaması yapılmıştır; yani hangi spektral özelliklerin hangi bölgelere ait olduğu algoritma içerisinde belirtilmeden (kontrol bölgeleri seçilmeden) sınıflandırma yapıp, elde edilen grupların neyi deyimlendirdikleri yorumlanmıştır.

Buna göre Güney Marmara Bölgesi'nde Ulubat Gölü'nün (Apolyont Gölü) güney ve güneybatısında, gölün bir bölümünün oldukça sığ ve bataklık bölgelerden oluştuğu belirlenmiş ve ayrıca Kocadere'nin Marmara Denizi'ne dökülen ağzındaki alüvyon birikiminin, doğuda Mudanya, batıda Bandırma doğrultusunda sahil boyunca oldukça kalın bir tabaka halinde yayıldığı gözlenmiştir. Ayrıca sınıflandırma algoritmasında kullanılan parametrelerin değiştirilmesi ile gölün güneyindeki bölgelerin özellikle güneybatıya doğru kum ve bataklık-tan oluşan karışık bir yapıyı içerdiği saptanmıştır.

Ulubat Gölü'nün batısında yer alan Kuşgölü'nün (Manyas Gölü) güneybatı kıyılarında Dereboğazı ve Kocagöl arasındaki bölgede kumluk alanlar, buna karşılık doğuda, Yılğınburnu ve Ergili arasındaki bölgede bataklık alanlar ayırtedilmiştir.

Kıyı bölgeleri incelenen diğer bir göl İznik Gölü'dür. Bu gölün de kuzey kıyılarının bazı bölümlerinde (örneğin Boyalıca), o bölgede yapılan arazi çalışması ile belirlendiği üzere, diğer göllerden farklı olarak, boyu yaklaşık 2 metreyi bulan ve son derece sık sazlık bölgeler saptanmıştır.

Göllere dışında, Ege Denizi'nden Edremit Körfezi'ne ka-

dar uzanan Gönen Çayı'nın, Marmara Denizi'nde Çayağzı mevki-  
inde Erdek Körfezi'ne döküldüğü bölgede sedimentasyon bölge-  
leri olduğu ve bu bölgelerin Erdek Körfezi güney sahilleri  
boyunca doğu ve batı yönünde yayıldığı gözlenmiştir.

Diğer yandan farklı kanallardaki orijinal dijital ve-  
riler birbirleriyle çeşitli matematiksel formüllerle oranla-  
narak yapay dijital değerler ve dolayısı ile yapay görüntü-  
ler (orantı görüntüleri) elde edilmiştir. Burada 1. kanal/4.  
kanal ve 2. kanal/4. kanal orantılarının, su ve kara ayırımı-  
nda, orantı görüntüleri arasında en uygun orantı oldukları  
saptanmış; bu arada orantı görüntüleri ile yapılan sınıflan-  
dırmada, sınıflandırılmamış orantı görüntülerinde de görüle-  
bilen ve herhangi bir doğal özellik deyimlendirmeyen geometrik  
konumları itibarı ile doğrusal sınıflar oluşmuştur. Bu da,  
verilerin yapay olmasının getirdiği mahzur olarak yorumlan-  
mıştır. Sonuç olarak orantı görüntüleri ile yapılan sınıf-  
landırmada, su ile örtülü alanlarda yapılan bu inceleme için,  
orijinal verilerle yapılan sınıflandırmaya oranla, herhangi  
bir ek bilgi elde edebilmek mümkün olmamıştır.

Son olarak bilgisayardaki icra süresi (CPU-t) ile algo-  
ritmadaki parametreler (sınıf sayısı, Euklid uzaklığı, ka-  
nal sayısı) arasındaki bağıntı incelenmiş ve buna göre kanal  
sayısı 2'den 3'e çıkarıldığında CPU-t nin-yükleme durumuna da  
bağlı olarak- ortalama % 66 oranında, Euklid uzaklığının ka-  
resinin her 50 artışında da ortalama % 10 oranında arttığı  
saptanmıştır. Seçilen maksimum küme sayısına göre CPU-t nin  
değişimi için yükleme farklılığı nedeni ile ortalama bir  
yüzde oranı verilememiştir. Bütün bunlara göre, sınıflandır-  
ma sonuçlarında herhangi bir iyileşme olmadığı sürece, para-  
metrelerin seçiminde de dikkatli olmak ve CPU-t yi gereksiz  
yere arttıracak biçimde parametreleri seçmemek gerekir.

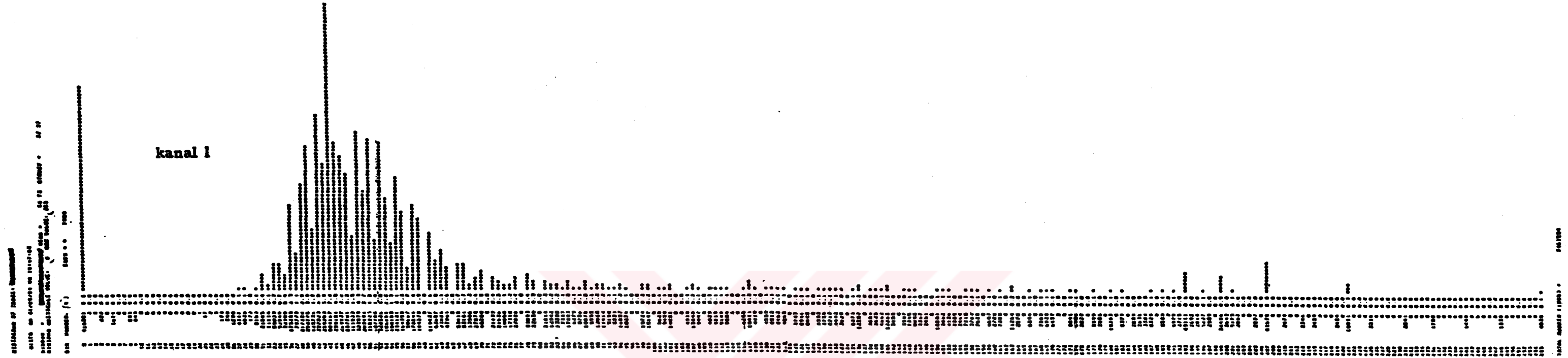
Su ile örtülü alanların incelenmesinde LANDSAT verile-  
rinin kullanılması ile olumlu sonuçlara varılmıştır, ancak  
LANDSAT MSS'in ayırtedebilme özelliğinin sınırlı olması, bu-  
na karşılık örneğin NOAA veya LANDSAT-4 TM'in çözebilirliği-  
nin daha küçük olması bunlarla özellikle sınıflandırma açı-  
sından daha olumlu sonuçlar elde edilmesini mümkün kılacak-

tır. Özellikle SPOT'un 20x20 m<sup>2</sup>'lik ayırma gücünü içeren ması nedeni ile, bu uydunun sağlayacağı avantajlar merakla beklenmektedir. Bu arada orjinal verilerin, klasik yöntemler uygulanarak dijital olarak işlenmeleri ile, görüntülerin dijital düşeye çevrilmeleri mümkündür(28),(29). Diğer aktüel bir konu da, verilerin belirli doğrultularda hatalı olmaları nedeni ile, doğrultulara bağlı sınıflandırma algoritmalarının geliştirilmesi(30) ve buna göre değerlendirmenin yapılmasıdır. Bu konuların herbiri ayrı birer geniş kapsamlı araştırma konuları niteliğindedir.

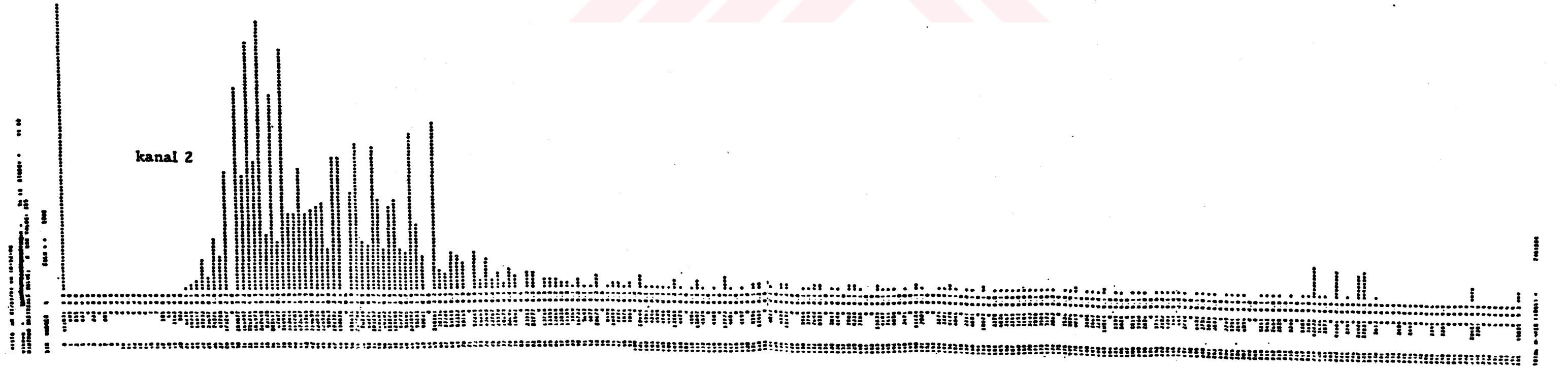


ek 1 : Marmara bölgesinde spektral dağılım

kanal 1



kanal 2





## KAYNAKLAR

- (1) American Society of Photogrammetry : Manual of Remote Sensing, Second Edition, Volume 1,2, Virginia, American Society of Photogrammetry 1983.
- (2) Sears,F.W.; Zemansky,M.W. : Üniversite Fizigi (Çeviren: Kürkçüoğlu,N.), İkinci Kısım, İstanbul, Matbaa Teknisyenleri Basımevi 1970.
- (3) American Society of Photogrammetry : Manual of Photogrammetry, Fourth Edition, Virginia, American Society of Photogrammetry 1980.
- (4) Swain,P.H. : Pattern Recognition: A Basis For Remote Sensing Analysis, LARS Information Note 111572, Purdue University, Lafayette 1972.
- (5) Pfeiffer,B. : Programmierung und Erprobung eines Klassifizierungsverfahrens mit dem Kriterium der grössten Wahrscheinlichkeit, Diplomarbeit, Univ.Karlsruhe, Institut für Photogrammetrie und Topographie, Karlsruhe 1977.



- (6) Aytaç,M. : Fotogrametri ve Uzaktan Algılamanın Türkiye'de Uygulanması, İ.Ü.Coğrafya Enstitüsü Dergisi, Sayı 23 den ayrı baskı, (1980), 161-170.
- (7) U.S.Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration : LANDSAT Data Users Notes, NOAA, Issue Number 27, 28, 29 June, September, December 1983.
- (8) U.S.Geological Survey : LANDSAT Data Users Handbook, Revised Edition, NOAA 1979.
- (9) Bähr,H.P. : Analyse der Geometrie auf Photodetektoren abgetasteter Aufnahmen von Erderkundungssatelliten, Dissertation, Hannover 1976.
- (10) Bähr,H.P. : Geometrische Modelle für Fernerkundungsdaten, Kontaktstudium Digitale Bildverarbeitung, (Anwendung in Photogrammetrie und Fernerkundung) Karlsruhe, (20-24 Februar 1984), N1-N20.
- (11) Dorothy,H. : Eye in the Sky, Introduction to Remote Sensing (Canada Science Series), Canada, Multiscience Publications Limited 1976.
- (12) Sabins,F.S.Jr. : Remote Sensing, Principles and Interpretation, San Francisco, W.H.Freeman and Company 1978.

- (13) Wiesel,J. : Auswertungen für das Flugzeugmessprogramm mit dem Digitalen Bildverarbeitungssystem DIDAK, FMP Symposium, (1978), 389-394.
- (14) Wiesel,J. : Hardware und Softwareaspekte, Kontaktstudium Digitale Bildverarbeitung, (Anwendung in Photogrammetrie und Fernerkundung), Karlsruhe, (20-24 Februar 1984), B1-B23.
- (15) Thies,A.E.; Winter,R.P.: Soil Salinisation in Semi-arid Regions, Proc.of the ISP Congress Hamburg, Com.VII, Volume XXIII, Part B8, (1980), 916-923.
- (16) Fernandez,S. : DIBIAS Handbuch, Digitales Interaktives Bildauswertungssystem. Abt.Digitale Bildverarbeitung. Wessling. Institut für Nachrichtentechnik der DFVLR 1976.
- (17) Fasler,F. : Ein Interaktives Bildinterpretationssystem, Proc. of the International Symposium on Remote Sensing for Observation and Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment, Volume 1, (July 2-8, 1978), 201-212.
- (18) Püskülcü,H.; Razbonyalı,A.M.; Küçüka,G.F.; Tabak,B. : LANDSAT uyduları aracılığı ile Uzaktan Algılanan Verilerin İşlenmesi ve GİP Görüntü İşleme Paketi, Bilişim 84 (Türkiye Bilişim Derneği 5.Ulusal Bilişim Kurultayı), Bildiriler, Yıldız Üniversitesi, TBD Yayınları No: 11, (8-9-10 Ekim 1984), 384-392.

- (19) Duran,F.S. : Büyük Atlas, Kanaat/Ders Yayınları, Genişletilmiş Yeni Baskı, Ünal Ofset A.Ş., (1982), 26-27.
- (20) Fasler,F.; Itten,K.I.; Staenz,K. : Improved Landuse Classification Through Principal Component Analysis Based on Category Statistics and Synthetic Variables, IEEE Digest Volume 1, 1982 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '82), (June 1-4, 1982 Munich), TP-9/1.1-1.5.
- (21) Odegaard,H.A. : Mapping Polar Vegetation at  
Ottesen,R. Spitsbergen by Use of LANDSAT, Proc. of the ISP, Com.VII, Vol. XXIII, Part B8, Hamburg, (1980), 723-733.
- (22) Vincent,R.K. : An ERTS Multispectral Scanner Experiment for Mapping Iron Compounds, Proc.of the 8th Int. Symp.on Remote Sensing of Environment, Ann. Arbor, (1972), MI, 1239-1247.
- (23) Maxwell,E.L. : Multivariate System Analysis of Multispectral Imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol XLII, No 9, (September 1976), 1173-1186.
- (24) Tucker,L.J. : Red and Photographic Infrared Linear Combination for Monitoring Vegetation. Remote Sensing of Environment, Vol.8, No 2, (1979), 127-150.

- (25) Maktav,D. : Programmierung eines Cluster-  
verfahrens mit der Euklidischen  
Distanz als Abstandsmass,  
Diplomarbeit, Universität  
Karlsruhe, Institut für  
Photogrammetrie und Topographie,  
Karlsruhe 1979.
- (26) Örmeci,C. : Eignung der Euklidischen  
Distanz Klassifikation von  
LANDSAT Daten für kleinflachige,  
gemischte Landnutzung -untersucht  
an Hand eines Beispiels aus dem  
Tal von Küçük Menderes/aus der  
Türkei, BUL (1982)/Heft 4, 131-  
137.
- (27) İnandık,H. : Türkiye Gölleri (Morfolojik ve  
Hidrolojik Özellikler), İ.Ü.Ya-  
yınlarından No 1155, Coğrafya  
Enstitüsü Yayın No 44, Baha Mat-  
baası, İstanbul 1965.
- (28) Kraus,K. : Die Entzerrung von Multi-  
spektラルbildern, BUL(1975)/Heft  
4, 129-134.
- (29) Wiesel,J. : Passpunktbestimmung und geomet-  
rische Genauigkeit bei der  
relativen Entzerrung von  
Abtastdaten, Dissertation DGK  
Reihe C, Heft Nr.268, München  
1981.
- (30) Pfeiffer,B. : Richtungsabhängiges Strahlungs-  
verhalten bei der Klassifizierung  
von Multispektralen Flugzeug-  
abtastdaten, Dissertation DGK,  
Reihe C, Heft Nr 290, München  
1983.

Bu alışmam boyunca her trl yardım ve desteğini grdğm değerli Hocam Prof.Mustafa Aytaç'a,alışmamın uygulama bölümünde Karlsruhe Teknik niversitesi IPT nin bilgisayar sisteminden ve diğer tüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Prof.Dr.W.Hofmann ve Prof .Dr.H.P.Bhr'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca filmlerden bazılarının banyosunda yardımlarını gördüğüm Yard.Doç.Dr.Oęuz Müftüoęlu'na,bazı şekillerin çizimlerindeki yardımları nedeni ile Müh.İsmail Cantekin'e ve tezin basılmasındaki titiz yardımları nedeni ile Sn. Türker eri'ye teşekkür ederim.

## Ö Z G E Ç M İ Ş İ M

3.3.1951 yılında Eskişehir'de doğdum.

İlkokul öğrenimimi 1958-1962 tarihleri arasında Adana İstiklâl İlkokulunda tamamladım.

Orta ve lise öğrenimimi de 1962-1970 tarihleri arasında İstanbul Alman Lisesinde tamamladıktan sonra 1979 da İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümüne kayıt oldum ve buradan 1975 yılında Mühendis diploması alarak mezun oldum.

1975-1976 yılında University College London, Department of Photogrammetry and Surveying'de öğrenim gördüm.

Daha sonra 1977 yılında İstanbul Belediyesi Harita Müdürlüğünde 8 ay süre ile mühendis teknik eleman olarak görev yaptım.

1977-1979 yılları arasında B.Almanya Karlsruhe Teknik Üniversitesi Fakültät für Bauingenieur-und Vermessungswesen, Fachrichtung: Vermessungswesen de öğrenim gördüm ve 1979'da Yüksek Mühendis diploması aldıktan sonra, aynı yıl İTÜ İnşaat Fakültesi Fotogrametri ve Dengeleme Kürsüsünde asistan olarak göreve başladım.

4 aylık askerlik görevimi 1982 yaz döneminde Denizli'de tamamladım.

1983-1984 yıllarında Karlsruhe Teknik Üniversitesi, Fotogrametri ve Topoğrafya Enstitüsünde doktora konuyla ilgili çalışmalarda bulunmak üzere 6 ay süre ile B.Almanya'da görevlendirildim.

Halen İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım ve evli olup bir kız çocuk babasıyım.

T. C.

Y. ...