

KÖRFEZLERDEKİ SU KALİTESİNİN

UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ YARDIMIYLA İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Filiz SUNAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Temmuz 1991

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Ekim 1991

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Cankut ÖRMECİ

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Erdoğan ÖRÜKLÜ
Doç.Dr. Derya MAKTAV**

EKİM 1991

**T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi**

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Programında gerçekleştirilen bu doktora çalışmasında uydu verileri yardımıyla körfezlerdeki su kalitesi ve kirlilik parametreleri irdelenmiştir.

Bu doktora çalışması süresince değerli bilgilerinden yararlandığım ve desteğini gördüğüm danışman hocam Prof.Dr. Cankut ÖRMECİ'ye, başta Prof.Dr. Einari KILPELÄ olmak üzere Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Grubunun diğer öğretim üyelerine ve başta Jussi PAAVILAINEN olmak üzere Helsinki Ulusal Ölçme Birliği, Uzaktan Algılama Bölümünün elemanlarına en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasındaki yardımlarından dolayı Prof.Dr. Risto KUITTINEN'ne, Yrjö SUCKSDORFF'a, Michael GABOR'a ve Pekka HERMA'ya çok teşekkür ederim.

Her an bana destek olan aileme ve arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
– NOTASYON LİSTESİ	v
– ŞEKİL LİSTESİ	vii
– TABLO LİSTESİ	xii
– ÖZET	xiv
– SUMMARY	xv
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. SPEKTRAL IŞINIM ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRMA	3
2.1. Elektromanyetik Spektrum	3
2.2. Atmosferik Etkileşim ve Spektral Özellikler	4
2.3. Sınıflandırma	6
2.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma	9
2.3.2. Kontrollü Sınıflandırma	11
BÖLÜM 3. ÇALIŞMADA KULLANILAN UZAKTAN ALGILAMA UYDU SİSTEMLERİ	14
3.1. LANDSAT Uydu Sistemi ve Özellikleri	14
3.2. NOAA/AVHRR Uydu Sistemi ve Özellikleri	16
3.3. Uydulardaki Algılayıcılar ve Verilerin Elde Edilmesi	16
3.4. Algılama Arızaları ve Giderilme Yöntemleri	19
BÖLÜM 4. GÖRÜNTÜ VERİLERİNİN BİLGİSAYARDA İŞLENMESİ	24
4.1. Kullanılan Dijital Veri Değerlendirme Sistemi	24
4.2. Sistemdeki Görüntü İşleme Yazılımı	24
BÖLÜM 5. UYGULAMALAR	27
5.1. UYGULAMA I (İZMİT KÖRFEZİ)	27
5.1.1. İncelenen Bölgenin Coğrafi Sınırları ve Bölge ile İlgili LANDSAT-5 TM Teknik Verileri	27

5.1.2. İncelenen Bölgede Kirletici Kaynakların Dağılımı ve Su Kalitesine İlişkin Teknik Raporlar	29
5.1.3. İncelenen Bölgede Sınıflandırma Uygulaması	39
5.1.3.1. Spektral Özelliklerin Bölgede Dağılımı	40
5.1.3.2. Dijital Görüntü Zenginleştirimi	44
5.1.3.3. Kullanılan Sınıflandırma Yöntemlerinin Farklı Bant Kombinasyonlarına Uygulanması	49
5.1.3.4. Kullanılan Sınıflandırma Yöntemlerinin Farklı Bant Oranlarını İçeren Kombinasyonlara Uygulanması	52
5.2. UYGULAMA II (FİNLANDİYA KÖRFEZİ)	53
5.2.1. İncelenen Bölgenin Coğrafi Sınırları ve Bölge ile İlgili NOAA/AVHRR Teknik Verileri	53
5.2.2. İncelenen Bölgede Kirletici Kaynakların Dağılımı ve Yer - Doğruluklu Ölçümler	55
5.2.3. İncelenen Bölgede Sınıflandırma Uygulaması	59
5.2.3.1. NOAA/AVHRR Kanal Kalibrasyonu	59
5.2.3.2. Spektral Özelliklerin Bölgede Dağılımı	62
5.2.3.3. Görüntü Verilerinin Düşeye Çevrilmesi	63
5.2.3.4. Orijinal/Kalibre Edilmiş Görüntü Verileri ile Yer Doğruluklu Ölçümlerin İstatistiksel Değerlendirmesi	65
5.2.3.5. İncelenen Bölgede Su Kalite Parametreleri için Sınıflandırılmış Görüntüler	73
BÖLÜM 6. SONUÇLAR	77
– KAYNAKLAR	79
– EKLER	81
– ÖZGEÇMİŞ	111

NOTASYON LİSTESİ

μ	: Dalga boyu
n	: Boyut (Bant)
x_i, y_i	: n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri
E	: n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki uzaklık
$h(X)$	: Lineer diskriminant fonksiyonu
X	: Görüntü elemanının spektral değeri
V^T	: Lineer diskriminant fonksiyonu katsayıları
v_0	: Eşik değeri
W_i	: Spektral sınıflar
N	: X sayaç değerine sahip bir hedefin ışıınımı
G	: Kanal kazancı
I	: Kanal kaybı
N_{uzay}	: Uzay ışıınımı
$N_{\bar{T}}$	: İç kıyaslama hedef ışıınımı
$\bar{X}_{uzay}$	: Algılayıcının uzayı gözlediği andaki ortalama çıktı sayaç değeri
$\bar{X}_{\bar{T}}$	: Algılayıcının iç kıyaslama hedefini gözlediği andaki ortalama çıktı sayaç değeri
$\bar{X}_i$	: $i = 0,1,2,3,4$ olmak üzere Platin Resistans Termometre(PRT) için ortalama sayaç değeri
$T_i(^{\circ}K)$	: PRT_i den hesaplanan iç kıyaslama hedefinin sıcaklığı
a_{ij}	: Dönüştürme algoritmaları katsayıları
$\bar{T}$	: İç kıyaslama hedef sıcaklıklarının ($^{\circ}K$) ortalaması
b_i	: Her PRT için ağırlık faktörü
$N(T)$	: $T(^{\circ}K)$ sıcaklığındaki iç kıyaslama hedefinin ışıınımı
$\beta(\nu, \bar{T})$	: Planck fonksiyonu
ν	: Dalga boyu değeri
$\phi(\nu)$	: Normlaştırılmış karşılık fonksiyonu
ν_1, ν_n	: Karşılık fonksiyonunun sınırlarındaki dalga boyu değerleri
A	: Hedefin albedo yüzdesi

(x, y)	: Görüntü koordinatları (satır, sütun)
(X, Y)	: Yer koordinatları (harita)
f_1, f_2	: Dönüşüm fonksiyonları
$\bar{Y}$	: Y rastgele değişkeninin ortalama değeri
$\bar{X}$	: X değişkeninin ortalama değeri
b_1	: Tahmin değeri
$\hat{Y}$	: Regresyon eşitliği değeri
R^2	: Korelasyon katsayısı
s^2	: Varyans
(SS)	: Kareler toplamı
(MS)	: Ortalama hata



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2-1 : Bir uzaktan algılama sistemi.	3
Şekil 2-2 : Elektromanyetik spektrum.	4
Şekil 2-3 : Kuru (K) ve nemli (N) koşullar altında açık (A) ve koyu (K) renkli toprağın iki doğrultulu yansıtması.	5
Şekil 2-4 : Su ile güneş ışıınının karşılıklı etkileşimi.	6
Şekil 2-5 : İki boyutlu uzayda görüntü elemanlarının dağılımı.	10
Şekil 2-6 : Kontrollü sınıflandırmadaki temel adımlar.	11
Şekil 2-7 : En Çok Benzerlik sınıflandırma yöntemiyle tanımlanmış olan olasılık yoğunluk fonksiyonları.	12
Şekil 3-1 : İstanbul ve Marmara Denizi Çevresinin 12/6/1984' de LANDSAT-5 TM'den alınan doğal renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3).	19
Şekil 3-2 : Finlandiya körfezi ve çevresinin 25/6/1990'da NOAA/AVHRR'den alınan yanlış renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3).	20
Şekil 3-3 : 27/6/1990'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsünde şeritsel görüntü bozukluğu (Bant 3).	21
Şekil 3-4 : 27/6/1990'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsünde hatalı satırlara ait orijinal dijital değerler.	22

Şekil 3-5	: 27/6/1990'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsündeki şeritsel görüntü bozukluğunun giderilmesi (Bant 3).	22
Şekil 3-6	: 27/6/1990'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsünde düzeltme işlemi neticesinde oluşan yapay dijital değerli satırlar.	23
Şekil 4-1	: Görüntü işleme merkezinin şematik gösterilimi.	25
Şekil 4-2	: Sistemdeki iki ana bilgisayar ünitesi.	25
Şekil 5-1	: 1:50 000 ölçeğindeki bir harita üzerinde LANDSAT-5 TM görüntüsünde incelenen alanın konumu.	28
Şekil 5-2	: 12/6/1984 tarihli LANDSAT-5 TM görüntüsünde incelenen alanın sınırları (Bant 1, 2, 3).	29
Şekil 5-3	: İncelenen bölgede endüstrilerin dağılımı.	30
Şekil 5-4	: Yaz mevsimi alt ve üst tabaka sirkülasyonları.	33
Şekil 5-5	: Körfezin dip topoğrafyasının durumu.	34
Şekil 5-6	: İncelenen alanda seçilen kontrol bölgeleri.	39
Şekil 5-7	: Bir tarama satırı boyunca algılanan seçilmiş MSS verileri. Kanallar şu spektral bantları içermektedir ; Bant 1 : Mavi, Bant 2 : Yeşil, Bant 3 : Kırmızı, Bant 4 : Yakın kızılötesi, Bant 5 : Isıl kızılötesi.	41
Şekil 5-8	: İncelenen bölgede spektral verilerin histogramı.	42
Şekil 5-9	: İncelenen bölgede suya ait spektral verilerin histogramı.	42

Şekil 5-10 : Görüntü elemanlarının özellik uzayındaki dağılımı (X = Kanal 1, Y = Kanal 5).	43
Şekil 5-11(a) : İncelenen körfez alanının lineer kontrast yayılımın- dan önce ve sonraki histogramları (Kanal 1).	44
Şekil 5-11(b) : İncelenen körfez alanının lineer kontrast yayılımın- dan önce ve sonraki görüntüleri (Kanal 1).	45
Şekil 5-12(a) : İncelenen körfez alanının kenar zenginleştiriminden önceki görüntüsü (Kanal 3).	46
Şekil 5-12(b) : İncelenen körfez alanının kenar zenginleştiriminden sonraki görüntüsü (Kanal 3).	47
Şekil 5-13 : İncelenen bölgede orantı görüntülerinin renkli bile- şimi (Bant 1/3, Bant 5/4, Bant 2/5).	48
Şekil 5-14 : İncelenen bölgede matematiksel bir bağıntıdan elde edilen sonuç görüntüsü ((Bant 1 + Bant 2 + Bant 3 + Bant 4)/4).	49
Şekil 5-15 : İncelenen bölgede Bant 4 ve 5'e ait Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 1) ve Gauss En Çok Ben- zerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması sonuç görüntüleri.	50
Şekil 5-16 : İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 4) sınıf- landırması ve model zenginleştirimi.	50
Şekil 5-17 : İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Gauss En Çok Benzerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması ve model zenginleştirimi.	51

Şekil 5-18	: İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Lineer Diskriminant Fonksiyonu ile sınıflandırma ve model zenginleştirimi.	51
Şekil 5-19	: İncelenen bölgenin Bant 5/3, Bant 5/4 ve Bant 2/3 oranlarını içeren kombinasyonunda Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 8) ve Gauss En Çok Benzerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması.	52
Şekil 5-20	: Finlandiya körfezi, çevresi ve incelenen alanın konumu.	53
Şekil 5-21	: İncelenen bölge ve dip topoğrafyası.	54
Şekil 5-22	: İncelenen bölgenin orta kızılötesi bölgeye ait görüntüsü (Zoom faktör : 3).	55
Şekil 5-23	: Örnekleme istasyonları ile akıntı vektörleri ve bileşenlerinin doğrultuları (S : Takımadalar bölgesi, M : Deniz bölgesi, A : Açık deniz).	56
Şekil 5-24	: Farklı istasyonlardaki örnekleme tarihleri. Ayrıca Mayıs'ta (İst. 33), Ekim'de (İst. 14, 15, 17, 28 ve 34) ve Kasım'da (İst. 18 ve 19) ek örnekleme yapılmaktadır.	56
Şekil 5-25	: 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR IR kanal kalibrasyonu yapılmış sonuç görüntüsü (Kanal 4 : Sıcaklık).	61
Şekil 5-26	: 25/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR orijinal görüntü verilerinin spektral dağılımı.	62
Şekil 5-27	: 25/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kanal kalibrasyonu yapılmış görüntü verilerinin spektral dağılımı.	63

Şekil 5-28	: 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR görüntüsünde orijinal verilerin düşeye çevrilmiş sonuç görüntüsü (Kanal = 3).	65
Şekil 5-29	: 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kanal kalibrasyonu yapılmış görüntü verilerinin düşeye çevrilmiş sonuç görüntüsü (Kanal = 4).	65
Şekil 5-30	: 7 numaralı istasyonun konumu (1:50 000) ve 3 x 3 lük piksel bazındaki yansıtma değerleri.	68
Şekil 5-31	: 25/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin klorofil-a için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 1, Pembe : 20, Koyu yeşil : 21, Koyu mavi : 22, Beyaz : 23, Koyu grimsi mavi : 24, Koyu pembe : 25, Açık yeşil : 26, Sarı : 27).	75
Şekil 5-32	: 26/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin klorofil-a için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 2, Yeşil : 7, Koyu mavi : 8, Koyu kırmızı : 9, Kirli sarı : 10, Yavru ağzı : 11, Gri : 12, Sarı : 13, Pembe : 14, Açık mor : 15, Cam göbeği mavi : 16).	75
Şekil 5-33	: 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin sıcaklık için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 5, Koyu mavi : 15, Koyu pembe : 14, Kırmızı : 13, Koyu grimsi mavi : 12, Koyu kırmızı : 11, Nefti yeşil : 10).	76
Şekil C. 1	: Regresyon analizine ait bir uygulama örneğinin sonuç grafiği.	110

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2-1 : Fiziksel su kalitesi karakteristiklerinin uzaktan algılanmasına etki eden değişkenler.	7
Tablo 3-1 : LANDSAT yörünge parametreleri.	15
Tablo 3-2 : TM algılayıcısıyla kaydedilen dalga boyları ve özellikleri.	18
Tablo 5-1 : İzmit körfezinin fiziksel özellikleri.	27
Tablo 5-2 : 12/6/1984 tarihli LANDSAT-5 TM görüntüsüne ait teknik bilgiler.	28
Tablo 5-3 : Estetik kullanım kalite ölçütleri ve İzmit körfezindeki halihazır durum.	35
Tablo 5-4 : Yüzme ve eğlence kalite ölçütleri ve İzmit körfezindeki halihazır durum.	35
Tablo 5-5 : Balık yaşamı kalite ölçütleri ve İzmit körfezindeki halihazır durum.	36
Tablo 5-6 : İzmit körfezinde çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimi (mg/l).	37
Tablo 5-7 : İzmit körfezinde O-PO ₄ (fosfor) ve t-PO ₄ (azot) ün mevsimsel değişimi (mg-p/l).	37
Tablo 5-8 : İzmit körfezinde toplam koliformun mevsimsel değişimi (sayı/100 ml).	37

Tablo 5-9 : İzmit körfezinde klorofil-a'nın boyuna değişimi (mg/m^3) ve Seki Diski derinlik ölçümleri (m).	38
Tablo 5-10 : İzmit körfezinde 1984 yılında ölçülen kimyasal parametreler.	38
Tablo 5-11 : 25, 26 ve 27 Haziran 1990 tarihlerinde alınan NOAA/AVHRR görüntülerine ait teknik bilgiler.	54
Tablo 5-12 : İncelenen alanda Haziran 1990'a ait sıcaklık ve klorofil-a ölçümleri.	58
Tablo 5-13 : 25, 26 ve 27 Haziran 1990 tarihlerinde farklı gözleme istasyonlarına ait NOAA/AVHRR dijital değerleri.	67
Tablo 5-14 : Farklı tarihlerde farklı gözleme istasyonlarından alınan klorofil-a ölçme değerleri ile bu istasyonların NOAA/AVHRR görüntüsünden alınan dijital yansıtma değerleri arasında yapılmış olan regresyon analizlerinin sonuçları.	69
Tablo 5-15 : 25, 26 ve 27 Haziran 1990 tarihlerinde farklı gözleme istasyonlarına ait kalibre edilmiş değerler.	71
Tablo 5-16 : Farklı tarihlerde farklı gözleme istasyonlarından alınan klorofil-a ve sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ölçme değerleri ile bu istasyonların kalibre edilmiş NOAA/AVHRR görüntülerinden alınan değerleri arasında yapılmış olan regresyon analizlerinin sonuçları.	72
Tablo 5-17 : Bitki örtüsü indeksinin kullanımıyla elde edilen regresyon analizi sonuçları.	74
Tablo C. 1 : Regresyon analizinde kullanılan 25/6/90 tarihine ait ölçü değerleri.	109
Tablo C. 2 : İstatistiksel hata değerlendirimi.	109

ÖZET

Uzaktan algılama, yeryüzündeki kaynakların yönetimi, doğal ve kültürel çevrenin gözlenmesi ve haritalama amaçlarına yönelik olup, uzaya fırlatılan uydular aracılığıyla hızlı, doğruluklu ve konvansiyonel ölçme yöntemlerine kıyasla daha az maliyetli, detaylı ve/veya genel kapsamlı bir araştırma olanağı sunmaktadır. Bu çalışmada da, günümüzde özellikle yerleşim ve endüstri bölgelerinde tehlikeli boyutlara ulaşan su kirliliği ve buna bağlı olan kirlilik parametrelerinin incelenmesi esas alınmış olup İzmit Körfezi ile Finlandiya körfezinde seçilen bölgelerde su-kalitesi irdelenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, uzaktan algılamanın kısa bir tanımı verildikten sonra çalışmanın genel amacı ile değerlendirmede göz önüne alınan kriterler kısaca belirtilmiştir.

Daha sonra elektromanyetik spektrum ve spektral özellikler (özellikle su cismi için) ile kısaca kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri açıklanmıştır.

Veriler LANDSAT ve NOAA uydularından alındığından, bu uyduların özellikleri, taşıdıkları algılayıcılar, veri elde edilimi, algılama arızaları ve giderilme yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde, kullanılan dijital veri değerlendirme sistemi, görüntü işleme yazılımı ve görüntü elde etme işlemi açıklanmıştır.

Uygulama bölümü olan beşinci bölüm iki kısımda sunulmuştur. İlk kısım, LANDSAT-5 TM verileri ile İzmit körfezinde seçilen inceleme bölgesinde su kalitesinin irdelenmesidir. Bu bölümde, bölgede TÜBİTAK ve İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından yapılmış olan su kalitesinin ve buna bağlı kirlilik parametrelerinin dağılımına ilişkin teknik raporlar, bölgedeki spektral verilerin dağılımını gösteren histogramlar, dijital görüntü zenginleştirme yöntemleri ile farklı bant kombinasyonları ve bant oranlarına uygulanmış olan sınıflandırma yöntemleri örnekler ve resimler ile sunulmuştur. Uygulama bölümünün ikinci kısmı, ardı sıralı 3 gün için elde edilmiş olan NOAA/AVHRR uydu verileri aracılığıyla Finlandiya körfezinde seçilen bölge için su kalitesinin değerlendirmesini içermektedir. Bu bölümde, uydu verilerinin elde edildiği tarihler (25, 26 ve 27 Haziran 90) için bölgedeki gözleme istasyonlarından elde edilen yer doğruluklu ölçümler, uydu verilerinin spektral dağılımını gösteren histogramlar, uydu verilerine kanal kalibrasyonunun uygulanması ve düşeye çevrilmesi, orijinal/kalibre edilmiş uydu görüntü verileri ile yer doğruluklu ölçümler arasındaki korelasyonu irdelleyen istatistiksel değerlendirmenin lineer regresyon analizi yardımıyla gerçekleştirimi ile bölgenin sıcaklık ve klorofil-a parametreleri için yapılan sınıflandırma sonuçları grafik, tablo ve resimler aracılığıyla örnekler üzerinde açıklanmıştır.

Son bölüm, çalışmada yapılmış olan iki uygulama örneğinin sonuç irdelenmesini içermektedir.

Bu çalışmanın uygulama bölümleri Helsinki Teknoloji Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Enstitüsü ile Finlandiya Ulusal Ölçme Birliği, Uzaktan Algılama Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

THE EVALUATION OF WATER-QUALITY IN THE BAYS BY SATELLITE IMAGES

SUMMARY

The Earth is the only planet known to support life. The Earth's energy balance, climate, biochemistry and cycling of chemical elements and water are affected by the abundance, distribution and function of terrestrial biota in processes of global significance will require interdisciplinary cooperation, a global perspective and new research strategies. Remote Sensing provides the global perspective and is destined to be a key tool in developing new strategies and methodologies.

Remote Sensing is defined as acquisition of information about the condition and/or the state of target by a sensor that is not in direct physical contact with it. A Remote Sensing system consists of four components: a source, interactions with the Earth's surface, interaction with the atmosphere and a sensor. Electromagnetic radiation is the link between the components of the remote sensing system. Electromagnetic radiation occurs as a continuum of wavelengths and frequencies from short wavelength, high frequency cosmic waves to long wavelength, low frequency radio waves. In remote sensing, mostly, visible and near infrared radiation in the waveband 0,4 - 3 μm , infrared radiation in the waveband 3 - 14 μm and microwave radiation in the waveband 5 - 500 mm are used. The sun is a natural source of electromagnetic radiation. The radiant solar energy that reaches the Earth's surface is composed of direct solar beam and diffuse-sky radiation. The diffuse component results from propagation through the atmosphere. A portion of the total (direct + diffuse) incident solar energy that reaches the Earth's surface is absorbed by the surface and the rest is reflected back toward the atmosphere. The quantity and quality of the reflected component depends on the condition and state of the surface. The reflected radiation from the surface is measured as a function of wavelength by radiometers, scanners and spectrometers that are mounted on ground-based, airborne, or spaceborne platforms.

Detection of variations in reflectance between objects is dependent upon four interrelated factors; the radiometric resolution of the sensor, the amount of atmospheric scatter, the surface roughness of the objects and the spatial variability of reflectance within the scene. First, sensors vary in their ability to detect differences in radiance. For example, on board the satellite LANDSAT - 5 the scanning radiometer called the Thematic Mapper can detect 256 levels of radiance. Second, atmospheric scatter increases the amount of radiance received by the sensor for each object and as a result the contrast between objects is reduced. Third, surface roughness is of importance the surface needs to be rough enough to allow radiation to interact with the surface of the objects. Fourth, the spatial variability of the scene is of importance because the radiance recorded from an area of ground also contains radiance from the surroundings areas. The remotely sensed information recorded as a photographs or magnetic tapes or other data storage media, is then used to characterize the condition/state of the surface at the time of measurements. To archive this information in a digital image format is the most common form of storage because of the increased amount of information that can be extracted from the data. A digital image

format is a matrix whose row and column indices identify a point in the image and the corresponding matrix element value identifies the gray level at that point as shown in equation below where each element of the array is a discrete quantity:

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix}$$

To extract all the available information relevant to a given theme, the digital image processing techniques applied to digital image data. Digital image processing involves the manipulation and interpretation of digital images with the aid of a computer. This processing can be divided into the following four phases:

- Preprocessing.
- Image enhancement.
- Image classification.
- Data merging.

The term "preprocessing" covers all those operations intended to correct known distortions in the image and to yield a document or support suitable for preliminary direct analysis. The energy levels recorded on board a platform are not a direct function of the terrain observed; they are modified by the atmosphere, sunlight and other sources of interference. To overcome these difficulties, all measurements must be corrected and all images rectified.

In order to more effectively display or record data for subsequent visual interpretation, image enhancement procedures are applied to image data. The objective is to increase the amount of information that can be visually interpreted from the data. The most commonly applied digital enhancement techniques can be categorized as contrast manipulation, spatial feature manipulation or multi-image manipulation.

1. Contrast manipulation : Gray-level thresholding, level slicing, and contrast stretching.
2. Spatial feature manipulation : Spatial filtering, edge enhancement, and Fourier analysis.
3. Multi-image manipulation : Multispectral band ratioing and differencing, principal components, canonical components, vegetation components, and intensity - hue-saturation color space transformations.

The objective of image classification operations is to replace visual analysis of the image data with quantitative techniques for automating the identification of features in a scene. Image classification involves the analysis of multispectral image data and the application of statistically based decision rules for determining the land cover identity of each pixel in an image. There are two main approach for classification. First one, in the supervised approach, useful information categories are defined and then their spectral separability are examined; the other one, in the unsupervised approach, spectrally separable classes are determined and then their informational utility are defined. The classes due to based on the natural groupings in the image values. Therefore, the analyst must compare the classified data with some form of reference data (such as larger scale imagery or maps) to determine the identity and informational value of the spectral classes. For the supervised classification, there are three basic steps. In the training stage(1), representative training areas are identified and a numerical description of the spectral attributes of each land cover type of interest in the scene is developed. Hence, the overall objective of the training process is to assemble a set of statistics that describe the spectral response pattern for each land cover type. Next, in the classification stage(2), each pixel in the image data set is categorized into the land cover class it most closely resembles. If the pixel is unsufficiently similar to any training data set it is usually labeled "unknown". After entire data set has been categorized, the results are presented in the output stage(3). Three typical forms of output products are thematic maps, tables of full scene or subscene area statistics for the various land cover classes, and digital data files amenable to inclusion in a geographic information system (GIS).

There are several classifiers for both type of classification process. Usually the most accurate supervised classifier which is also used in this study, is Maximum Likelihood classifier. In this classification process, first it is calculated the mean vector, variance and correlation for each land cover class in the training data, on the usually valid assumption that the data for each class are normally distributed. With this information the spread of pixels around each mean vector can be described using a probability function. Pixels from the whole data set are allocated to the class with which they have the highest probability of membership.

Combining image data for a given geographic area with other geographically referenced data sets for the same area are called data merging. Other data sets might consist of image data generated on other dates by the same sensor or by other remote sensing systems.

Since the launching of LANDSAT - 1 in 1972, remote sensing has proved valuable in various fields such as geology, hydrology, forestry, oceanography, etc. The current LANDSAT satellites named LANDSAT - 4 and - 5 (LANDSAT D') were launched into repetitive, circular, sun-synchronous, near-polar orbits. The satellite orbit is at an altitude of 705 km. Either the multispectral scanner (MSS) or the thematic mapper (TM) sensors are carried on this satellites. Direct transmission of MSS and TM data to ground receiving stations is made possible via the antennas onboard the satellite. The TM is a highly advanced multispectral scanner incorporating a number of spectral, radiometric, and geometric design improvements relative to the MSS. Spectral improvements include the acquisition of data in seven bands instead of four, with new bands in the visible (blue), mid-infrared, and thermal portions of the spectrum. Radiometrically, the TM performs its onboard analog-to-digital signal conversion over a quantization range of 256 digital numbers. Geometrically, TM data resolution is a 30 x 30 m instead of 79 x 79 m. The main advantages offered by the imagery collected from this LANDSAT satellites are ready availability for most of the world, repetitive multispectral coverage and minimal image distortion.

LANDSAT data initially used to obtain a synoptic view of a large area of the Earth's surface for interpretation with aid of aerial photographic interpretation techniques. But today, due to remarkable advantage of the digital image processing of remote sensing data, the monitoring of marine environments especially coastal areas has become one of the most effective and upto-date observation techniques. Due to close proximity to urban and industrial areas, sea water is subject to increasing pollution. Besides LANDSAT satellite images, NOAA meteorological satellite images also have confirmed the ability to detect color variations in the water and in many cases to relate these to specific pollutants or sources for water-quality monitoring applications. This NOAA meteorological satellite has an orbit similar to that of the LANDSAT satellite which is near polar and sun-synchronous, at an altitude of 830 km. But these satellite carry an Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) which has a spatial resolution of 1,1 km and a swath width of 3000 km. Water quality can be defined in terms of the concentration of its chemical constituent relative to a variety of potential uses.

The feasibility of using remotely sensed data for water quality measurements must be assessed by considering the principles of light and water interaction. Spectral characteristics of water vary with wavelength and are the result of not only the molecular nature of water but also impurities within the water body. Variables that can affect remote sensing of physical water-quality characteristics are time of year, sun-elevation angle, aerosol and molecular content of atmosphere, specular reflection of skylight from water surface, roughness of water surface, film, foam, debris, or floating plants on water surface, water colour, water turbidity, reflectance and absorptance characteristics of suspended particles, multiple reflections and scattering of solar energy in water, depth of water and reflectance of bottom sediments and submerged or emergent vegetation. By using with the appropriate sea-truth data, the satellite images are capable of providing a comprehensive, objective, rapidly acquired, wide area synoptic coverage of water bodies for water quality evaluations.

In this study, water quality has been examined by using satellite images in the İzmit Bay (with a LANDSAT-5 TM image) and the Gulf of Finland (with 3 sequent NOAA/AVHRR images) in the National Board of Survey, Remote Sensing Section, Finland.

In the first part of this thesis, the spectral radiation characteristics (especially for water bodies) and spectral classification methods (supervised and unsupervised) have been explained.

In the second part, a short explanation of the LANDSAT and NOAA satellites programme, the characteristics of satellites and sensors, acquisition of data, and scanning disturbances and its correction techniques have been given.

In the following part, the digital image processing system and image processing software, called DISIMP (Device-Independent Software for Image Processing), that provide comprehensive facilities for analyzing multispectral images from satellites have been described.

The fourth part, application part of the thesis, has been divided into two parts. First part has contained the evaluation of water quality in İzmit Bay with LANDSAT - 5 TM data. For that, technical reports related to water quality and the distribution of pollution sources in studied area, the examination of the histograms which show the distribution of the spectral data, digital image enhancement techniques (contrast manipulation, spatial feature manipulation and multi-image manipulation), and classification methods (Euclidean Distance, Maximum Likelihood and

Linear Discriminant Analysis) applied to different band combinations and band ratios have been showed. Second part has involved the application done in the Gulf of Finland by using NOAA/AVHRR images. In this part, the distribution of the pollution parameters and the sea-truth data collected in the same days when 3 sequent NOAA/AVHRR images (25, 26, and 27 June 1990) obtained, the examination of the histograms related to the distribution of the spectral data, the calibration of the original image data (for chlorophyll-a and temperature parameters), rectification of the images, the statistical evaluation of the original/calibrated data with sea-truth data using linear regression analysis, and color-coded mapping of water quality parameters in studied area have been examined.

The final evaluation of these two applications has been given in the last part of this thesis. Factors that must be evaluated in deciding upon satellite surveillance of water-quality are feasibility, cost and value of information content. Although satellite remote sensing may not compare favourably with conventional procedures, the results showed that satellite data can provide a reasonably good estimate for the evaluations of water supply which is a topic that must concern everyone on the surface of this planet.



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yaşama imkanı bulunan tek gezegen olan dünyamız, yaşamsal fonksiyonların artımı ve dağılımının bir sonucu olarak, günümüzde, enerji dengesi, iklimi, biokimyası ve kimyasal elementler ile suyun oluşturduğu döngü açısından yeni kaynakların araştırılması ve incelenmesi zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, Uzaktan Algılama bilimi, uzaya fırlatılan uydulardan elde edilen görüntüler aracılığıyla yeni kaynakların araştırılması ve geliştirilmesinde bir çözüm olanağı sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, yeryüzünde gözlenen bir hedefin durumu ve/veya koşulları hakkında direkt fiziksel bir temas olmaksızın bilgi elde etme olanağını sağlayan uzaktan algılama bilimi, 1972 yılında uzaya fırlatılan LANDSAT (Land Satellite - Yer Uydusu) uyduları aracılığıyla jeoloji, hidroloji, oşinografi vb. gibi birçok alanda geniş kapsamlı uygulama olanaklarını sunmaktadır.

Uydulardan elde edilen veriler daha sonra bilgisayarda uygun dijital görüntü işleme prosedürleri yardımıyla dijital ve/veya görsel olarak yorumlanabilmektedir. Dijital olarak işlenmiş uzaktan algılama verileri, su kaynaklarının -özellikle kıyı bölgelerinde- gözlenmesinde en etkili ve güncel gözleme tekniği olarak günümüzde endüstri ve yerleşim bölgelerinde tehlikeli boyutlara ulaşan su kirliliği ve buna bağlı olan su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada da önce İzmit Körfezi'nde $29^{\circ} 40' - 29^{\circ} 50'$ kuzey enlem ve $40^{\circ} 38' - 40^{\circ} 50'$ doğu boylamlar arasında kalan bölgede su kalitesi LANDSAT uyduları dizisinden LANDSAT-5 TM (Thematic Mapper - Tematik Haritalayıcı) ile elde edilen dijital görüntü verileri yardımıyla incelenmiştir. Değerlendirme, gerek verilerin spektral dağılımını gösteren histogramların incelenmesi, gerekse de uygulanan görüntü zenginleştirme tekniklerinin sonunda elde edilen görüntülerin görsel veya çeşitli sınıflandırma algoritmaları yardımıyla dijital olarak yorumlanmasıyla yapılmıştır. İncelenen bölgede TÜBİTAK ve İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği tarafından hazırlanmış olan teknik raporlarda göz önüne alınarak körfezde su kalitesi açısından sonuç irdelemesi yapılmıştır.

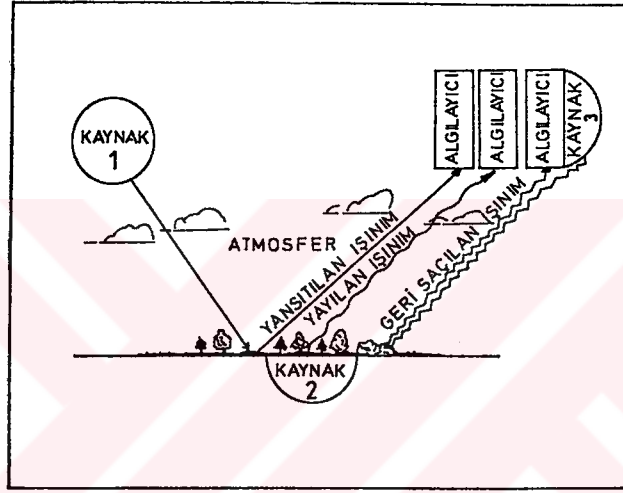
Çalışmanın uygulama bölümünün ikinci kısmında, su kalitesine ilişkin

değerlendirim, NOAA/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration /Advanced Very High Resolution Radiometer - Ulusal Okyanus ve Atmosfer Araştırma Dairesi / Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre) uydusundan 3 ardı sıralı gün için elde edilen uydu görüntüleri ile Finlandiya Körfezi'nde $26^{\circ} 25'$ - $27^{\circ} 20'$ kuzey enlem ve $60^{\circ} 20'$ - $60^{\circ} 35'$ doğu boylamlar arasında kalan bölgede yapılmıştır. Uydu verilerinin elde edildiği tarihlerde inceleme bölgesindeki gözleme istasyonlarından yer doğruluklu ölçme verileri elde edilmiş olduğundan öncelikle uydu görüntüleri düşeye çevrilmiş ve orijinal veriler ile yer doğruluklu ölçümler arasında lineer regresyon analizi yardımıyla istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra uydu verilerine kanal kalibrasyonu uygulanarak, düşeye çevrilmiş ve istatistiksel değerlendirme bir kezde kalibre edilmiş veriler ile yer doğruluklu ölçümler için yinelenmiştir. Son olarak da, bölgenin klorofil-a ve sıcaklık parametreleri için sınıflandırılmış görüntüleri hazırlanmıştır.



BÖLÜM 2. SPEKTRAL IŞINIM ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRMA

Elektromanyetik ışınımın esas olduğu bir uzaktan algılama sistemi dört bileşeni içerir; bir ışın kaynağı, yeryüzü ile karşılıklı etkileşim, atmosfer ile karşılıklı etkileşim ve bir algılayıcı. Bu sistemin bileşenleri arasındaki bağlantı elektromanyetik enerjidir. (Şekil 2-1) [1]



Şekil 2-1 : Bir uzaktan algılama sistemi. [1]

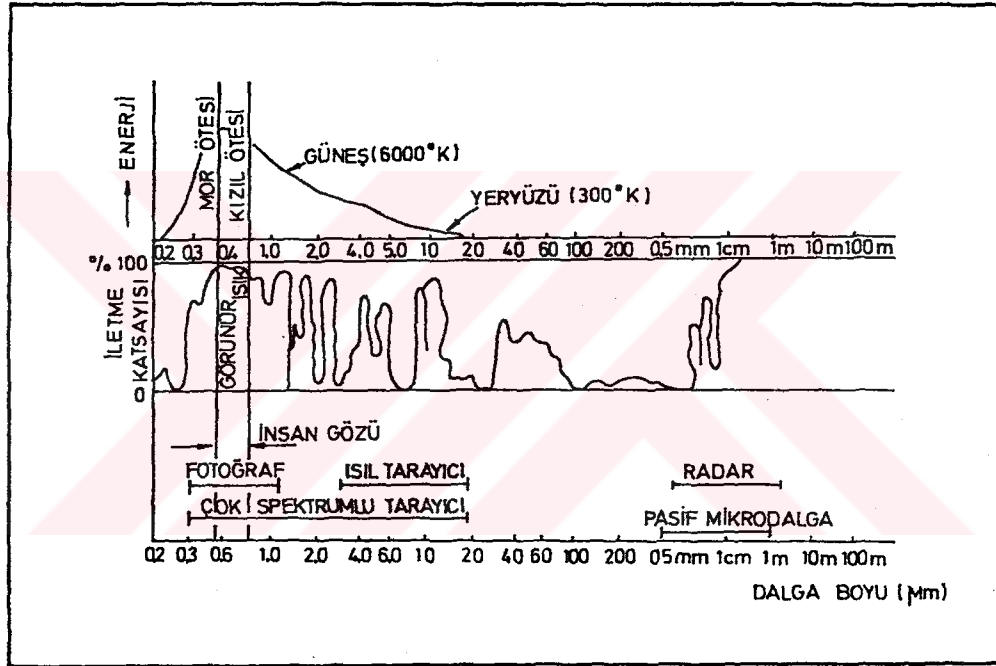
Farklı doğrultulardan yayılan elektromanyetik ışınımı algılayan algılayıcılar görüntüleri oluştururlar (analog veya dijital). Bir görüntü, farklı cisimlerden yayılan farklı karakteristikteki ışınımı gösterir. Elde edilen bu görüntülerden istenilen bilgilerin elde edilmesi için görüntüler çeşitli dijital işleme prosedürlerinden geçirilirler. Bu işleme prosedürlerinden biri de farklı spektral özelliklere sahip cisimlerin farklı gruplara ayrıldığı sınıflandırma işlemidir.

2.1. Elektromanyetik Spektrum

Uzaktan algılamada ışınım yoluyla enerji transferi esastır. Elektromanyetik ışınım, kısa dalga boyuna sahip yüksek frekanslı kozmik dalgalardan, uzun dalga boyuna sahip düşük frekanslı radyo dalgalarına kadar uzanan dalga boyları ve frekanslar dizisidir (Şekil 2-2). Uzaktan algılamada genellikle kullanılan dalga boyları,

0,4-14 μm dalga boyları arasındaki görünür ve kızılötesi ışınlamalar ile 5-500 mm dalga boyları arasındaki mikrodalga ışınlamalarıdır. Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimle temasda şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler saptanır ve kayıt edilir. [2]

Elektromanyetik enerjinin içinden geçtiği ortam (genellikle atmosfer) büyük önem taşır. Atmosferde yayılan elektromanyetik enerji miktarı, enerji kaynağının dalga boyuna bağlıdır. Şekil 2-2, dalga boyları ile elektromanyetik enerjinin atmosferik iletimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. [3] Bu ilişki aynı zamanda algılamada kullanılacak algılayıcıların seçiminde de etkili olmaktadır.



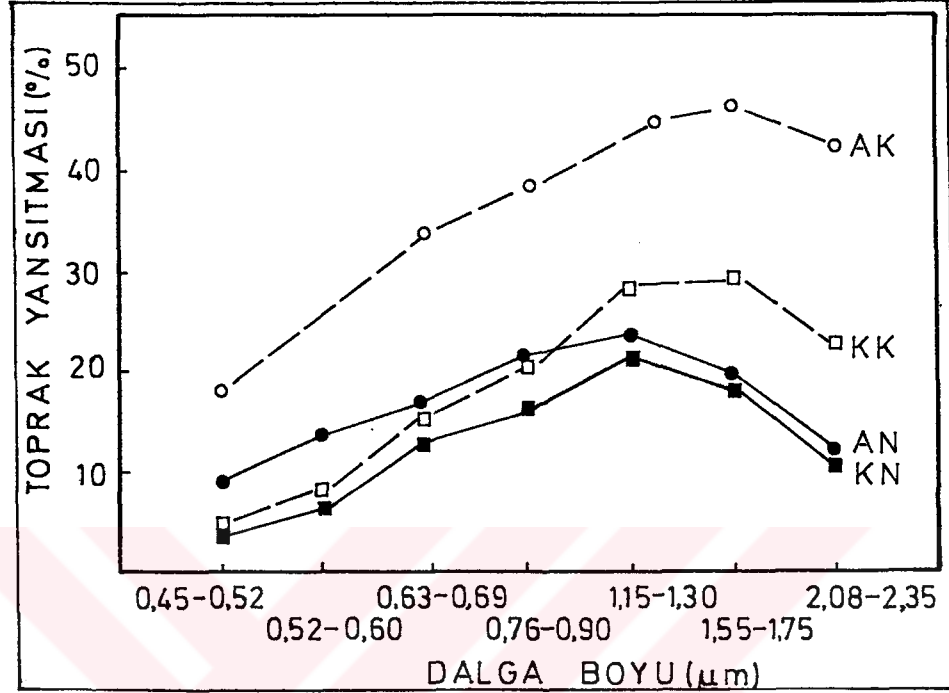
Şekil 2-2 : Elektromanyetik spektrum. [3]

2.2. Atmosferik Etkileşim ve Spektral Özellikler

Yeryüzü yüzeyi ile etkileşiminden önce ve sonra tüm elektromanyetik ışı-
nım, bir uzaktan algılayıcı tarafından algılanmadan önce atmosfer içinden geçmek
zorundadır. Bu da, atmosferik saçılma, yutulma ve kırılma nedeniyle ışınlamının hızını,
frekansını, yoğunluğunu, spektral dağılımını ve doğrultusunu etkileyecektir.

Yeryüzü yüzeyinden yansıyan elektromanyetik enerjinin büyüklüğü aynı
zamanda yüzey örtü tipi ve durumuna bağlıdır. Örneğin, bir çıplak toprak yüzeyinin

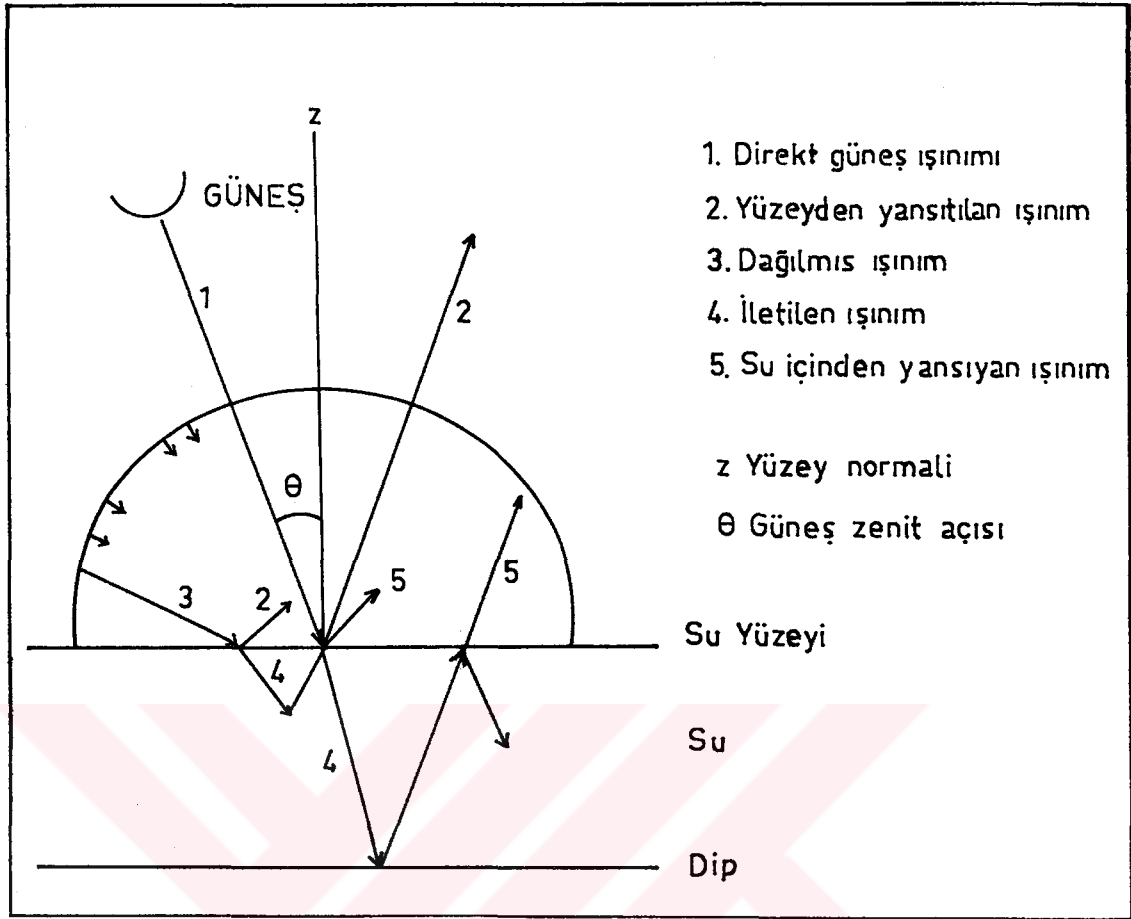
spektral yansıtma karakteristikleri, kısmen bitki örtüsü ile kaplanmış aynı cins toprağın karakteristiklerinden tamamen farklı olacaktır (Şekil 2-3). Farklı toprak tipleri için spektrumun farklı bölgelerinde gözlenen özgü spektral karakteristikler bu farklı bölgelerin spektral ayırımında kullanılırlar.



Şekil 2-3 : Kuru (K) ve nemli (N) koşullar altında açık (A) ve koyu (K) renkli toprağın iki doğrultulu yansıtması. [4]

Bu çalışmanın uygulama bölümlerinde uydu verileri ile su-kalitesi irdelendiğinden, su ile güneş ışıının karşılıklı etkileşimi ile fiziksel su-kalitesi karakteristiklerinin uzaktan algılanmasında etki eden değişkenlerin incelenmesi gerekmektedir. Su ile güneş ışıının karşılıklı etkileşimi Şekil 2-4'de gösterilmektedir. Bir su yüzeyindeki yayılım, kısmen su yüzeyinden yansıtılan direkt ve dağılmış güneş ışıının oluşmaktadır. Geriye kalan ışıın ise su molekülleri, parçaçıklar ve askıdaki sedimentler tarafından soğurulacak veya saçılacak şekilde su yüzeyinde iletilirler. Kıyı sularında, iletilen ışıın, kısmen dip materyalleri tarafından geri saçılır, kısmen su kütlesi içinde soğurulur ve kısmen de yüzeyde iç kısımdan yansıtılır. Derin sularda ise, iletilen ışıın, dipteki su bitkileri tarafından soğurulur veya geri saçılır. Su cisminin geriye saçılan bu ışıın, su cisminin, çeşitli bileşenleri ve dip materyallerinin yansıtması sonucu oluşur.

Su kalitesinin kantitatif uzaktan algılanması, belirli koşullar altında mümkündür ve aynı zamanda uzaktan algılanan sinyalin yorumlanması, Tablo 2-1'de verilen tüm değişkenlerin etkilerinin anlaşılmasını zorunlu kılar. Tablo 2-1'de de belirtildiği gibi su cisminin zamansal değişebilirliği, su parametreleri arasındaki oldukça yüksek



Şekil 2-4 : Su ile güneş ışınımının karşılıklı etkileşimi. [5]

karşılıklı korelasyon, su yüzeyinin etkisi, genelde düşük yansıtım, mevcut uzaktan algılama sistemleri ile su parametrelerinin ayırımının zorluğu, çeşitli atmosferik düzeltme prosedürlerinin gerekliliği ve uygun veri işleme sistemlerinin azlığı, kantitatif su kalitesi uygulamalarında, mevcut uydu görüntüleri ile sınırlı sayıda su parametrelerinin elde edilmesini mümkün kılmaktadır. [6]

2.3. Sınıflandırma

Dijital görüntü işleme adımlarından birisi olan sınıflandırmada amaç, görüntüdeki her bir pikseli, spektral özelliklerine göre farklı gruplara otomatik olarak kategorize etmektir. Görüntüde var olan farklı özellik tipleri, doğal spektral yansıtma ve yayma özelliklerine bağlı olarak farklı dijital değerleri içeren kombinasyonlar ortaya koymaktadır. Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek önemli hususlar, dalga boylarının özenle seçimi, küçük fakat temsil edici nitelikteki kontrol alanlarının yerleştirimi, seçilen dalga boylarında obje tipi ile dijital değerler arasındaki ilişkinin

belirlenmesi, belirlenen bu ilişkilerin tüm görüntü veri dizisi için uygulanması ve görüntülenmesi ve sonuç görüntülerinde doğruluk değerlendirmelerinin yapılmasıdır.

Tablo 2-1 : Fiziksel su-kalitesi karakteristiklerinin uzaktan algılanmasına etki eden değişkenler. [5]

Değişken	Açıklama
Zaman	Dairesel olmayan yörüngesi nedeniyle yeryüzü 1 Ocak'ta 1 Haziran'a göre yüzde 7 arasında daha fazla enerji almaktadır.
Güneş-yükseklik açısı	Küçük güneş-yükseklik açılarında su yüzeylerinden spekülolar olarak yansıtılan güneş enerjisi büyük açılara göre daha fazladır. Aynı zamanda, atmosferin içinden geçen güneş enerjisinin yörünge uzunluğu küçük güneş açılarında daha uzundur ve bu durumda daha çok güneş enerjisi soğurulur ve saçılır.
Atmosferin aerosol ve moleküler içeriği	Bu bileşenler atmosfer tarafından soğurulacak ve saçılacak güneş enerjisi miktarını belirler. Uydu tarafından algılanan enerjinin bir kısmı, su yüzeyine ulaşmadan geri saçılır.
Atmosferin su-buharı içeriği	Su buharı yakın kızılötesi ve ısı kızılötesi dalga boylarında enerji soğurumunu etkiler.
Su yüzeyinden gün ışığının spekülolar yansıtımı	Spekülolar yansıtılmış gün ışığı uydu tarafından algılanır. Bu enerjinin şiddeti ve dalga boyu dağılımı, gün ışığını oluşturan atmosferik saçılmaya bağlıdır.
Su yüzeyinin dalgallılığı	Dalgalı bir yüzey, dalgasız bir yüzeye nazaran daha az veya çok spekülolar yansıtım oluşturur. Büyük güneş-yükseklik açılarında, güneş parıltısını içeren alanın uydunun görüş alanı içinde olma olasılığı söz konusudur.

Tablo 2-1 : devamı.

Su yüzeyindeki ince tabaka, köpük, kırıntı veya yüzen bitkiler	Bu cisimler bir uydu görüntüsünde ayırt edilemezler, fakat ölçülen sinyalin spektral karakteristiğini etkilerler.
Su rengi	Çözülmüş, renkli materyaller, suda güneş enerjisinin soğurumunu artırır.
Su bulanıklığı	Askıda parçacıkların konsantrasyonu, büyüklüğü, biçimi ve kırıcı indeksi bulanıklığı belirler ve su cisminde geri saçılan enerji miktarını artırır.
Askıda parçacıkların yansıtma ve soğurma karakteristikleri	Parçacıklar, inorganik sedimentler, fitoplankton, zooplankton yada bunların bir kombinasyonu olabilir. Yüksek konsantrasyonlarda oldukları zaman, geri saçılan enerjinin spektral dağılımını etkilerler.
Sudaki çoklu yansıtımlar ve güneş enerjisinin saçılımı	Bu proseslerin önceden tahmini çok zordur.
Su derinliği ve dip sedimentlerinin yansıtımı	Su berraklığı, dip yansıtımının önemini belirler. Bulanık bir suda güneş enerjisi dibe kadar ulaşmayabilir.
Su altındaki veya üstündeki bitki örtüsü	Bitki örtüsü dip yansıtımını değiştirebilir, su yüzeyini karanlıklaştırabilir veya ölçülen sinyalin spektral karakteristiklerine etki edebilir.

Sınıflandırma yöntemleri, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Kontrollü sınıflandırmada farklı spektral grupları temsil eden kontrol alanları kullanılarak spektral ayrılabilirlik incelenmekte, buna karşılık kontrolsüz sınıflandırmada ise spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir.

2.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde, sınıflandırma için temel olan kontrol verilerinin kullanımı yerine görüntüde belirsiz olan görüntü elemanlarını inceleyen ve görüntü dijital değerlerinde var olan doğal gruplaşmalara veya kümelere dayalı olarak bu elemanları çeşitli sınıflar altında birleştiren algoritmalar kullanılır. Burada temel olan, farklı sınıf tiplerine ait olan verilerin birbirinden ayrılması için belirli bir örtü tipine ait olan dijital değerlerin ölçme uzayında birbirlerine yakın bir konumda bulunmasıdır. [7]

Kontrolsüz sınıflandırma sonucunda oluşacak sınıflar spektral sınıflardır. Çünkü bu sınıflar görüntü dijital değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşturulan sınıfların doğal özellikleri ancak daha sonra, o bölgeye ait hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir.

Herbir görüntü elemanını niteleyen dijital değerler veya ölçme vektörleri, bir eksen takımında şematik olarak gösterilebilirler (Şekil 2-5). Şekildeki iki boyutlu gösterilimde Bant 3'e ait olan dijital değerler y ekseninde, Bant 4'e ait olan dijital değerler x ekseninde gösterilmiştir. Bu iki bant değeri herbir görüntü elemanının iki boyutlu ölçme uzayındaki konumunu belirler. Aynı spektral özelliğe sahip olan görüntü elemanları kendi aralarında gruplaşarak, "noktalar bulutu" şeklinde belirlenecek her örtü tipi kategorisinin spektral paternlerinin çok boyutlu gösterilimini belirler. Şekilde üç ayrı gruplaşma belirgin bir şekilde görülmektedir. Sınıflandırılmış görüntünün, yer referans verisi ile karşılaştırılmasından sonra kümelerden birinin karşılık geldikleri sınıflar belirlenir. Örneğin, Şekil'deki kümelerden biri orman bölgesine, diğeri şehir bölgesine ve kalan son küme de suyla kaplı bölgeye karşılık gelmektedir.

Veri dizisinde mevcut olan doğal spektral gruplaşmaları belirlemede kullanılan birçok küme algoritmaları vardır. Bunlardan birisi de Euklid uzaklığı sınıflandırma algoritmasıdır.

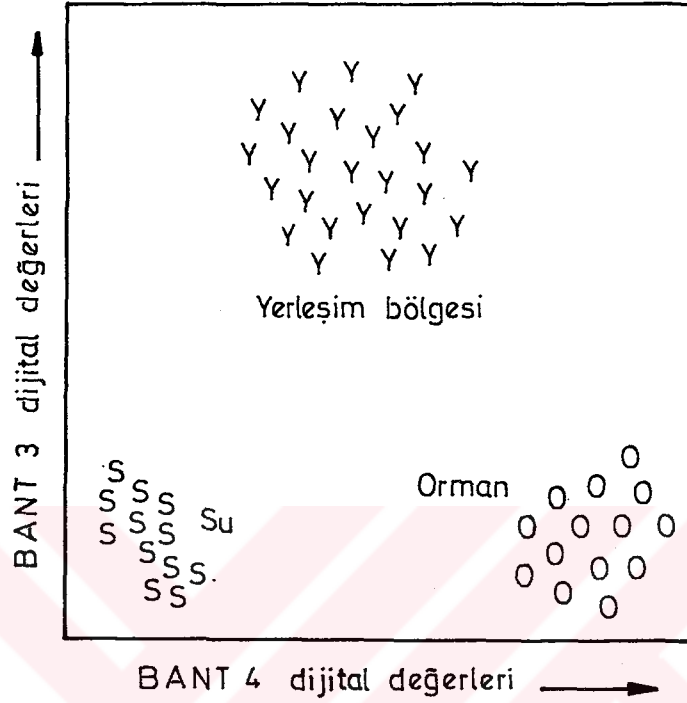
Euklid uzaklığı aşağıdaki formül ile tanımlanır ve gerek kontrollü gerekse kontrolsüz sınıflandırmada kriter olarak ele alınabilir.

$$E = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2} \quad (2.1)$$

n = boyut = (Bant)

x, y = n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri.

E = n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki uzaklık.



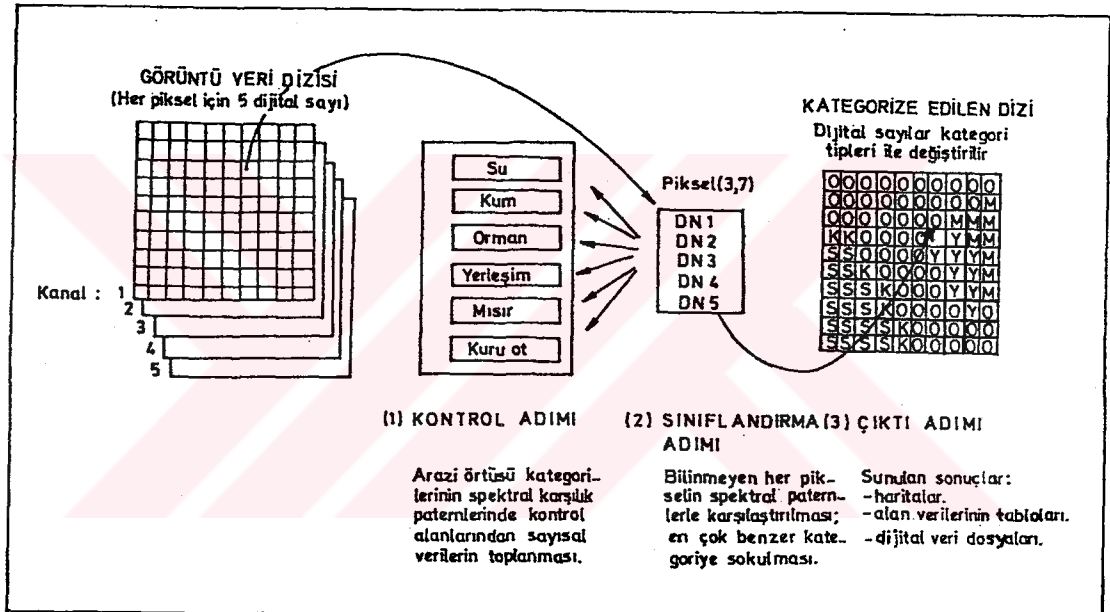
Şekil 2-5 : İki boyutlu uzayda görüntü elemanlarının dağılımı.

Euklid uzaklığı sınıflandırmasında görüntü elemanlarının birbiri ile karşılaştırılması için Euklid uzaklığı kriter olarak alınmaktadır. Kümelerin merkezleri önce geçici olarak belirlenmekte olup herbir görüntü elemanının açılan kümelerden hangisine dahil edileceği ise o görüntü elemanı ile açılan küme merkezleri arasındaki uzaklığın hesaplanması ve başlangıçta kabul edilen Euklid uzaklığı değeri ile karşılaştırılması sonucu belirlenir. Bu belirlemede en küçük uzaklık değeri esas alınır. Küme-ye katılan her yeni görüntü elemanı ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenmekte ve işlem geçici merkezin konumunda değişim oluşmayıncaya kadar iteratif olarak tekrarlanmaktadır.

Euklid uzaklığı sınıflandırması ile birlikte Swain-Fu uzaklığı, Jeffries-Matusita uzaklığı gibi diğer kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinin yanısıra hem kontrolsüz hem de kontrollü sınıflandırma yöntemlerinin özelliklerini içeren "melez" sınıflandırma yöntemleri de mevcuttur. [8]

2.3.2. Kontrollü Sınıflandırma

Diğer bir sınıflandırma yöntemi olan kontrollü sınıflandırmada belirli örtü tipini temsil eden örnek bölgeleri (kontrol bölgeleri), ilgilenilen herbir özellik tipi için spektral özellikleri tanımlayan sayısal bir "yorumlama anahtarı" nı derlemede kullanırlar. Daha sonra veri dizisindeki herbir görüntü elemanı yorumlama anahtarındaki her kategori ile sayısal olarak karşılaştırılıp, en çok benzer olarak nitelendirildiği kategori ile adlandırılır. Tipik kontrollü sınıflandırma işleminde içerilen üç temel adım Şekil 2-6'da gösterilmektedir. [7]



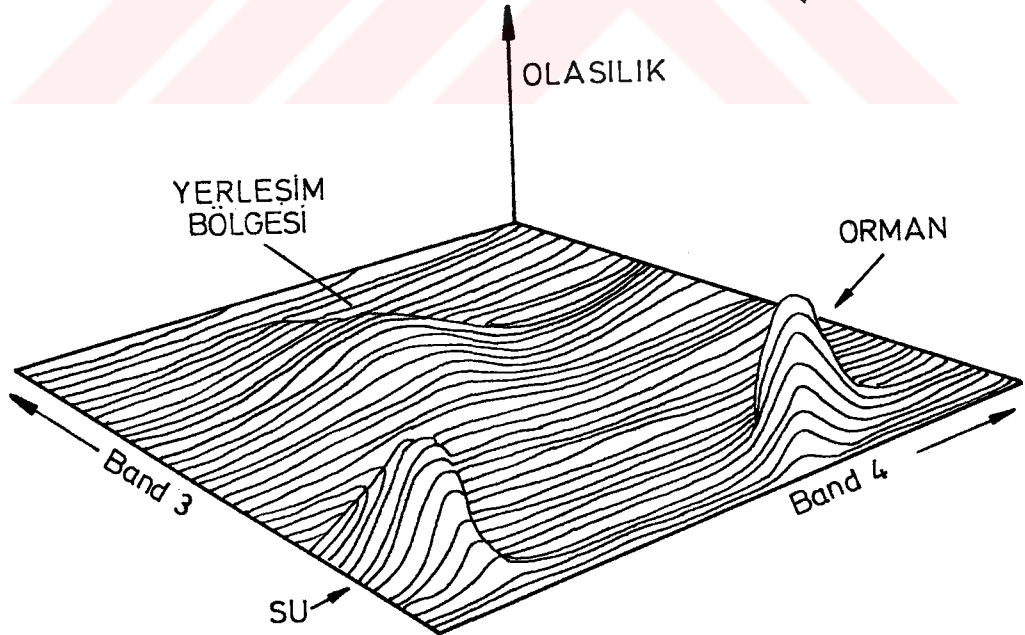
Şekil 2-6 : Kontrollü sınıflandırmadaki temel adımlar. [7]

Kontrol aşamasında, temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri belirlenir ve görüntüde ilgilenilen herbir arazi örtü tipinin spektral özellikleri için sayısal bir tanımlama geliştirilir. Bu aşamada aynı zamanda mevcut referans verileri ile verilerin uygulanacağı coğrafik bölgeye ait bilgilerden de yararlanır. İkinci aşama olan sınıflandırma aşamasında, görüntü verisindeki her görüntü elemanı en çok benzer olarak nitelendirildiği arazi örtü sınıfına dahil edilir. Eğer görüntü elemanı herhangi bir kontrol veri dizisi ile yeteri kadar bağdaşmıyorsa "belirsiz" olarak adlandırılır. Daha sonra bu aşamada herbir piksele atanan sınıf, yorumlanmış veri dizisinde ("çıkı görüntüsü") yerini alır ve böylece çok boyutlu görüntü matrisi, karşılık gelen yorumlanmış

arazi örtü sınıfı tiplerinin oluşturduğu matrisi geliştirmede kullanılır. Tüm veri dizisi sınıflandırıldıktan sonra sonuçlar çıktı aşamasında farklı şekillerde sunulur. Çıktı ürünleri genellikle tematik haritalar, çeşitli arazi örtü sınıfları için tüm görüntüye veya belirlenmiş alt görüntüye ait olan istatistiksel tablolar veya coğrafi bilgi sistemlerine (GIS) dahil edilebilecek nitelikteki dijital veri kütükleri olarak oluşturulurlar.

En yaygın kontrollü sınıflandırma yöntemleri "Gauss En Çok Benzerlik" yöntemi, "Paralelkenar " yöntemi ve "Lineer Diskriminant Fonksiyonu" sınıflandırma yöntemidir.

Gauss En Çok Benzerlik yönteminde, bilinmeyen bir görüntü elemanının sınıflandırılması için sınıf spektral karşılık paternlerinin varyans ve kovaryansı kantitatif olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmede sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın, Gauss dağılımı (normal dağılımlı) olduğu varsayılır. Bu varsayımın ışığı altında dağılım, ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Bu parametrelere bağlı olarak, belirli bir arazi örtü sınıfına ait olan bilinen bir görüntü elemanı için istatistiksel olasılık hesaplanır. Böylece olasılık yoğunluk fonksiyonları (Şekil 2-7), herbir sınıfa ait olan görüntü elemanının olasılığının hesaplanmasıyla



Şekil 2-7: En Çok Benzerlik sınıflandırma yöntemiyle tanımlanmış olan olasılık yoğunluk fonksiyonları.

belirlenmemiş bir pikselin sınıflandırılmasında kullanılır. Her bir sınıf için olasılık değerlendirilmeden sonra, görüntü elemanı en benzer olarak (en yüksek olasılık değeri) nitelendirildiği sınıfa sokulacak veya olasılık değerinin önceden belirlenen eşik değerinin altında kalması durumunda "belirsiz" olarak nitelendirilecektir.

Paralelkenar sınıflandırma yönteminde, kontrol bölgelerinin her bir kanal için en düşük ve en yüksek dijital değerlerine göre sınıf varyansları belirlenerek, herhangi bir pikselin, örneğin iki kanalın göz önüne alınması durumunda oluşacak olan dörtgen sınıf (çok kanal durumunda paralelkenar prizma) şekillerinden herhangi birinin içinde yer alma durumuna göre sınıflandırma yapılır. Hızlı ve etkili bir yöntem olmasına karşılık, spektral olarak benzer sınıfların seçilmesi veya farklı kanallardaki cisimlerin spektral oranları arasında çok yüksek korelasyon bulunması durumunda dörtgen şekillerin üst üste çakışma olasılığı sınıflandırmada problem teşkil eder.

Gauss En Çok Benzerlik yöntemine çok benzer sınıflandırılmış sonuç görüntüsü oluşturan fakat özellikle çok kanal durumunda daha hızlı ve daha etkin olan diğer bir sınıflandırma yöntemi de Lineer Diskriminant Fonksiyonu sınıflandırmasıdır. x bileşenlerinin bir lineer kombinasyonu olan bir diskriminant fonksiyonu,

$$h(x) = V^T x + v_0 \leq 0 \quad \text{---} \quad x \in \left\{ \begin{matrix} w_1 \\ w_2 \end{matrix} \right\} \quad (2.2)$$

ile belirlenir. [9] Burada, $V^T = [V_1, \dots, V_n]$; lineer diskriminant fonksiyonu katsayılarını, v_0 ; eşik değerini, w_i ise, sınıfları göstermektedir. Eşit kovaryans matrisli normal dağılımın geçerli olmadığı bu yöntemde hata olasılığını minimum kılacak şekilde diskriminant fonksiyonu katsayıları ile eşik değeri iteratif olarak sınıf çiftleri için hesaplanır. Hata olasılığını minimum kılan katsayılar ile eşik değeri belirlendikten sonra, her bir sınıf çifti için diskriminant fonksiyonu oluşturulup görüntüdeki herhangi bir piksel için fonksiyonun 0'dan büyük veya küçük olması durumuna göre sınıflandırma yapılır.

BÖLÜM 3. ÇALIŞMADA KULLANILAN UZAKTAN ALGILAMA UYDU SİSTEMLERİ

Günümüzde 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 ve teknolojik gelişmelere paralel olarak artan çevre kirliliğine çözüm bulabilmek gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilmektedir. [10]

Çalışmanın uygulama bölümlerinde LANDSAT-5 TM ile NOAA-7/AVHRR uydularından alınan görüntü verileri ile değerlendirme yapılmıştır.

3.1. LANDSAT Uydu Sistemi ve Özellikleri

Yeryüzündeki kaynakların araştırılması amacı ile NASA (National Aeronautical Space Administration - Ulusal Havacılık Dairesi) tarafından uzaya fırlatılan LANDSAT uyduları dizisinden ilk uydu 23 Temmuz 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. İlk adı ERTS (Earth Resources Technology Satellite - Yeryüzü Kaynakları Teknoloji Uydusu) olan bu uydunun adı SEASAT (Sea Satellite - Deniz Uydusu) dizisinden ayırmak için 1/1/1975 tarihinde LANDSAT-1 olarak değiştirilmiştir. [11]

Günümüzde, uzaya fırlatılan LANDSAT uyduları dizisinden Temmuz 1982'de fırlatılan LANDSAT-4 uydusu ile (sadece TM) Mart 1984'te fırlatılan LANDSAT D' serisinden LANDSAT-5 uydusu uzayda belirli bir yörüngede kontrol altında tutulmaktadır.

Dünya etrafında yaklaşık kutupsal bir yörüngede dönen LANDSAT uydularının ağırlıkları yaklaşık olarak 950 kg, yükseklikleri 3 m ve çapı 1,5 metredir. Bu uyduların en önemli özellikleri taşıdıkları algılama sistemleridir (Bölüm 3.3.).

LANDSAT uyduları, aynı yörünge üzerinde ve dünyadan yaklaşık 920 km

yükseklikte (LANDSAT 5 = 705,3 km), kuzey-güney doğrultusunda dönmektedirler.

LANDSAT-5 uydusunun dünya etrafında yaptığı bu tur, yaklaşık 1 saat 39 dakika sürmekte (LANDSAT-1, 2, 3 = 103 dakika, 4 = 1 saat 39 dakika), diğer bir deyişle günde yaklaşık 14,6 tur atılmakta, yani uydu için bir günde 14,6 ayrı yörünge söz konusu olmaktadır.

Yeryüzeyinin LANDSAT-5 tarafından, kuzey ve güney kutup bölgeleri (82° kuzey ve güney) dışlanmak üzere tamamen taranması 16 günde olmaktadır (LANDSAT-1, 2, 3 = 18 gün, 4 = 16 gün).

Yukarıda sözü edilen uyduların hareketlerine ilişkin veriler Tablo 3-1'de özetlenmiştir.

Tablo 3-1 : LANDSAT yörünge parametreleri.

LANDSAT Yörünge Parametreleri	LANDSAT 1	LANDSAT 2	LANDSAT 3	LANDSAT 4	LANDSAT 5
Dünya etrafındaki bir tur (dakika)	103,43	103,155	103,150	98,940	98,940
Ekvatorndan geçiş (bölgesel saat)	8,50	9,08	9,31	9,39	9,39
Dünyanın tamamen taranma süresi (gün) ve gerekli tur sayısı	18 251	18 251	18 251	16 233	16 233
İki ardışık yörünge izi arasındaki uzaklık (ekvatorda) (km)	159,38	159,38	159,38	171,15	171,15
Günlük tur sayısı	14	14	14	14,6	14,6

3.2. NOAA/AVHRR Uydu Sistemi ve Özellikleri

1960 yılından beri meteoroloji uyduları yeryüzünün hava durumunu gözlemekte ve hava durumuna ilişkin tahminlerde en önemli veri kaynağını oluşturmaktadırlar. NOAA tarafından uzaya fırlatılan uydu serisinin ilk jenerasyonu olan TIROS (Television and Infrared Observation Satellite - Televizyon ve Kızılötesi Gözlem Yapan Araştırma Uydusu) uydusu meteorolojik amaçlı olup, ikinci ve üçüncü jenerasyonları daha çok çevre kaynaklarının araştırılmasında önemli rol oynamaktadırlar.

İkinci jenerasyonları olan ITOS (Improved TIROS Observational Satellite - Geliştirilmiş TIROS Gözlem Uydusu) ve NOAA uyduları 1500 km yükseklikte güneşle senkronize olan bir yörüngeye sahiptir. Bu uydulardaki algılayıcılardan elde edilen veriler daha çok hava durumu analizleri ve tahminleri için kullanılmıştır. Bunun yanı sıra deniz yüzeyi sıcaklığını haritalama ve topoğrafik amaçlar gibi birçok çevre bilimleri uygulamalarında da kullanılmıştır.

Üçüncü jenerasyonları olan TIROS-N ve NOAA 6-13 uyduları LANDSAT uydularına benzer olarak 830 km yükseklikte yakın kutupsal ve güneşle senkronize olan bir yörüngeye sahiptir. [1] Tekrarlama zamanı bir gün olmasına rağmen, herhangi bir zaman dilimi için genellikle bu uydulardan ikisi yörüngede olduğundan yeryüzündeki herhangi bir bölgenin görüntüsü günde iki kere elde edilmektedir. Elde edilen veriler hava tahminlerinin yanı sıra, yeryüzeyinin albedosunun gözlenmesi, deniz yüzeyi sıcaklığının ölçülmesi, kar örtüsünün nem muhtevasının tahmin edilmesi gibi birçok çevre bilimleri uygulamalarında kullanılmaktadır.

Günümüzde, sadece NOAA 6-13 uydu serisi yörüngede işlemsel faaliyetlerine devam etmektedir.

3.3. Uydulardaki Algılayıcılar ve Verilerin Elde Edilmesi

Uydularda, uzaktan algılama sistemleri, bant kaydediciler, yükseklik ve yörünge kontrol sistemi, elde edilen verileri yer istasyonlarına ileten sistemler ve yer istasyonlarının komutlarını algılayan sistemler gibi çok sayıda ve çeşitli fonksiyonları olan sistemler kullanılmaktadır. [10] Bunlardan görüntülerin elde edilebilmesi için elektronik verileri sağlayan RBV (Return Beam Vidicon - Geri Dönen Demetli

Vidikon), MSS (MultiSpectral Scanner - Çok Spektrumlu Tarayıcı), TM, VHRR (Very High Resolution Radiometer - Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre) ve AVHRR gibi farklı özelliklere sahip uzaktan algılama sistemleri büyük önem taşırlar.

LANDSAT uydularının hepsi iki algılayıcıya sahiptir; MSS, çok spektrumlu tarayıcı sistem ve ya TM, tematik haritalayıcı yada RBV, geri dönen demetli vidikon-dur.

MSS, çok spektrumlu tarayıcı sistemi, 0,5 - 1,1 μm spektral bölgede algılama yapan 4(5) kanallı tarayıcı sistemdir. Her bir kanal 6 detektör içerir. Tarama, periyodik salınım yapan bir ayna ile uydu yörüngesine dik doğrultuda yapılmakta ve yeryüzü 185 km genişliğinde bir alan içinde batıdan doğuya doğru taranmaktadır. Her taranan satır, yeryüzündeki karşılığı 80 x 80 m² olan görüntü elemanlarını içerir.

RBV, yeryüzünün yüksek çözünürlüklü televizyon görüntüsünü elde etmek için kullanılan, 0,475 - 0,830 μm aralığındaki spektral bölgede etkili olan, aynı doğrultu üzerinde monte edilmiş bağımsız 3 kamerayı içeren bir sistemdir. Tek bir görüntünün yeryüzünde kapladığı alan 185 x 185 km² dir.

TM, tematik haritalayıcı, en son geliştirilmiş tarayıcı sistem olup LANDSAT-4 ve LANDSAT D' serilerinde bulunmaktadır. Veriler 7 ayrı kanalda toplanmaktadır. Görünür ve kızılötesi dalga boyunu algılayan kanallarda görüntü elemanlarının yeryüzündeki karşılığı 30 x 30 m² olup ısı kızılötesi kanalında bu değer 120 x 120 m² dir.

LANDSAT uydularında bulunan TM algılayıcısıyla kaydedilen dalga uzunlukları ve özellikleri Tablo 3-2'de verilmektedir. [1] Bu algılayıcıdan elde edilen ve görünür dalga uzunluklarını içeren bir görüntü ise Şekil 3-1'de gösterilmektedir. Görüntü, inceleme yapılan İzmit körfezinin büyük bir bölümü ile Marmara denizi, Adalar ve Haliç çevresini içermektedir.

İkinci jenerasyon meteoroloji uydularının taşıdığı VHRR algılayıcısı kırmızı (0,6 - 0,7 μm) dalga boyu ile ısı kızılötesi (10,5 - 12,5 μm) dalga boyunu kaydederler ve uzaysal çözünürlüğü 0,9 km olan 4400 km genişliğindeki alanı kapsayan görüntüler üretirler.

Üçüncü jenerasyon meteoroloji uyduları tarafından taşınan AVHRR algılayıcılarının ise uzaysal çözünürlüğü 1,1 km olup tarama genişliği 3000 km dir.

Tablo 3-2 : TM algılayıcısıyla kaydedilen dalga boyları ve özellikleri.

Bant No.	Bant Adı	Bant Genişliği (μm)	Özellikler
1	Mavi/Yeşil	0,40 - 0,52	Yüksek su penetrasyonu kuvvetli bitki örtüsü soğurumu
2	Yeşil	0,52 - 0,60	Kuvvetli bitki örtüsü yansıtımı
3	Kırmızı	0,63 - 0,69	Çok kuvvetli bitki örtüsü yutumu
4	Yakın Kızılötesi	0,76 - 0,90	Yüksek kara/su kontrastı, çok kuvvetli bitki örtüsü yansıtımı
5	Yakın - Orta Kızılötesi	1,55 - 1,75	Yüksek nem duyarlılığı
6	Isıl Kızılötesi	10,4 - 12,5	Yüksek toprak nemi ve bitki örtüsü duyarlılığı
7	Orta Kızılötesi	2,08 - 2,35	Yüksek jeolojik ayırım

TIROS-N uydusunda bulunan AVHRR algılayıcıları 4 dalga boyunda, görünür ve yakın kızılötesi (0,55 - 0,9 μm), yakın kızılötesi (0,725 - 1,0 μm), orta kızılötesi (3,55 - 3,93 μm) ve ısı kızılötesi (10,5 - 11,5 μm), algılama yaparlar. NOAA uydularında bulunan AVHRR algılayıcıları ise 5 dalga boyunda, kırmızı (0,58 - 0,68 μm), yakın kızılötesi (0,725 - 1,1 μm), orta kızılötesi (3,55 - 3,93 μm) ve iki ısı kızılötesi (10,5 - 11,5 μm ve 11,5 - 12,5 μm) dalga boylarındaki ışıını algılarlar.



Şekil 3-1 : İstanbul ve Marmara Denizi çevresinin 12/6/1984'de LANDSAT-5 TM'den alınan doğal renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3).

Düşük uzaysal çözünürlüğe karşılık hızlı tekrarlama zamanı ve geniş tarama alanına sahip olması nedeniyle belirli uygulamalar için bu algılayıcılardan elde edilen veriler, LANDSAT gibi yeryüzü kaynaklarını araştırma uydularında taşınan algılayıcılardan kaydedilen verilere nazaran üstünlük taşımaktadır.

NOAA/AVHRR uydusundan elde edilen yanlış renkli (Bant 1, 2, 3) görüntü Şekil 3-2'de verilmektedir.

3.4. Algılama Arızaları ve Giderilme Yöntemleri

Algılama arızaları tarama ve işletim işlemleri sırasında ortaya çıkan veri hatalarını, gürültü ve geometrik distorsiyonu içerir. Bu hataların çoğu algılamadaki, sinyal dijitalleştirimindeki veya kayıt işlemleri sırasındaki sınırlamalar nedeniyle oluşan görüntüdeki istenmeyen bozukluklardır. Amaç mümkün olduğu kadar orijinal görüntüye yakın olacak şekilde görüntüyü yenilemektir.

Geometrik yenileme işlemlerinde olduğu gibi gürültü etkisini düzeltme işlemi, gürültünün düzenli (sistemik) ve/veya düzensiz karakterde olup olmadığına bağlıdır. Örneğin, çoklu tarama satırlarını eşzamanlı olarak tarayan çok spektrumlu



Şekil 3-1 : İstanbul ve Marmara Denizi çevresinin 12/6/1984'de LANDSAT-5 TM'den alınan doğal renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3).

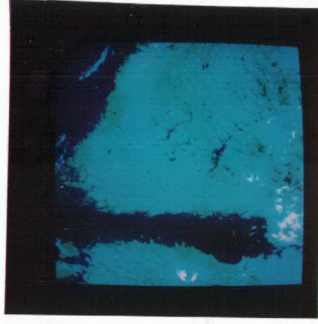
Düşük uzaysal çözünürlüğe karşılık hızlı tekrarlama zamanı ve geniş tarama alanına sahip olması nedeniyle belirli uygulamalar için bu algılayıcılardan elde edilen veriler, LANDSAT gibi yeryüzü kaynaklarını araştırma uydularında taşınan algılayıcılardan kaydedilen verilere nazaran üstünlük taşımaktadır.

NOAA/AVHRR uydusundan elde edilen yanlış renkli (Bant 1, 2, 3) görüntü Şekil 3-2'de verilmektedir.

3.4. Algılama Arızaları ve Giderilme Yöntemleri

Algılama arızaları tarama ve işletim işlemleri sırasında ortaya çıkan veri hatalarını, gürültü ve geometrik distorsiyonu içerir. Bu hataların çoğu algılamadaki, sinyal dijitalleştirilimindeki veya kayıt işlemleri sırasındaki sınırlamalar nedeniyle oluşan görüntüdeki istenmeyen bozukluklardır. Amaç mümkün olduğu kadar orijinal görüntüye yakın olacak şekilde görüntüyü yenilemektir.

Geometrik yenileme işlemlerinde olduğu gibi gürültü etkisini düzeltme işlemi, gürültünün düzenli (sistemik) ve/veya düzensiz karakterde olup olmadığına bağlıdır. Örneğin, çoklu tarama satırlarını eşzamanlı olarak tarayan çok spektrumlu



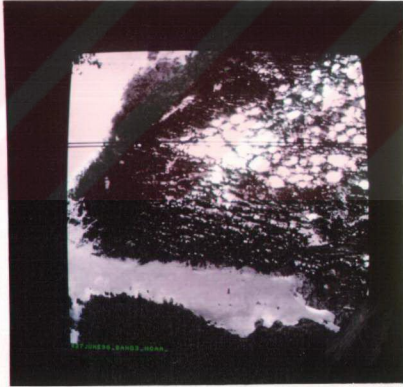
Şekil 3-2 : Finlandiya Körfezi ve çevresinin 25/6/90 da NOAA/AVHRR'den alınan yanlış renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3).

tarayıcılardan elde edilen veriler sistematik şeritleme veya bantlamayı içerirler. Uydular fırlatılmadan önce her bir spektral bant için kullanılan 6 detektör kalibre edilip denkleştirilmesine rağmen zamanla bazı detektörlerde daha yüksek veya daha düşük seviyelerde sapma oluştuğundan sonuçta 6. satır bantlaması adı verilen görüntü bozuklukları oluşmaktadır. Düzeltme yöntemlerinden biri, altı detektörün herbiri için dijital değerlerin bir histogramı elde edilerek her histogram için ortalama ve ortalama değerdeki farklara göre hatalı olan detektörün bulunması ve bir gri-ölçek dengeleme faktörünün saptanıp hatalı satırdaki her bir görüntü elemanına uygulanmasıdır.

Gürültü nedeniyle ortaya çıkan diğer bir satır bozukluğu hatası ise satır düşmesi olarak adlandırılan görüntü bozukluğudur. Bu hata, bir satırdaki birkaç komşu görüntü elemanının (veya tüm bir satırın) gerçek olmayan dijital değerleri içermesidir. Düzeltme yönteminde ise hatalı satırdaki her piksel için bir önceki ve bir sonraki satırdaki piksel değerlerinin ortalaması alınıp hatalı satırda yerine konur. Bu hata Finlandiya körfezindeki su kalitesini inceleme uygulamasında veri olarak kullanılan 26/6/1990 ile 27/6/1990 NOAA/AVHRR görüntü verilerinde rastlanmış olup düzeltme yöntemi görüntü işleme yazılımında mevcut bir program olan FIXTRN (Replace pixel values in a disc image - Bir disk görüntüsünde piksel değerlerini değiştir) ile giderilmiştir. Bu program ile, hatalı olan satırdaki her bir piksel, bir önceki satırda karşılık gelen görüntü elemanlarıyla değiştirilmiş sonuçta hatalı satırdaki herbir piksele

yapay dijital değerler atanarak, oluşan görüntü bozukluğu giderilmiştir. şekil 3-4'de NOAA/AVHRR uydusunda var olan şeritsel görüntü bozukluğu gösterilmektedir. şekil 3-4'te, şekil 3-3'de gösterilen hatalı satırlardaki orijinal dijital değerler gösterilmektedir. şekil 3-5 ve şekil 3-6'da, düzeltme işlemi neticesinde NOAA/AVHRR görüntüsünde oluşturulan yapay satırlar ve bu satırlara ait yapay değerler gösterilmektedir.

Gürültünün yanısıra oluşan geometrik distorsiyonların sistematik olmayanları sabit olmayıp, uyd u ykseklililindeki, hızındaki ve konumundaki değişimler neticesinde oluşur ve önceden kestirilemez. Düzeltme işleminde konumları bilinen yer kontrol noktalarından yararlanılır. Orijinal görüntü elemanları yeniden örneklenerek istenilen geometrik konuma getirilir. Sistematik geometrik distorsiyonlar ise tarama eğiklikli, tarayıcı distorsiyonu, tarayıcı ayna hızındaki değişimler gibi etkileri sabit ve önceden tahmin edilebilen distorsiyonlardır. Düzeltme işleminde fırlatılmadan önce yapılmış olan test değerleri kullanılır.



şekil 3-3 : 27/6/90'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsündeki şeritsel görüntü bozukluğu (Bant 3).

Channel: 2

Line: 349

47 47 46 46 46 46 46 46 46 46 46 46

Line: 348

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Line: 347

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Line: 346

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Line: 345

47 47 47 47 47 47 46 46 47 47 47 47

Line: 344

47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47

Line: 343

47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47

Line: 342

95 95 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97

Line: 341

97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97

Line: 340

97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97

Line: 339

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48

Line: 338

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 49 48

Şekil 3-4 : 27/6/90'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsünde hatalı satırlara ait orijinal dijital değerler.



Şekil 3-5 : 27/6/90'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsündeki şeritsel görüntü bozukluğunun giderilmesi (Bant 3).

Channel: 2

Line: 349

47 47 46 46 46 46 46 46 46 46 46 46

Line: 348

47 47 47 47 47 47 46 46 47 47 47 47

Line: 347

47 47 47 47 47 47 46 46 47 47 47 47

Line: 346

47 47 47 47 47 47 46 46 47 47 47 47

Line: 345

47 47 47 47 47 47 46 46 47 47 47 47

Line: 344

47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47

Line: 343

47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47

Line: 342

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48

Line: 341

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48

Line: 340

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48

Line: 339

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 48

Line: 338

48 48 48 48 48 48 48 48 48 48 49 48

Şekil 3-6 : 27/6/90'da alınan NOAA/AVHRR görüntüsünde düzeltme işlemi neticesinde oluşan yapay dijital değerli satırlar.

BÖLÜM 4. GÖRÜNTÜ VERİLERİNİN BİLGİSAYARDA İŞLENMESİ

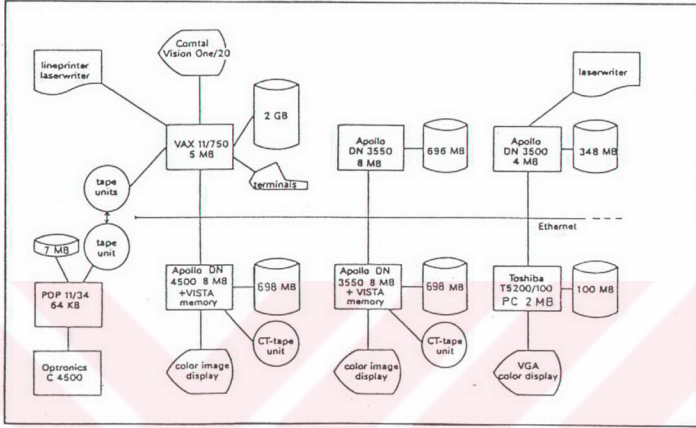
Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisine paralel olarak dijital görüntü işleme yöntemleri uzaktan algılama biliminin gelişiminde etkin bir rol oynamaktadır. Dijital görüntü işleme, dijital görüntülerin bilgisayarda değerlendirimini ve yorumlanmasını içerir. Dijital görüntü işlemedeki esas, oldukça basittir. Dijital görüntü bilgisayarda piksel (görüntü elemanı) bazında teker teker işlenir. Bilgisayar bu verileri bir denklem veya bir dizi denklem takımında kullanmak ve daha sonra her bir piksel için elde edilen sonuçları kaydetmek üzere programlanır. Bu sonuçlar, görüntü formatında görüntülenebilecek veya kaydedilebilecek veya ileride ek programlar yardımıyla yeniden işlenebilecek olan yeni bir dijital görüntü oluştururlar.

4.1. Kullanılan Dijital Veri İşleme Sistemi

Bu çalışmanın uygulama bölümleri, Finlandiya Ulusal Ölçme Birliği, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Bölümündeki dijital görüntü işleme merkezinde hazırlanmıştır. Bu merkez, birbirine Ethernet ağı aracılığıyla bağlı VAX 11/750 ve APOLLO DN bilgisayar üniteleri esas olmak üzere, 11 terminal, 3 renkli görüntü ekranı, 2 teyp ünitesi, 1 satır ve 2 lazer yazıcı, ana sisteme PDP 11/34 bilgisayar sistemi aracılığıyla bağlı bir film tarayıcı ve PC bazlı Toshiba T5200/100 bilgisayarı ile renkli görüntü ekranından oluşmaktadır. (Şekil 4-1 ve 4-2) Sistemin toplam ana hafızası 35 MG olup toplam disk alanı ise 4,5 GB'tır. Mevcut görüntü işleme yazılımı ise DISIMP (Device-Independent Software For Image Processing - Görüntü İşleme için Aygıt-Bağımsız Yazılım) olup dijital görüntü işlemede çok amaçlı birçok fonksiyonları içermektedir.

4.2. Görüntü Elde Etme İşlemi

Görüntü elde etme işlemi, sistemdeki mevcut görüntü işleme yazılımı olan DISIMP ile sağlanmıştır. DISIMP, farklı kaynaklardan (LANDSAT, SPOT (The



Şekil 4-1 : Görüntü işleme merkezinin şematik gösterilimi.



Şekil 4-2 : Sistemdeki iki ana bilgisayar ünitesi.

French Satellite Systeme Probatoire de l'Observation de la Terre - Yeryüzünü Gözleme Amaçlı Fransız Uydu Sistemi) veya NOAA uyduları) elde edilen dijital görüntülerin işlenmesinde, görüntü restorasyonu ve zenginleştirimi, geometrik ve yoğunluk dönüşümleri, istatistiksel analiz ve interaktif renkli görüntü elde etme gibi birçok farklı işleme olanaklarını içeren bir yazılımdır. Standart FORTRAN 77 ile yazılmış olan DISIMP'in mevcut versiyonunda (4.1) 139 fonksiyon ünitesi bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar, 3 ana kısımda incelenebilir :

----- Görüntülerin Bilgisayara Yüklenmesi: Farklı uydulardan elde edilen manyetik bantlar, DISIMP yazılım paketi bünyesinde bulunan SLIP (Satellite Image Processing - Uydu Görüntü İşleme) yazılımında mevcut programlar ile görüntü kütüklerine aktarılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan LANDSAT TM manyetik bantı için sistemdeki TMTD (Transfer a Thematic Mapper Tape to Disc Image - Bir tematik haritalayıcıdan elde edilmiş bantı, disk görüntüsüne dönüştür) fonksiyonu kullanılmıştır. NOAA/AVHRR uydusuna ait görüntüler ise Finlandiya Ulusal Meteoroloji Enstitüsü tarafından alınıp Ulusal Su ve Çevre Kaynakları Enstitüsüne bilgisayar ağı aracılığıyla aktarılmış ve burada APOLLO/UNIX sisteminde manyetik kasetlere geçirilmiştir.

----- Görüntülerin İşlenmesi : Bu aşamada DISIMP yazılım paketinde bulunan birçok fonksiyondan yararlanılır. Bu fonksiyonlar, görüntü ve yardımcı veri manipülasyonu, istatistiksel analiz ve görüntüleme, yoğunluk dönüşümleri, görüntü sınıflandırımı, interaktif zenginleştirme ve görüntüleme, üç-boyutlu görüntü dönüşümleri, geometrik dönüşümler, uzaysal frekans işleme başlıkları altında toplanmaktadır.

----- Sonuç Görüntülerinin Elde Edilmesi : Sistemde sonuç görüntüleri için çeşitli alternatifler mevcuttur. Sonuçlar, görüntü kütüklerinden tekrar manyetik banta geçirilebilir, satır veya lazer yazıcıda bastırılabilir, renkli görüntü ekranında direkt olarak görülebilir veya film tarayıcı aracılığıyla filmi elde edilebilir.

BÖLÜM 5. UYGULAMALAR

Çalışmada iki uygulama yer almaktadır. Birinci uygulamada, 12/6/84 tarihli LANDSAT - 5 TM verileri kullanılarak İzmit bölgesinde seçilen bölge dahilinde su kirliliği, mevcut teknik raporların da göz önüne alınmasıyla değerlendirilmiştir. İkinci uygulamada ise, 25 - 26 - 27 /6/90 tarihli NOAA/AVHRR verileri ile Finlandiya körfezinde su kirliliğine ilişkin değerlendirim, teknik raporlar ve yer doğruluklu ölçümler beraberinde irdelenmiştir.

5.1. UYGULAMA I (İZMİT KÖRFEZİ)

5.1.1. İncelenen Bölgenin Coğrafi Sınırları ve Bölge ile İlgili LANDSAT - 5 TM Teknik Verileri

Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda yer alan İzmit Körfezi, yaklaşık olarak 50 km uzunluğunda yarı kapalı bir su havzasıdır. Genişliği 2-10 km arasında değişir, yaklaşık 310 kilometre karelik bir yüzey alanına sahiptir. Topoğrafik durumuna ve oşinografik özelliklerine göre Doğu, Orta ve Batı olmak üzere üç bölgeye ayrılabilir. Bazı fiziksel özellikleri Tablo 5-1'de verilmektedir. [12]

Tablo 5-1 : İzmit körfezinin fiziksel özellikleri.

Bölge	Uzunluk (km)	Genişlik (km)	Max. Derinlik (m)	Yüzey Alanı (km ²)	Hacim (km ³)
Doğu	16	2-5	35	44	0,85
Orta	20	3-5	180	166	12,42
Batı	17	3-5,5	250	100	-

İncelenen alanın doğal renkli görüntüsü (Bant 1, 2, 3) Şekil 5-2’de gösterilmektedir.



Şekil 5-2 : 12/6/1984 tarihli LANDSAT - 5 TM görüntüsünde incelenen alanın sınırları (Bant 1, 2, 3).

5.1.2. İncelenen Bölgede Kirlетici Kaynakların Dağılımı ve Su Kalitesine İlişkin Teknik Raporlar

İzmit Körfezi çevresindeki kirlетici kaynakların karakteri Türkiye’nin diğer bölgelerinden oldukça farklılıklar göstermektedir. Gerek kaynak kullanımı, gerekse üretimin nitelik ve niceliğı açısından yurdumuzun en büyük endüstri kuruluşları körfez çevresinde yerleşmiştir. Tam ve/veya yarı mamul altyapı ana malları üreten bu büyük endüstri kuruluşlarının çevresinde ara malların üretimine yönelik yüzlerce endüstri kuruluşu ve kurulmaktadır. Bu kontrolsüz endüstrileşme hareketlerine karşılık sağlıklı bir kentleşme planının uygulanmaması sonucunda, tüm kıyı şeridi boyunca yerleşim bölgeleri ile endüstriler birbiri içine girmiştir. Kentleşme sürecindeki ani değişimlerin sonucu olarak, son otuz yıl içinde bölge nüfusunda beş-altı kat artışlar olmuştur. [13]

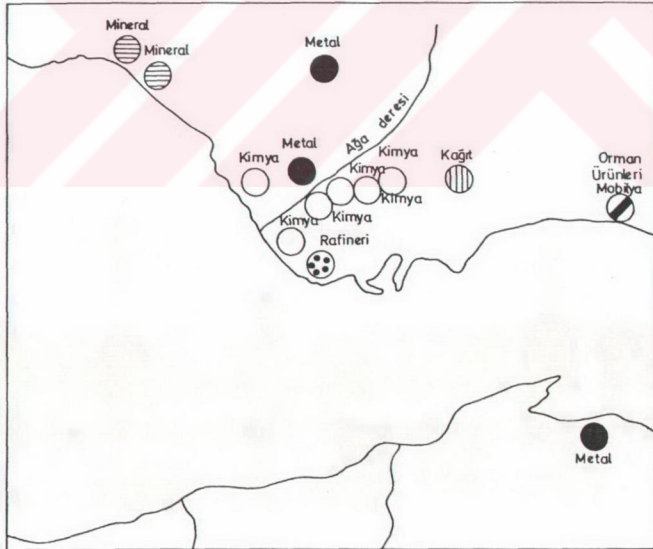
Topoğrafik açıdan engebeli bir araziye sahip olması nedeniyle tüm endüstriler ve yerleşim bölgeleri kıyı şeridi boyunca oldukça dar bir düzlük alan içinde sıkışmışlardır.

Körfez çevresindeki kirletici kaynaklar önem sırasına göre,

- Endüstriler
- Yerleşim Bölgeleri
- Akarsular ve Drenaj Suları
- Gemiler
- Tarım Alanları

olarak belirlenmiştir. Körfezdeki su kirliliğinin irdelenmesi bu bölümün esasını teşkil ettiği için kirletici kaynaklar tek tek ele alınmıştır.

Endüstriler : Ulaştırma, su kaynağı, enerji olanaklarının genişliği, büyük tüketim pazarlarına yakınlığı ve arazi fiyatlarının uygunluğu körfez çevresini endüstriler için cazip hale getirmiştir. İlk 1843 yılında kurulan Hereke dokuma fabrikasından bu yana günümüzde kağıt, organik ve inorganik kimya, ilaç, gübre, boya, metal, ulaşım araçları ve petrol ürünleri endüstrileri ile çeşitlilik kazanmıştır. İncelenen bölge dahilindeki endüstri kuruluşları Şekil 5-3'de verilmektedir.



Şekil 5-3 : İncelenen bölgede endüstrilerin dağılımı.

İzmit Körfezi çevresindeki endüstriler çok çeşitli üretim sınıflarında olup her bir sınıfın içinde de gerek üretim cinsi, gerekse üretim biçimi olarak farklılıklar bulunmaktadır. Endüstri özellikleri incelendiğinde, en eski ve dünyada kullanımına son verilmiş teknolojilerden, en yeni ve modernlerine kadar geniş bir aralıkta değişen karakteristiği göze çarpmaktadır. Körfezde bulunan endüstrilerin bir kısmı Türkiye koşulları ve gereksinimlerine göre oluşmuş veya yönlendirilmiş olup dünyadaki standart endüstri kategorilerine uyum göstermemektedir.

Endüstri kuruluşları tarafından kullanılan endüstriyel atık sular gerek tekil deşarjlar gerekse kanal veya bir dere yolu ile körfeze ulaşmaktadır. Bu atık suların karakterleri birbirlerinden çok farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte, her endüstrinin atık sularını kirlenme açısından önemli parametreler ve bazı etki maddeleri tek bir değerle ifade eden kolektif parametrelerle karakterize etmek olasıdır. Yapılan inceleme raporlarında [14] 1984 yılında endüstrilerden doğrudan veya dolaylı olarak günde Körfeze verilen 171 500 m³ atıksu ile birlikte 80 ton BOI (organik madde), 80 ton TAM (toplam askı maddesi), 14 ton N (azot), 2 ton P (fosfor), 6 ton yağ ve gres, 2 ton flor, 0,2 ton fenol ve 0,3 ton ağır metal boşaltılmakta olduğu saptanmıştır. Endüstriyel kirlenmede en önemli bölge kuzey kıyılarıdır.

Yerleşim Bölgeleri : Körfez çevresinde arazi genel olarak fazla eğimli olup, % 5 eğim içeren düzlükler körfezin kuzey kıyısında Derince ve Yarımca, güney kıyısında ise Değirmendere ve Başiskele arasında yer almaktadır. Bu arazi yapısı körfez çevresindeki yerleşimlerin, kuzeyde İstanbul-Ankara, güneyde İzmit-Bursa yolları güzergâhının etrafında dar bir kıyı şeridi içinde dağılmasına neden olmuştur. .

Yerleşim bölgelerinin kirlenme açısından genel özellikleri arasında en önemli olanı nüfus değerleridir. Ancak körfezin kirlenmesi açısından önemli olan bu nüfusun ne kadarının kullanılmış sularının körfeze ulaştığının belirlenmesidir. Yapılan incelemeler sonucu körfez drenaj alanı içinde kalan yerleşim bölgelerinin kullanılmış sularının doğrudan ve/veya dolaylı yollarla tekrar körfeze döndüğü belirlenmiştir. Ancak bazı yerleşimler körfezden hayli uzakta olduğundan, bunların kullanılmış suları körfeze ulaştığında kirlenme etkisini kaybetmiş olacaktır. Sonuç olarak, körfez çevresinde yerleşmiş nüfusun % 85'i doğrudan ve dolaylı olarak kullanılmış sularını körfeze boşaltmaktadır. Ve bunun % 71'i kuzey kıyılarından, % 22'si güney kıyılarından ve % 7'si ise doğu kıyılarından boşaltılmaktadır.

Akarsular, Tarım Alanları ve Drenaj Suları : Güney kıyıları akarsular açısından gerek sayı, gerekse taşıdıkları su hacmi itibarıyla diğer kıyılardan daha çok zengindir. Ancak akarsular çoğunlukla sel karakterlidir. Akarsuların getirdiği en büyük sorun, şiddetli yağışlar sonucu oluşan erozyondur. Erozyon sonucu akarsularla taşınan katı maddeler körfezin tabanına çökerek, özellikle sel sularının çoğunun döküldüğü körfezin doğu kesiminde erozyon malzemesinden oluşan bir tabaka oluşturmuştur. Erozyonun etkisi akarsuların düz kesimlerinde de görülmekte ve akarsuların yataklarının yükselmesine yol açarak taşkınlarla neden olmaktadır.

Tarım alanlarında kullanılan sular, çeşitli yollarla gerek yüzeysel gerekse yeraltı sularına karışmakta ve sonunda alıcı ortam olan İzmit körfezine ulaşmaktadır. Bu ise, tarım alanlarında kullanılan azotlu ve fosforlu gübreler nedeniyle taşınan N ve P yükleri ile bol miktarda BOİ'nin körfeze verilmesine neden olmaktadır.

Gemiler : Körfezde hemen hemen tüm büyük endüstri kuruluşları hammadde ve/veya ürün taşımalarını deniz yoluyla gerçekleştirmekte olup kendi boşaltım iskelelerine sahiptir. Bu gemiler sintine sularını ya iskelelerde yada körfezde seyir halindeyken boşaltmakta veya tüm temizlik işlerini körfezde yapmaktadırlar. İskelelerde yükleme-boşaltma sırasında da işletmecilik hataları nedeniyle körfeze çeşitli maddeler dökülmektedir.

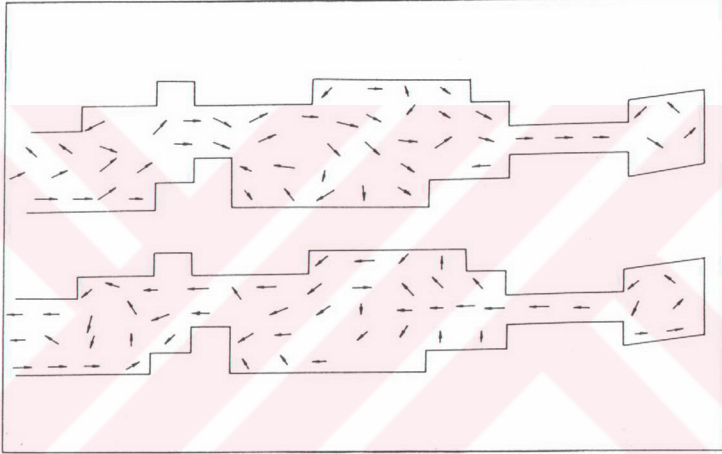
Yukarıda değinilen kirlenici kaynakların İzmit körfezini hem kullanım hem de sağlık açısından tehlikeli boyutlara erdirmesi nedeniyle kısa ve uzun vadeli planlamaların içerildiği birçok teknik proje gerçekleştirilmiştir. İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği ile TÜBİTAK'ın yapmış olduğu çalışmalarda su hareketlerine sebep olan etmenlerin;

- İç dalgalanma,
- Marmara denizinde tuzluluk oranının değişmesi,
- Su seviyesi değişimleri ve rüzgarın neden olduğu yüzey akıntıları,
- Bir tabakadan diğerine türbülansın neden olduğu karışım olduğu belirlenmiştir.

[14]

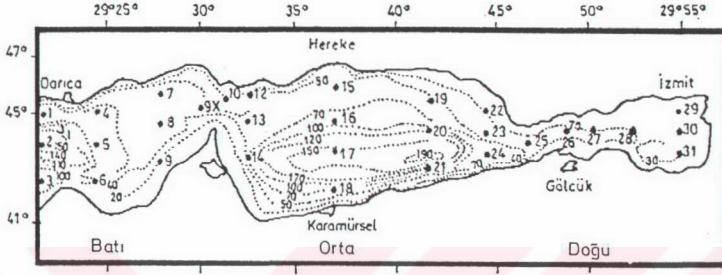
Marmara denizinin bir parçası olan İzmit körfezinin, az tuzlu (% 22-24) Karadeniz ile çok tuzlu (% 37-38) Ege Denizi arasında bulunması, körfezi, su sirkülasyonuna etki eden etmenlerin başında yer alan yoğunluk tabakalaşması ile bunun sonucu oluşan akıntılara maruz bırakmaktadır. Yaz aylarında yaklaşık olarak gözlenen yatay sirkülasyon Şekil 5-4'de, dip topoğrafyası ise Şekil 5-5'te gösterilmektedir. Yüzey tabakası akıntı hızı, körfezin batısından güneyi doğrultusunda 10-15 cm/sn civarında

olup akımın bir kısmı Darıca açıklarından körfezin kuzey kıyılarını takiben Marmara'ya geri döner. Akımın bir kısmının açık denize geri dönmesinin sebebi düşey transferlerle alt tabakaya geçişin çok az olması nedeniyle. Akımın kuzey kıyılar yerine güney kıyılardan körfeze girmesi, olayı kontrol eden dış körfezin topoğrafik yapısına bağlı olduğu varsayılmaktadır. Batı bölgesinde gözlenen siklonik çevrimin yanısıra yüzey akımının bir kısmının iç kısımdaki tabakalarda siklonik şartları oluşturduğu Şekil 5-4'de görülmektedir.



Şekil 5-4 : Yaz mevsimi alt ve üst tabaka sirkülasyonları. [14]

İzmit körfezinde su sirkülasyonuna ait ölçmelerin yanısıra, kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametreler ölçülmek suretiyle su kalitesine ilişkin teknik veriler, raporlar halinde birçok araştırma merkezi tarafından sunulmuştur. Bu raporlarda körfezin doğu kesimi için, özellikle deşarj önlerinde yoğun olmak üzere organik madde konsantrasyonlarının yüksek olduğu, buna karşılık çözünmüş oksijen değerinin küçük yüzey alanına göre büyük hacimlerde atıksu deşarjı nedeniyle, yüzey sularında düşük olduğu gözlenmiştir. Doğu bölgelerinde gözlenen organik madde değişim aralığı BOI₅ için 25 - 330, askı maddesi değişim aralığı 15 - 320 dir. Kirlenme, batıya doğru gittikçe azalmakla birlikte yine önemli bir mertebededir. İncelenen alanı da içine alan



Şekil 5-5 : Körfezin dip topoğrafyasının durumu.

bu kısımda BOI değişim aralığı 13 - 220, askı maddesi değişim aralığı 5 - 92 olarak bulunmuştur. Yağ, deterjan, amonyak azotu gibi parametreler göz önüne alındığında kirlenme derecesinin doğu kısım kirliliğine zaman zaman yaklaşmakta olduğu ve bu bölgede kuzey kıyıların güney kıyılarına göre özellikle organik madde açısından daha yoğun bir kirlilik gösterdiği gözlenmiştir.

Karadan yapılan atık deşajlarına bağlı olarak körfezin iç ve doğu kısımlarında üretkenlik yüksektir. Tahmin edilen birincil üretkenlik iç körfezde 250 - 330 $gc/m^2/yıl$ arasında değişmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda körfezde birincil üretkenlik için sınırlayıcı nütrientlerin fosfor ve azot olduğu gözlenmiştir. Nütrient elementlerden $O-PO_4$ şeklindeki fosfor ve NO_3 şeklindeki azot körfez sularında mevsimsel değişiklik göstermekte olup, doğu ve orta kısımlar için en düşük seviye Ağustos ve Mart aylarında, maksimum değer ise Mayıs ve Ocak aylarında gözlenmiştir. Körfezde yapılan Seki Diski derinlik ölçümleri, doğuda Mart-Haziran periyodunda 3 m nin altında değer alırken, yaz sonlarına doğru birincil üretkenlikteki azalmadan dolayı orta körfezde 8 - 10 m ye çıkmaktadır.

Su kirliliğini belirleyen diğer temel parametrelerden biri olan klorofil-a konsantrasyonu körfezin doğusundan ortasına doğru artış göstermektedir.

Körfezin halihazır kullanım durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlerde, gerek estetik, gerek yüzmeye ve eğlence amacına yönelik ve gerekse de su ürünleri üretimine yönelik olarak uygun kalitede olmadığı ve verilen eşik değerlerinin çok üstünde olduğu Tablo 5-3, 5-4 ve 5-5'te görülmektedir. [15]

Tablo 5-3 : Estetik kullanım kalite ölçütleri ve İzmit körfezinde halihazır durum.

Parametre	Eşik Değeri	Limit Değeri	Doğu Kısım	Orta-Batı Kısım
Görünebilir lağım ve çöp kaynaklı katı maddeler	Hiç	Hiç	Mevcut	Mevcut
Askıda Madde, mg/l	20	100	106-320	37-92
Emülsiyon halde yağ ve gres, mg/l	10	20	40-76	105-150
ABS (Deterjan), mg/l	1,0	5,0	3,5-4,2	1,3-3,7
pH	6,5-9,0	6,0-10,0	6,5-8,0	7-7,5

Tablo 5-4 : Yüzmeye ve eğlence kalite ölçütleri ve İzmit körfezinde halihazır durum.

Parametre	Eşik Değeri	Limit Değeri	Doğu Kısım	Orta-Batı Kısım
Lağımdan kaynaklanan görünebilir maddeler	Hiç	Hiç	Mevcut	Mevcut
Askıda Madde, mg/l	20	100	106-320	37-92
Emülsiyon halde yağ ve gres, mg/l	10	20	40-70	105-150
ABS (Deterjan), mg/l	1,0	2,0	3,5-4,2	1,3-3,7
pH	6,5-9,0	6,0-10,0	6,5-8,0	7-7,5

Tablo 5-5 : Balık yaşamı kalite ölçütleri ve İzmit körfezinde halihazır durum.

Parametre	Eşik Değeri	Doğu Kısım	Orta-Batı Kısım
Yüzücü yağ ve gres, mg/l	0	40-70*	105-150*
Emülsiyon halde yağ ve gres, mg/l	10	40-70	105-150
ABS (Deterjan), mg/l	2,0	3,5-4,2	1,3-3,7
NH ₃ - N, mg/l	0,5	0,8-1,7	0,6-0,9
Cd, mg/l	0,01	0,1	0,09-0,10
Cr ⁺⁶ , mg/l	0,05	0,05-0,2	0,40
Cu, mg/l	0,05	0,2-0,6	0,02-0,10
Pb, mg/l	0,1	0,2	0,5-0,2
Hg, mg/l	0,01	< 0,001	< 0,001
Fenol, mg/l	0,2	< 0,5**	< 0,5**

* Yüzücü yağ ve gres için, yüzey altından alınan emülsiyon haldeki yağ ve gres değerleri verilmiştir.

** Fenol için kullanılan ölçüm yöntemi hassasiyeti 0,5 mg/l olduğundan fenolün 0,5 mg/l den az olmakla birlikte mevcut olduğu söylenebilmektedir.

Su kirliliğinin değerlendirilmesinde göz önüne alınan parametrelerin uydu görüntüsünün alındığı tarihi (Haziran 1984) de içine alan dönem ile 1984 yılı geneline ait ölçüm değerleri Tablolar şeklinde verilmiştir. (Tablo 5-6, 5-7, 5-8, 5-9 ve 5-10)

Tablo 5-6 : İzmit körfezinde çözünmüş oksijenin mevsimsel değişimi (mg/l). [16]

Aylar	Batı		Orta 1		Orta 2		Doğu	
	Ü	A	Ü	A	Ü	A	Ü	A
Mayıs 1984	9,1	1,7	8,4	1,5	9,0	0,9	8,7	0,5
Haziran	7,5	1,8	7,0	1,4	6,2	0,9	4,9	0,7
Temmuz	5,9	1,8	6,4	1,1	4,6	0,7	3,8	0,4
Ağustos	8,7	1,7	6,9	1,0	6,5	0,7	3,3	0,4
Eylül	7,6	1,6	7,7	0,6	8,5	0,6	9,8	0,5

Tablo 5-7 : İzmit körfezinde o-PO₄ (fosfor) ve t-PO₄ (azot)'ün mevsimsel değişimi (mg-p/l). [16]

Aylar	Batı		Orta 1		Orta 2		Doğu	
	Ü	A	Ü	A	Ü	A	Ü	A
o-PO₄								
Mayıs 1984	32,5	30,0	-	31,3	-	33,5	-	-
Haziran	20,7	25,7	23,1	27,8	24,4	30,0	19,7	-
Temmuz	12,0	35,6	10,9	38,8	22,5	42,1	15,5	30,0
Ağustos	0,5	8,5	3,9	11,8	3,5	18,4	13,4	39,1
Eylül	13,4	24,7	10,1	39,4	30,2	38,9	20,1	31,5
t-OP₄								
Mayıs 1984	182	258	115	136	92	180	145	342
Haziran	26	29	29	32	28	39	24	-
Temmuz	57	59	66	65	56	59	62	79
Ağustos	50	65	46	48	54	58	35	55
Eylül	28	38	42	69	43	54	49	45

Tablo 5-8 : Körfezdeki toplam koliformun mevsimsel değişimi (sayı/100 ml). [16]

Aylar	Batı		Orta 1		Orta 2		Doğu	
	Ü	A	Ü	A	Ü	A	Ü	A
Mayıs 1984	215	87	535	555	1980	1360	6800	5610
Haziran	150	105	1530	970	>10 ⁴	>10 ⁴	>10 ⁴	>10 ⁴
Temmuz	905	560	85	95	3680	1040	375	330
Ağustos	90	195	190	115	4370	1230	-	6040
Eylül	90	195	190	115	4370	1230	-	6040

Tablo 5-9 : Körfezde klorofil-a'nın boyuna değişimi (mg/m³) ve Seki Diski derinlik ölçümleri (m). [16]

Aylar	Batı	Orta 1	Orta 2	Doğu
Klorofil-a				
Mayıs 1984	2,6	5,3	12,7	10,7
Haziran	2,2	5,0	7,4	5,6
Temmuz	1,7	13,8	24,2	9,1
Ağustos	1,0	2,4	2,3	5,0
Eylül	0,85	2,2	6,3	21,7
Seki Diski D.				
Mayıs 1984	3,5	2,7	1,9	1,5
Haziran	3,5	3,2	2,7	2,0
Temmuz	5,5	2,5	1,5	1,1
Ağustos	10,0	5,8	3,6	3,0
Eylül	9,5	7,2	3,7	2,5

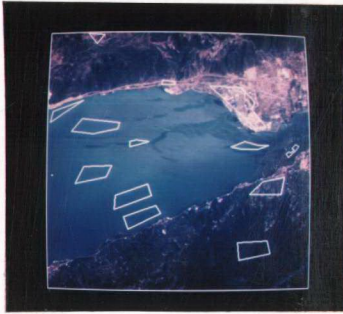
Tablo 5-10 : İzmit Körfezinde 1984 Yılında Ölçülen Kimyasal Parametreler. [17]

		DERİNLİK (m)		
Parametre		0,5	5	10
t°C	Şubat 84	8,43	8,45	8,58
	Mayıs 84	16,3	15,22	12,60
	Ort. 84	12,36	11,84	10,59
Ç.O.	Şubat 84	8,6	8,4	8,05
	Mayıs 84	7,4	7,0	6,3
	Ort. 84	8,0	7,7	7,18
mg/l	Şubat 84	0,076	0,064	0,066
	Mayıs 84	0,106	0,098	0,117
	Ort. 84	0,091	0,081	0,092
PO ₄ -P	Şubat 84	0,176	0,172	0,186
	Mayıs 84	0,071	0,109	0,131
	Ort. 84	0,124	0,14	0,159
ppm	Şubat 84	0,371	0,313	0,271
	Mayıs 84	0,127	0,091	0,071
	Ort. 84	0,249	0,202	0,171

5.1.3. İncelenen Bölgede Sınıflandırma Uygulanması

İzmit körfezinde incelenen alanın sınıflandırılmasında Euklid Uzaklığı esas olmak üzere Gauss En Çok Benzerlik yöntemi ile Lineer Diskriminant yöntemi de kullanılmıştır. Sınıflandırma yöntemleri, tek kanal görüntülerinin yanı sıra gerek farklı bant kombinasyonları, gerekse de farklı bant oranlarının oluşturduğu görüntülere uygulanıp sonuç irdelenmesi yapılmıştır. Sistemdeki mevcut yazılım paketinin sınıflandırma fonksiyonları başlığı altındaki ünitesinde söz konusu sınıflandırma programlarından yararlanılarak sınıflandırma yapılmıştır.

Sistemdeki Euklid uzaklığı sınıflandırmasını içeren algoritmada, spektral parlaklık değerleri ile bunların ortalama değerleri arasındaki Euklid uzaklıklarına dayalı sınıflandırılmış görüntü oluşturulmaktadır. Program, görüntünün sınıflandırılmasında, farklı spektral özellikleri içeren gelişigüzel belirlenmiş alanlar -bir anlamda kontrol bölgeleri- ile bunların istatistiksel ortalama değerlerini kullanmaktadır. Uydu görüntü verilerinin algılandığı tarih olan 12/6/1984 tarihinde yapılmış yere dayalı ölçümler olmadığı için söz konusu kontrol alanlarının belirlenmesinde görüntüdeki renk tonları dikkate alınmıştır. (Şekil 5-6) Seçilen toplam kontrol bölgelerinin sayısı 12 olup bunlardan 8 tanesi su alanında gözlenen renk tonu farklılığına göre belirlenmiştir; geri kalanlar ise sırasıyla dağlık alanları, ormanlık alanları, yerleşim bölgelerini ve yolları temsil etmektedir. Her bir sınıf için Euklid uzaklığı limit değeri, farklı görüntü kombinasyonları ve orantı görüntüleri için farklı değerde olup, iteratif olarak belirlenmiştir.



Şekil 5-6 : İncelenen alanda seçilen kontrol bölgeleri.

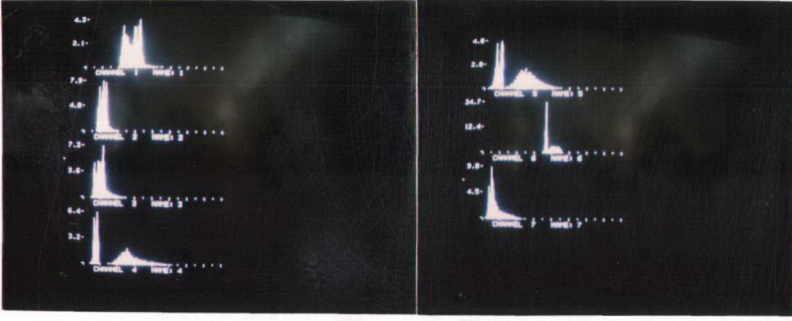
Sistemdeki Gauss En Çok Benzerlik sınıflandırma algoritmasında, kontrol bölgelerinin (Euklid Uzaklığı sınıflandırma algoritmasında kullanılan) ortalama değerlerine, kovaryanslarına ve mevcut gözleme sayılarına göre tanımlanan En Çok Benzerlik fonksiyonu ile sınıflandırılmış görüntüler oluşturulmuştur. Algoritmada sınıfların önsel olasılıkları eşit ve standart sapma faktörü 2 olarak alınmıştır.

Lineer Diskriminant Fonksiyonu sınıflandırmasında ise, önce diğer iki sınıflandırma yönteminde kullanılan kontrol bölgeleri göz önüne alınarak sınıf çiftleri için hata olasılığını minimum kılan lineer diskriminant fonksiyonu katsayıları ile eşik değerleri sistemdeki mevcut algoritma ile hesaplanmıştır. Daha sonra diğer bir algoritma yardımıyla sınıf çiftleri için oluşturulan lineer diskriminant fonksiyonlarına göre, sınıflandırma, fonksiyon değerinin 0'dan büyük veya küçük olması durumu kriter olarak alınarak yapılmıştır.

Sınıflandırılmış görüntülerde oluşan tek noktaları ortadan kaldırmak amacıyla şekil zenginleştirme algoritması kullanılmıştır. Uygulanan algoritmada esas, her bir kanal için her bir pikselin 3 x 3 lük komşu piksel bazındaki yansıtma değerleri sayılarak, en çok gözlenen yansıtma değerinin, göz önüne alınan piksele atanmasıyla sonuç görüntüsüne ait şekil değerlerini belirlemektir. Birden fazla şekil değerinin oluşması durumunda, 3 x 3 lük piksel bazının ortasına en yakın olan değer şekil değeri olarak atanmaktadır. Sınıflandırılma yapılmış sonuç görüntülerindeki tek noktaların kaldırılması amacı yanı sıra, şekil zenginleştirme, görüntülerde mevcut olan "gürültü" nün kaldırılmasında ve uzaysal sınıfların bir arada toplanmasında da kullanılmaktadır.

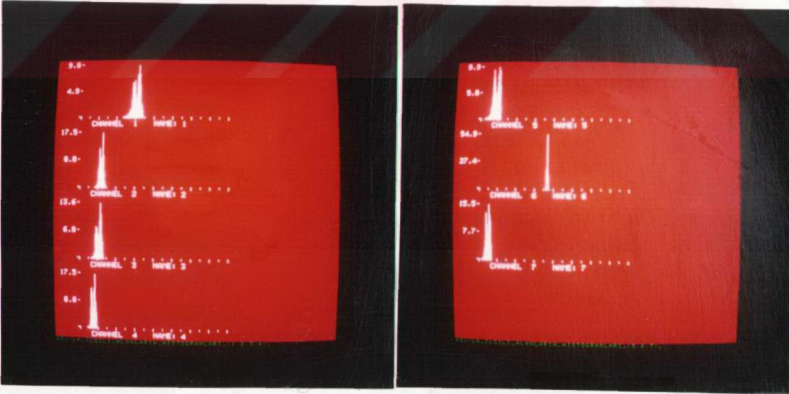
5.1.3.1. Spektral Özelliklerin Bölgede Dağılımı

LANDSAT - 5 TM görüntüsünde incelenen bölgenin sınıflandırması 512 sütun ve 512 satırdan oluşan bir görüntü çerçevesinde yapılmıştır. Spektral verilerin analizinde kullanılan histogramlar büyük önem taşımakta olup, cisimler hakkında bazı bilgiler ortaya koyabilmektedirler. Şekil 5-7'de çeşitli örtü tiplerinden oluşan bir alanda algılanan MSS verilerinin tek bir tarama satırındaki konumu gösterilmektedir. Bu tarama satırı boyunca gösterilen her bir piksel, 5 kanallı (mavi, yeşil, kırmızı, yakın-kızılötesi ve ısı-kızılötesi) bir algılamada dijital değerler olarak kaydedilen ışının değerlerini içermektedir. Tarama satırının altında, altı farklı arazi örtü tipine



Şekil 5-8 : İncelenen bölgede spektral verilerin histogramı.

9 - 36 arasında, Kanal 7'de 4 - 22 arasında değişmektedir. Böylece suyun spektral dağılımının farklı kanallar için farklı özelliğe sahip olması, sınıflandırmada farklı kanal kombinasyonlarının kullanılıp daha incelikli sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen histogramlar Şekil 5-9'da gösterilmektedir.



Şekil 5-9: İncelenen bölgede suya ait spektral verilerin histogramı.

Yeryüzündeki farklı yer örtüsü cisimlerinin spektral dağılımının her kanal için farklı özellik göstermesi, farklı spektral yansıtma değerlerini içeren kanalların birbirleriyle karşılaştırılarak spektral dağılımın incelenmesini mümkün kılar. Bunun için yeryüzündeki cisimlere ait farklı kanal yansıtma değerleri n-boyutlu eksen takımında gösterilir, yani kanal sayısı görüntü elemanı için boyut, yansıtma değerleri de koordinat olarak alınıp geometrik olarak eksen takımında deyimlendirilmiş olurlar. Buna örnek olarak, incelenen alanın verilerinde 2 boyutlu gösterilim için X ekseninde Kanal 1 verileri, Y ekseninde Kanal 5 verileri alınmıştır. (Şekil 5-10)



Şekil 5-10 : Görüntü elemanlarının özellik uzayındaki dağılımı. (X = Kanal 1, Y = Kanal 5).

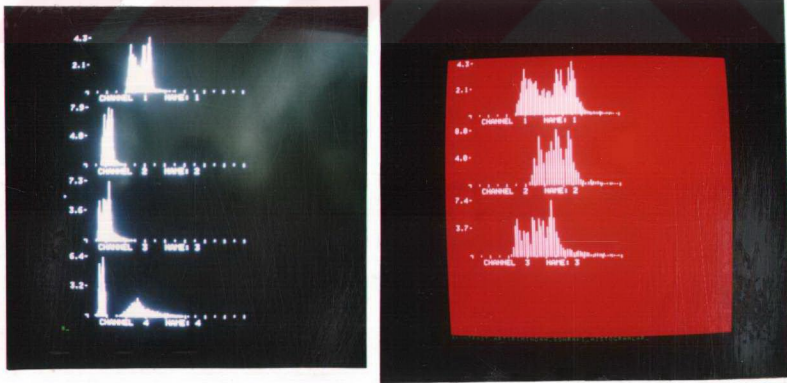
5.1.3.2. Dijital Görüntü Zenginleştirme

Dijital görüntü zenginleştirmede amaç, görüntüde yer alan farklı fiziksel özellikler arasındaki ayrımı artırarak, bir görüntünün görsel yorumlanabilirliğini geliştirmektir. En çok kullanılan dijital görüntü zenginleştirme teknikleri, kontrast manipülasyonu, uzaysal özellik manipülasyonu ve çoklu-görüntü manipülasyonu olarak kategorize edilmektedir. Bu alt bölümde bunlara ait birer uygulama örnek olarak sunulmaktadır.

— Kontrast Manipülasyonu - Kontrast Yayılımı

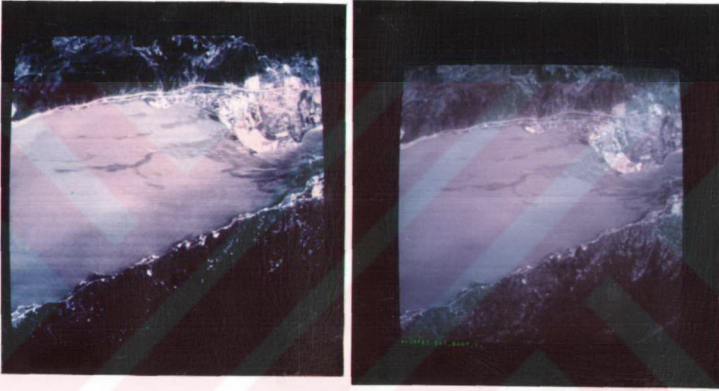
Görüntü ekranı ve kayıt sistemleri genellikle 256 gri renk tonunu (maksimum değer, 8 bitlik bilgisayar kodlamasını içerir) kapsayan bir yoğunluk diliminde algılama yaparlar. Fakat bir kanalda algılanan verilerin spektral dağılımı bu yoğunluk diliminin tümünü içermez. Dolayısıyla, kontrast manipülasyonunda kullanılan yöntemlerden biri olan kontrast yayılımında, görüntüdeki minimum ve maksimum dijital değer sınırları belirlenerek, bunun lineer veya lineer olmayan farklı birçok yöntem ile 0-255 değerleri arasında yayılımı sağlanır.

Şekil 5-11'de incelenen körfez bölgesinin Kanal 1 için lineer kontrast artırımından önceki ve sonraki görüntü ve histogramları gösterilmektedir. Şekil 5-11(a)'da



Şekil 5-11(a) : İncelenen körfez alanının lineer kontrast yayılımından önce ve sonraki histogramları (Kanal 1).

yer alan histogramdan dijital değerlerin 65 - 135 arasında dağıldığı ve bu alanın 0 - 255 arasındaki tüm alanın % 27'si olduğu görülmektedir. Bu ise, geri kalan % 73'lük alanın kullanılmadığını ve bu nedenle kontrastın düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Kontrast yayılımı ile 65 - 135 arasındaki dijital değerler, 0 - 255 arasında lineer olarak dağıtılarak kontrast artırımı sağlanmıştır. Sonuç görüntüsü, Şekil 5-11(b)'de verilmektedir. Şekilde, özellikle kontrast manipülasyonundan önce görüntüde ayırt edilemeyen dağlık alanlar ile yerleşim bölgelerinin sınırları daha belirgin olarak görülmektedir. Her bir kanal için bu yöntemin uygulanıp sonuç görüntülerinin görüntü ekranında birleştirilmesiyle renkli görüntü zenginleştirimi elde edilmiş olur.



Şekil 5-11(b) : İncelenen körfez alanının lineer kontrast yayılımından önce ve sonraki görüntüleri (Kanal 1).

— Uzaysal Özellik Manipülasyonu - Kenar Zenginleştirme

Farklı spektral bölgelerden yayılan enerjiyi tutmaya veya geçirmeye yönelik spektral filtreleme karşılık, uzaysal filtreler, farklı uzaysal frekanslı görüntü verilerini vurgulamak veya etkisini hafifletmek için kullanılırlar. Uzaysal frekans, bir görüntüde oluşan ton farklılıklarının "pürüzlülüğünü" göstermektedir. Yüksek uzaysal frekanslı görüntü bölgeleri tonal olarak "pürüzlü", düşük uzaysal frekanslı görüntü bölgeleri ise "pürüzsüz" dür. Uzaysal ayrıntıları vurgulayan yüksek frekans bileşenli görüntüler, lokal kontrastı ön plana çıkararak, görüntü verisindeki lineer özelliklerin veya kenar

kısımlarının gösteriliminde zenginleştirme yapılmamış orijinal görüntülere nazaran daha iyi bir görüntü oluştururlar. Fakat aynı zamanda bu görüntüler orijinal görüntülerde var olan düşük frekanslı yansıtım değerlerini içermeyeceği için, hem lokal kontrastın, hem de düşük frekanslı yansıtım bilgilerinin korunacağı kenar zenginleştirme yönteminin uygulanmasını zorunlu kılar. Kenar zenginleştirimi yapılmış görüntüler, aynı görüntünün yüksek frekans bileşenli görüntüsüne orijinal görüntüdeki gri renk tonu değerlerinin tümünün veya bir kısmının "yeniden eklenmesiyle" elde edilirler. Genel olarak kenar zenginleştirme 3 adımda gerçekleştirilir. İlk adımda kenar bilgilerini içeren yüksek frekans bileşenli bir görüntü oluşturulur. Bu amaçla kullanılacak filtre genişliği görüntünün "pürüzlülüğü" ne bağlıdır (Uygulamada 3 x 3 alınmıştır). Daha sonra, orijinal görüntüdeki gri renk tonlarının bir kısmı veya tümü, elde edilen yüksek frekans bileşenli görüntüye eklenir (Uygulamada yarısı alınmıştır). En son olarak, elde edilen görüntüye kontrast yayılımı uygulanır. Bunun nedeni ise, uzaysal filtreleme nedeniyle gri-ton düzeylerindeki azalımdır. [7] Şekil 5-12'de incelenen alanın kırmızı dalga boyunu içeren görüntüsünde (Kanal 3) kenar zenginleştirminden önceki ve sonraki görüntüler verilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere, kıyı şeridi ve yola ait çizgisel objeler ile dağlık bölgelerdeki detay ayırımı daha belirgin olarak gözükmektedir.



Şekil 5-12(a) : İncelenen körfez alanının kenar zenginleştiriminden önceki görüntüsü. (Kanal 3).



Şekil 5-12(b) : İncelenen körfez alanının kenar zenginleştiriminden sonraki görüntüsü. (Kanal 3).

— Çoklu Görüntü Manipülasyonu - Orantı Görüntüleri

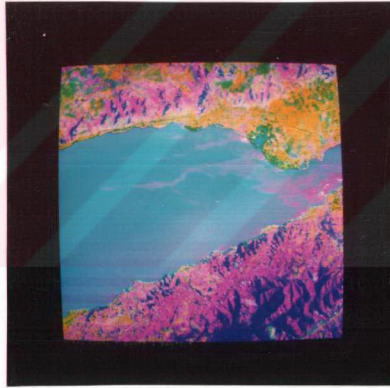
Dijital görüntü işlemede orijinal verilerle karşılaştırma yapmak amacıyla manipüle edilen orijinal LANDSAT görüntü verileri (yapay veriler), yorumlama ve sınıflandırma aşamalarında bazen değişik sonuçların elde edilmesine yol açmaktadır. Bu, daha çok, orijinal verilerin kullanıldığı sınıflandırma sonuçlarına ışık, arazinin topoğrafik durumu gibi çeşitli faktörlerin etkili olması durumunda geçerlidir.

Çoklu-görüntü manipülasyonu, farklı kanallardaki dijital yansıtma değerlerinin birbirleri ile toplanmaları, çıkarılmaları ve çeşitli orantılarının kurulması ile yeni korelasyonlu yapay görüntülerin elde edilmesidir.

Orantı görüntüleri özellikle, tek bir spektral bant veya standart renkli bileşke görüntüsünde parlaklık değişimleri nedeniyle maskelenmiş olan küçük ve kolayca farkedilemeyen spektral değişimlerin ayırt edilmesinde yararlı olur. Bu ayırım, bantlarda gözlenen mutlak yansıtma değerlerine karşılık, orantı görüntülerinde söz konusu iki bant arasındaki spektral yansıtma eğrilerinin eğimlerindeki değişimi ortaya koymasından kaynaklanır. Bu eğimler, belirli bantlarda farklı materyal tipleri için oldukça farklı özellik gösterirler. Örneğin, sağlıklı yeşil bitki örtüsü için yakın-kızılötesini

içeren bantın, kırmızı ışığı içeren banda oranı normalde çok yüksektir. Fakat sağlıklı bitki örtüsü durumunda bu oran düşük (yakın-kızılötesinde yansıtma azalacağı ve kırmızı bantta artacağı için) olacaktır. Dolayısıyla, bir yakın-kızılötesi/kırmızı bant oranı sağlıklı ve sağlıklı yeşil bitki örtüsü alanlarının ayırt edilmesinde çok yararlı olabilmektedir. [7]

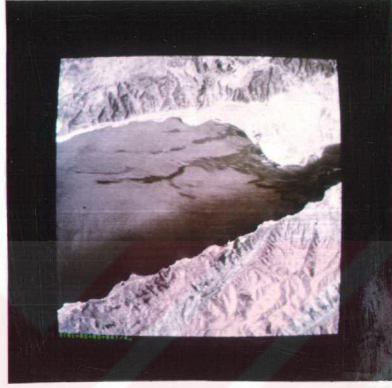
Herhangi belirli bir spektral oranın yararlılığı, gerçekte uygulama tipine ve söz konusu görüntüdeki cisimlerin özgül spektral yansıtma karakteristiklerine bağlıdır. Mevcut oran kombinasyonlarının sayısı ve şekli, dijital verilerin kaynağına göre de farklılık gösterir. n - bantlı veriler için oluşturulacak olası oran görüntülerinin sayısı $n(n-1)$ ile formüle edilecek olursa, bu çalışmada kullanılan TM verileri için (ısı bant hariç) 6(6-1) yada 30 kombinasyon elde edilebilir söz konusu olmuştur. Şekil 5-13'te incelenen bölge için farklı oran kombinasyonlarının oluşturduğu renkli görüntü gösterilmektedir.



Şekil 5-13 : İncelenen bölgede orantı görüntülerinin renkli bileşimi (Bant 1/3, Bant 5/4, Bant 2/5).

Oran görüntülerinin yanı sıra çeşitli matematiksel bağıntıların orijinal verilere uygulanmasıyla elde edilen görüntüler de değerlendirilmede kullanılmaktadır. Özellikle yeşil bitki örtüsü indekslerinin hazırlanmasında, iki farklı banta ait dijital değerler arasındaki farkın, toplamına bölünmesiyle ($z = ((x_i) - (x_j)) / ((x_i) + (x_j))$) elde edilecek matematiksel bağıntı büyük önem taşır. Gerek oran, gerek matematiksel

bağıntıları uygularken sonucun, 1'den küçük veya büyük çıkması durumuna göre uygun bir katsayı ile ölçeklendirilmesi zorunludur. Şekil 5-14'te, incelenen bölgede seçilen bir matematik bağıntı ile oluşturulan sonuç görüntüsü gösterilmektedir.

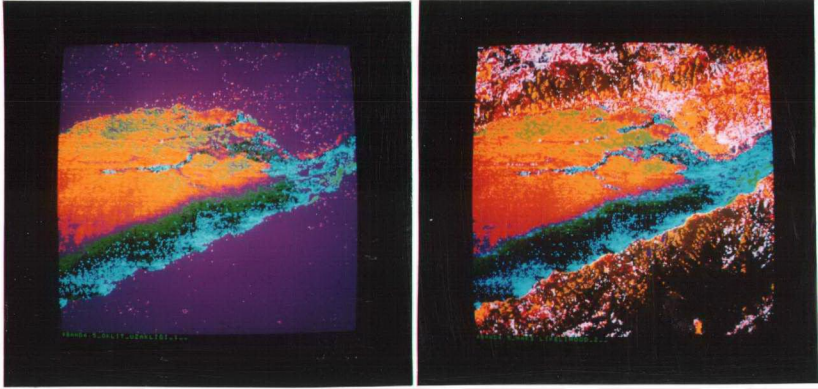


Şekil 5-14 : İncelenen bölgede matematiksel bir bağıntıdan elde edilen sonuç görüntüsü ((Bant 1 + Bant 2 + Bant 3 + Bant 4 / 4)).

5.1.3.3. Kullanılan Sınıflandırma Yöntemlerinin, Farklı Bant Kombinasyonlarına Uygulanması

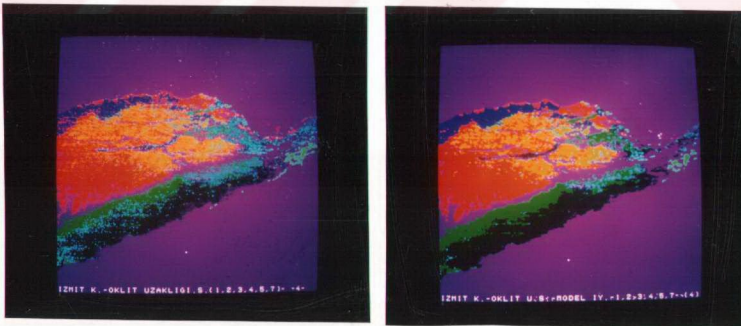
İncelenen alanın sınıflandırılmasında farklı bant kombinasyonlarının oluşturduğu görüntüler değerlendirilmiştir. Ayrıca alternatif olarak, ısı kızılotesi bant haricindeki tüm bantları içeren kompoze bir sınıflandırılmış görüntü oluşturularak yorumlama yapılmıştır.

LANDSAT TM görüntülerinin, özellikle 1 - 4 bantlarına ait olan görüntü verilerinin su kalite verileri ile çok korelasyonlu olduğu çeşitli literatür araştırmalarından belirlenmiş olmasına rağmen, bu uygulamada yapılan farklı bant kombinasyonlarına ait sınıflandırma sonuçlarında, Bant 4 ile Bant 5'in bir kombinasyonunun sınıflandırma açısından olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu gözleme dayanarak, daha sonra Bant 6 haricindeki tüm bantların bir kombinasyonuna, göz önüne alınan üç sınıflandırma yöntemi uygulanarak sonuç irdelemesi yapılmıştır.

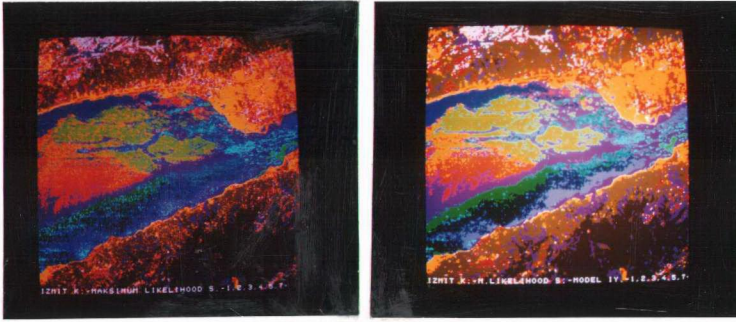


Şekil 5-15 : İncelenen bölgede Bant 4 ve 5'e ait Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 1) ve Gauss En Çok Benzerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması sonuç görüntüleri.

Kızıldötesi bantlara ait sınıflandırma sonuçlarının, Bölüm 5.1.2.'de ortaya konulan kirlilik parametreleri ve tablo ölçüm sonuçları ile uyum içinde olduğu verilen örnek sınıflandırma sonuç görüntülerinde görülmektedir.



Şekil 5-16 : İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 4) sınıflandırması ve model zenginleştirimi.



Şekil 5-17 : İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Gauss En Çok Benzerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması ve model zenginleştirimi.

Yukarıda sunulan sınıflandırma sonuçlarında yere dayalı ölçme sonuçlarının olmaması nedeniyle hangi sınıfın hangi kirlilik parametresini gösterdiği bilinmemektedir. Fakat tüm sınıflandırılmış görüntülerde, körfezdeki su sirkülasyonunun

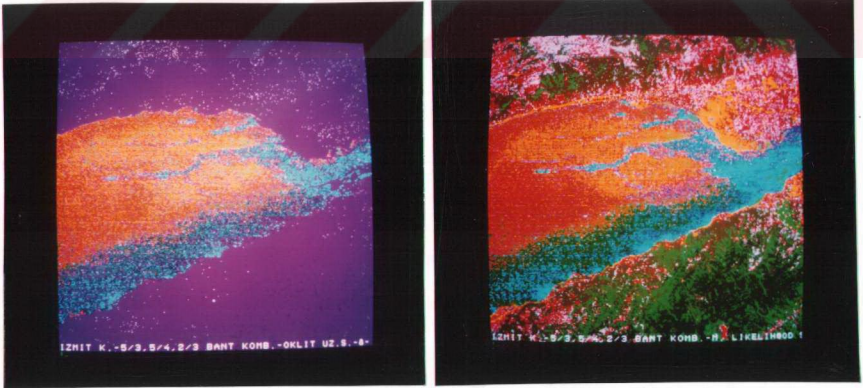


Şekil 5-18 : İncelenen bölgede tüm bantlar (Bant 6 hariç) için Lineer Diskriminant fonksiyonu ile sınıflandırma ve model zenginleştirimi.

etkisi ile körfeze güney kıyılarından giren suların, körfezin doğusunda küçük yüzey alanına karşılık atık su deşarjının fazla olması nedeniyle biriken kirli suları, orta kısma taşımış olduğu ve burada özellikle Derince havzasındaki petrol ve metal ağırlıklı endüstriler nedeniyle büyük bir kirlenmeye maruz bıraktığı açıkça görülmektedir. Orijinal görüntüden (Şekil 5-2) görüleceği gibi, eldeki teknik raporların ışığı altında kirliliğin doğudan batıya doğru özellikle kuzey kıyıları takiben bir yol izlediği sınıflandırılmış görüntülerde de yorumlanabilmesine rağmen, yer doğruluklu ölçmelerin, kontrol bölgelerinin seçiminde ve dolayısıyla sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunun artırılmasında gerekli olduğu burada belirgin olarak görülmektedir.

5.1.3.4. Kullanılan Sınıflandırma Yöntemlerinin, Farklı Bant Oranlarını İçeren Kombinasyonlara Uygulanması

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında, farklı bant oranlarını içeren kombinasyonların kullanılması, ilginç sonuçlar doğurabileceği gibi, benzer spektral yansıtma eğrilerine sahip farklı mutlak ışınlımlı yer örtü tiplerinin aynı sınıf altında gruplaşmaları da olasıdır. Uygulamada farklı bant oran kombinasyonlarına sınıflandırma algoritmaları uygulanmış, elde edilen sonuçların orijinal verilerle yapılan sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmaları sonucu sınıflandırma açısından fazla bir katkı sağlamadığı görülmüştür. (Şekil 5-19)



Şekil 5-19 : İncelenen alanın Bant 5/3, Bant 5/4, Bant 2/3 oranlarını içeren kombinasyonunda Euklid Uzaklığı (Euklid uzaklığı limit = 8) ve Gauss En Çok Benzerlik (Standart sapma faktörü = 2) sınıflandırması.

5.2. UYGULAMA II (FİNLANDİYA KÖRFEZİ)

5.2.1. İncelenen Bölgenin Coğrafi Sınırları ve Bölge ile İlgili NOAA/AVHRR Teknik Verileri

Baltık denizinin kuzeydoğusunda yer alan Finlandiya körfezi 39 000 km uzunluğunda olup, 73 000 ada ve adacıktan oluşmaktadır. Kıyı şeridinin 5 - 15 km açıklarında su derinliği genelde 20 m ye ulaşmaktadır. Yüzey tabakalarındaki tatlı su oranı yüksek, fakat tuzluluk oranı ‰ 7'nin altındadır. [18]

Körfezin en kirli bölgelerinden biri olan Kotka-Hamina bölgesini içeren 70 km uzunluğunda, 20-30 km genişliğindeki bir alan inceleme alanı olarak seçilmiştir. (Şekil 5-20)



Şekil 5-20 : Finlandiya körfezi çevresi ve incelenen alanın konumu.

İncelenen alan yaklaşık olarak 26° 25' ve 27° 20' doğu boylam ile 60° 20' ve 60° 35' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Kirletici kaynakların başında yer alan Kymi nehrinin denize döküldüğü ve irili ufaklı birçok ada ve adacıklarla çevrili inceleme alanının dip topografyası, Şekil 5-21'de verilmektedir.



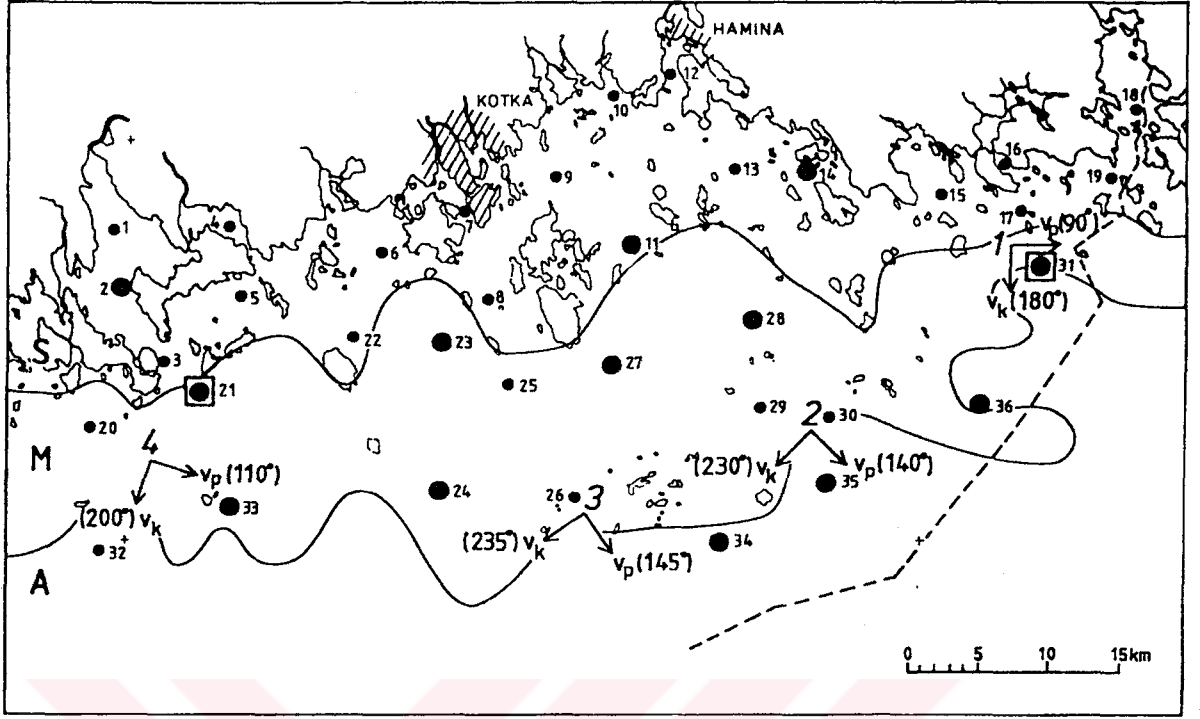
Şekil 5-22 : İncelenen bölgenin orta kıvılotesi bölgeye ait görüntüsü (Zoom faktör 3).

5.2.2. İncelenen Bölgede Kirlenici Kaynakların Dağılımı ve Yer Doğruluklu Ölçümler

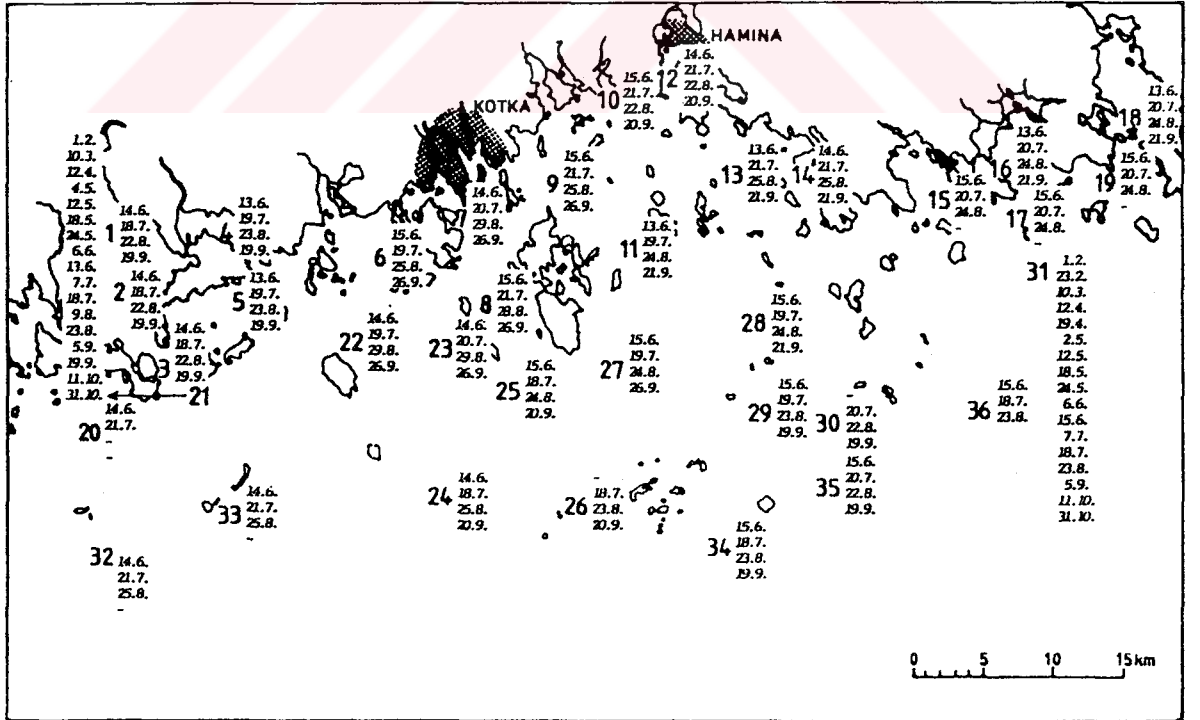
Özellikle 1987 sonbaharında, mavi-yeşil alg üremesinde gözlenen önemli miktardaki artış, körfezin doğusundaki Finlandiya kıyıları boyunca balıkçılık ve dinlenme alanlarında birçok problemlere neden olmuş, bu ise, 1979 yılından bu yana devamlı olarak sürdürülen su kalitesi ile ilgili hidrolojik incelemelerin bu tarihten itibaren özellikle nütrient yükü, akıntı ve besinsel koşullar başta olmak üzere daha kapsamlı olarak ele alınmasına yol açmıştır.

Kurulan 36 örnekleme istasyonunda, kışın buzlanma nedeniyle ölçüm yapılamamakta fakat özellikle bahar ve yaz sezonunda belirli tarihlerde yapılan ölçümler ile kıyı suları rutin bir şekilde gözlenmektedir. Şekil 5-23 ve 5-24'de örnekleme istasyonları ile farklı istasyonlardaki örnekleme zamanları gösterilmektedir. [19]

Körfezin nütrient yüklü doğu kısımlarında, dış takımadalar bölgesi, deniz bölgesi ve açık denizde gözlenen besinsel denge konumundaki artış, incelenen alanı olumsuz şekilde etkilemektedir. Toplam plankton, klorofil-a ve mavi-yeşil alg üremesi doğuya doğru artma eğilimindedir. Lokal deşarjların etkisi, kış mevsiminin sonunda ve baharda, Ruotsinpyhtää ile Hamina arasında yer alan takım adalar ile deniz bölgesinin



Şekil 5-23 : Örnekleme istasyonları ile akıntı vektörleri ve bileşenlerinin doğrultuları
(S : Takımadalar bölgesi; M : Deniz bölgesi; A : Açık deniz). [19]



Şekil 5-24 : Farklı istasyonlardaki örnekleme tarihleri. Ayrıca Mayıs'ta (İst. 33) Ekim'de (İst. 14, 15, 17, 28 ve 34) ve Kasım'da (İst. 18 ve 19) ek örnekleme yapılmaktadır. [19]

bir bölümünde, suyun, Kymi nehrinden buz tabakalarının altına yayıldığı dönemde çok büyüktür. İncelenen alanın doğu bölgesinde yer alan Virolahti'de gözlenen yüksek nütrient konsantrasyonlarına körfezin en doğu kısımlarından kaynaklanan suların neden olduğu düşünülmektedir. Bu ise, nitrojen yoğunluğu dikkate alınmak suretiyle Leningrad ve Neva nehrinden kaynaklanan nütrient deşarjları ile açıklanmaktadır.

Kıyıya yakın bölgelerde su kalitesi, tüm mevsimler için, lokal deşarjlar ile kıyı geomorfolojisinin nicelik ve niteliğine göre belirlenmektedir. Yazın ve sonbaharda, iç takımadalar bölgesinin dip bölümündeki besinsel durum, özellikle meteorolojik koşullar ile saptanmaktadır. Ilık ve durgun yaz döneminde, dibe yakın kısımlarda bulunan nütrientlerin üretken yüzey tabakalarına geçişini önleyen kuvvetli bir ısı tabakalaşma mevcuttur. Fakat diğer yandan, kuvvetli rüzgâr ve karışım nedeniyle nütrientler alg üremesini artırmak üzere yüzey tabakalarına geçmektedir. Aynı zamanda incelenen alanda, özellikle sonbaharda doğudan-batıya doğru oluşan akıntı, körfezin en doğu kısmında gözlenen alg üremesinin tüm Finlandiya kara suları boyunca yayılmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, tabakalaşma ve akıntıyı etkileyen meteorolojik koşullardaki değişim besinsel durumun ve alg üremesinin saptanımını güç kılmaktadır.

Ortalama değerin çok üstünde gözlenen nütrient konsantrasyonlarının önlem alınmadığı takdirde zehirli alg üremesine yol açacağı tehlikesi, başta Finlandiya Ulusal Su ve Çevre Bilimleri Dairesi olmak üzere çeşitli Enstitü ve Araştırma merkezleri tarafından konu ile ilgili geniş kapsamlı hidrolojik incelemelerin başlatılmasına neden olmuştur.

Örnekleme istasyonlarında, sıcaklık, tuzluluk oranı, toplam fosfor, fosfat - fosfor, nitrat-azotu, silikat, oksijen doyumu ve klorofil-a parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Eldeki NOAA/AVHRR uydu görüntüleri ile sadece sıcaklık ve klorofil-a parametresinin - belirli hata sınırı çerçevesinde - belirlenebilmesi nedeniyle bu bölümde sadece bu iki parametreye ait ölçüm değerleri sunulmuştur (Tablo 5-12).

Geomorfolojik ve meteorolojik etkilerin yanında Kymi nehri ile kurulu bulunan endüstrilerin incelenen alandaki su kirliliğine etkileri oldukça önem taşımaktadır. Başta kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları olmak üzere balık çiftlikleri ile petrol rafinelerinden körfeze dökülen fosfor, azot ve organik madde oranları bu önemi vurgulamaktadır. Özellikle 1983 yılından itibaren teknik proseslerde yapılan değişiklikler ve su kirliliği kontrol ölçümleri ile söz konusu kirletici parametrelerin oranlarında

Tablo 5-12 : İncelenen alanda Haziran 1990 a ait sıcaklık ve klorofil-a ölçümleri.

Gözleme Sayısı	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İstasyon no:	Tarih Gün/Ay/Yıl	Klorofil-a (mg/m ³)
1	1	18,0	7	25 06 90	7,5000
2	1	18,9	9	25 06 90	4,6000
3	1	17,3	11	25 06 90	7,4000
4	1	17,2	23	25 06 90	6,8000
5	1	17,4	24	25 06 90	6,2000
6	1	17,6	25	25 06 90	6,6000
7	1	19,8	1	26 06 90	
8	1	19,8	2	26 06 90	13,000
9	1	19,5	3	26 06 90	7,6000
10	1	17,0	8	26 06 90	6,7000
11	1	19,0	21	26 06 90	6,6000
12	1	18,0	26	26 06 90	6,4000
13	1	18,0	27	26 06 90	7,1000
14	1	18,4	34	26 06 90	5,6000
15	1	18,2	36	26 06 90	6,5000
16	1	20,3	4	27 06 90	8,4000
17	1	17,9	5	27 06 90	7,2000
18	1	17,1	6	27 06 90	7,3000
19	1	18,8	18	27 06 90	8,6000
20	1	17,4	19	27 06 90	11,5000
21	1	16,0	29	27 06 90	8,3000

azalma saptanmış olmasına rağmen, yine de bölgedeki endüstriyel kuruluşlar su kirliliğinde kirletici kaynak olarak ele alınmalıdır. Diğer bir kirletici kaynak olan Kymi nehri, geniş drenaj havzası ve boşaltılan endüstriyel atık sular nedeniyle en büyük nütrient kaynağı olarak etki etmektedir.

5.2.3. İncelenen Bölgede Sınıflandırma Uygulanması

5.2.3.1. NOAA/AVHRR Kanal Kalibrasyonu

NOAA/AVHRR uydusunda görünür ve kızılötesi kanallara uygulanan kanal kalibrasyonu ile, 1. ve 2. kanala ait orijinal görüntü verileri albedo yüzde değerlerine, 4. ve 5. kanala ait orijinal görüntü verileri sıcaklık değerlerine dönüştürülmektedir.

AVHRR IR (Infrared-Kızılötesi) kanal kalibrasyonu katsayılarının belirlenmesine ait tüm bilgiler 103 kelimelik başlangıç kaydında yer almaktadır.

Her bir kanala ait çıktı (sayaç değeri cinsinden) değerinin algılanan ışıının bir fonksiyonu olarak lineer olduğu göz önüne alınırsa, bu ilişki,

$$N = G X + I \quad (5.1)$$

ile ifade edilir. Burada, N ; X sayaç değerine sahip bir hedefin ışıını, G ; kanal kazancı ve I ise kanal kaybıdır.

Her bir kanalın kazancı aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir :

$$G = \frac{N_{\text{uzay}} - N_{\bar{T}}}{\bar{X}_{\text{uzay}} - \bar{X}_{\bar{T}}} \quad (5.2)$$

burada, G ; kanal kazancı (her sayaç değeri için ışıınım birimi), N_{uzay} ; uzay ışıını, $N_{\bar{T}}$; iç kıyaslama hedef ışıını ve $\bar{X}_{\text{uzay}}$ ve $\bar{X}_{\bar{T}}$ ise, algılayıcının uzay ile iç kıyaslama hedefini gözlediği andaki ortalama çıktı sayaç değerleridir. Ortalama sayaç değerlerini üretmek için her kanaldaki uzay ve iç kıyaslama hedefine ait 50 değerlerin ortalaması alınır. Gerek uzay ışıını gerekse iç kıyaslama hedefine ait veriler başlangıç kaydında yer almaktadır.

İç kıyaslama hedef ışıınıını hesaplamak için öncelikle hedef sıcaklığını belirlemek gereklidir. Bu ise,

$$T_i (^{\circ} K) = \sum_{j=0}^4 a_{ij} \bar{X}_i^j \quad (5.3)$$

ile hesaplanır. Burada, $\bar{X}_i$; $i=0, 1, 2, 3, 4$ olmak üzere PRT_i (Platin Resistans Termometre) için ortalama sayaç değerleri, a_{ij} ; dönüştürme algoritmalarının katsayıları ve T_i ; PRT_i 'den hesaplanan iç kıyaslama hedefinin sıcaklığıdır. Buradan, iç kıyaslama hedefinin ortalama sıcaklığı,

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^4 b_i T_i \quad (5.4)$$

ile hesaplanır. Burada, $\bar{T}$; iç kıyaslama hedef sıcaklıklarının ($^{\circ}K$) ortalaması ve b_i ise, her PRT için ağırlık faktörüdür.

Sıcaklık ve ışıınım arasındaki dönüşüm ise,

$$N_{\bar{T}} = N(\bar{T}) = \int_{v_1}^{v_n} \beta(v, \bar{T}) \phi(v) dv \quad (5.5)$$

ile matematiksel olarak ifade edilir. Burada $N(\bar{T})$; $\bar{T}(^{\circ}K)$ sıcaklığındaki iç kıyaslama hedefinin ışıınımı, $\beta(v, T)$; Planck fonksiyonu, v ; dalga boyu değeri ve

$$\phi(v) = \frac{\phi(v)}{\int_{v_1}^{v_n} \phi(v) dv} \quad (5.6)$$

olup, burada $\phi(v)$ normlaştırılmış karşılık fonksiyonu, v_1 ve v_n ise $\phi(v)$ karşılık fonksiyonunun sınırlarındaki dalga boyu değerleridir. Bu integralin bir yaklaşımı olarak,

$$N_{\bar{T}} = \sum_{i=1}^n \beta(v_i, \bar{T}) \phi(v_i) \Delta v \quad (5.7)$$

ve

$$\phi(v_i) = \frac{\phi(v_i)}{\sum_{j=1}^n \phi(v_j) \Delta v} \quad (5.8)$$

ile deyimlendirilmekte olup, burada, normlaştırılmış karşılık fonksiyonu n farklı nokta için tanımlanmaktadır.

Gerçekte, 11 - 12 μm dalga boyu (ısı kızılotesi) bölgesine ait kanalların (kanal 4 ve 5) karşılığı lineer değildir. Bu ise, bu kanallarda algılama yapan detektörlerin fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonudur.

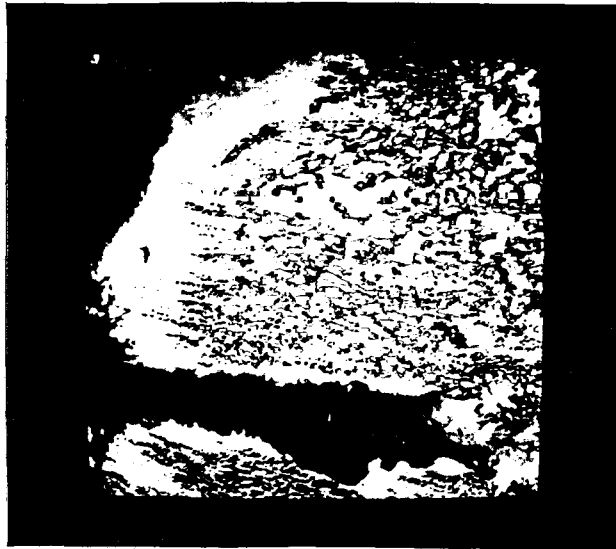
Uçuşta sadece iki-noktalı kalibrasyon mümkün olduğundan, hem kazanç hem de kayıp algoritmalarına bir düzeltme getirilmelidir. Bu ise N_{uzay} parametresine bir düzeltme faktörünün eklenmesiyle yapılır. Bu düzeltme faktörü 225 - 310 °K aralığındaki çok küçük sıcaklık hatasını içeren alt sistem test verileri ile hesaplanır.

3,5 μm bölgesi kanalında (Kanal 3) farklı tipte bir detektör kullanıldığından düzeltmelere gereksinim olmayıp, değerlendirmeye alınmamıştır.

Görünür AVHRR kanallarının (Kanal 1 ve 2) kalibrasyonu uçuş sırasında gerçekleştirilmez. Kalibrasyon algoritması için katsayıları belirlemede alt sistem verileri değerlendirilir.

$$A = G X + I \quad (5.9)$$

burada, G ve I ; her görünür kanalın kazanç ve kaybı, X ; her kanalın radyometre sayaç değeri çıktısı ve A ise, hedefin albedo yüzdesidir. Örnek olarak, 27 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR verilerinin kanal kalibrasyonundan sonra elde edilen görüntüsü Şekil 5-25'te gösterilmektedir.



Şekil 5-25 : 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR IR kanal kalibrasyonu yapılmış sonuç görüntüsü (Kanal 4 : Sıcaklık).

ile deyimlendirilmekte olup, burada, normlaştırılmış karşılık fonksiyonu n farklı nokta için tanımlanmaktadır.

Gerçekte, 11 - 12 μm dalga boyu (ısı kızıltresi) bölgesine ait kanalların (kanal 4 ve 5) karşılığı lineer değildir. Bu ise, bu kanallarda algılama yapan detektörlerin fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonudur.

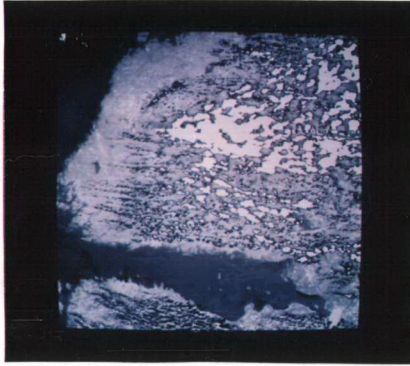
Uçuşta sadece iki-noktalı kalibrasyon mümkün olduğundan, hem kazanç hem de kayıp algoritmalarına bir düzeltme getirilmelidir. Bu ise N_{uzay} parametresine bir düzeltme faktörünün eklenmesiyle yapılır. Bu düzeltme faktörü 225 - 310 °K aralığındaki çok küçük sıcaklık hatasını içeren alt sistem test verileri ile hesaplanır.

3,5 μm bölgesi kanalında (Kanal 3) farklı tipte bir detektör kullanıldığından düzeltmelere gereksinim olmayıp, değerlendirmeye alınmamıştır.

Görünür AVHRR kanallarının (Kanal 1 ve 2) kalibrasyonu uçuş sırasında gerçekleştirilmez. Kalibrasyon algoritması için katsayıları belirlemede alt sistem verileri değerlendirilir.

$$A = G \cdot X + I \quad (5.9)$$

burada, G ve I ; her görünür kanalın kazanç ve kaybı, X ; her kanalın radyometre sayaç değeri çıktısı ve A ise, hedefin albedo yüzdesidir. Örnek olarak, 27 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR verilerinin kanal kalibrasyonundan sonra elde edilen görüntüsü Şekil 5-25'te gösterilmektedir.

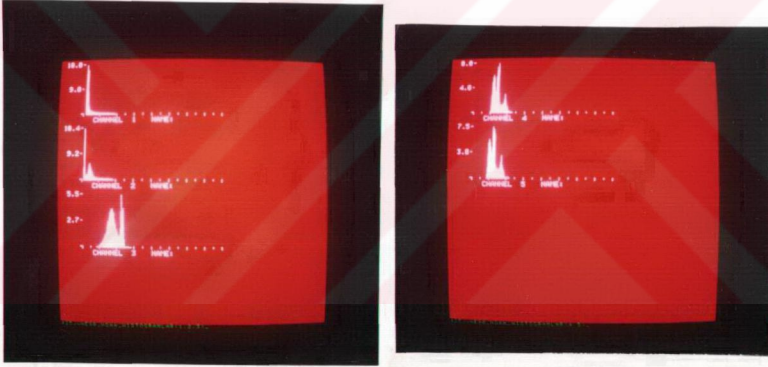


Şekil 5-25 : 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR IR kanal kalibrasyonu yapılmış sonuç görüntüsü (Kanal 4 : Sıcaklık).

Kalibrasyon işlemi, NOAA/AVHRR uydu verilerinin sağlandığı Finlandiya Ulusal Su ve Çevre Kaynakları Enstitüsü, Veri Merkezi tarafından mevcut programlar ile yapılmıştır.

5.2.3.2. Spektral Özelliklerin Bölgede Dağılımı

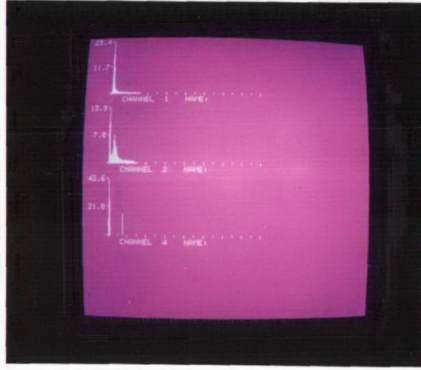
Bölüm 5.1.3.1'de de belirtildiği gibi spektral verilerin analizinde, verilerin spektral dağılımını gösteren histogramlar büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde, 25, 26 ve 27 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR orijinal ve kalibre edilmiş görüntü verilerine ait histogramların dağılımı incelenmiştir. Örnek olarak, 25 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR görüntüsüne ait histogramlar, Şekil 5-26 ve 5-27'de gösterilmiştir. (Ek. A)



Şekil 5-26 : 25/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR orijinal görüntü verilerinin spektral dağılımı.

Bölüm 5.2.3.1'de açıklanan kanal kalibrasyonunda, 1. ve 2. kanala ait çıktı (sayacı değeri cinsinden) değerlerinin algılanan ışıının bir fonksiyonu olarak lineer olduğu gösterilmişti. Bu lineer ilişki 1. ve 2. kanala ait kalibrasyon öncesi ve sonrası histogramlarda da belirgin olarak görülmektedir.

4. ve 5. kanallarda ise lineer olmayan bu ilişkiye bir örnek olarak, 4. kanala ait kalibrasyon öncesi ve sonrası elde edilen histogramlar verilmiştir. Bu kanallarda



Şekil 5-27 : 25/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kanal kalibrasyonu yapılmış görüntü verilerinin spektral dağılımı.

kullanılan detektörlerin fiziksel özelliklerinden doğan bu farklılık, histogram sonuçlarında kalibrasyon sonrası elde edilen dağılımda da görülmektedir (Şekil 5-26 ve 5-27).

5.2.3.3. Görüntü Verilerinin Düşeye Çevrilmesi

Orijinal uydu dijital görüntüleri, genelde geometrik distorsiyonları (sistemik veya sistematik olmayan) içerdiğinden harita amaçlı kullanılamazlar. Dijital veriler ile herhangi bir harita projeksiyonu arasındaki bağlantı ancak görüntü verilerinin düşeye çevrilmesi ve yeniden örneklenmesi ile sağlanır. Düzeltme işleminde görüntüde mevcut ve özenle seçilmiş yer kontrol noktaları kullanılır. Yer kontrol noktalarının konumları, hem görüntü koordinatları (satır ve sütun numaraları) hem de yer koordinatları (haritadan ölçülmüş koordinatları veya enlem ve boylam değerleri) yardımıyla belirlenir. Yer koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki bağlantıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri için gerekli katsayıların saptanımı, yer kontrol noktalarının her iki sistemdeki mevcut koordinat değerlerinin, En Küçük Kareler regresyon analizinde kullanılmasıyla gerçekleştirilir. [7] Matematiksel gösterimde bu iki koordinat sistemi arasındaki bağlantı basit olarak,

$$\begin{aligned} x &= f_1 (X , Y) \\ y &= f_2 (X , Y) \end{aligned} \quad (5.10)$$

ile ifade edilir. Burada,

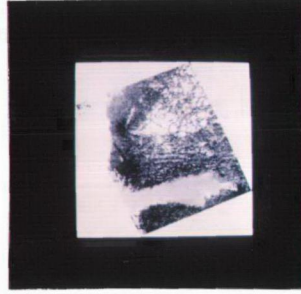
$$\begin{aligned}(x,y) &= \text{Görüntü koordinatları (satır, sütun)} \\ (X,Y) &= \text{Yer koordinatları (harita)} \\ f_1, f_2 &= \text{Transformasyon fonksiyonlarıdır.}\end{aligned}$$

Bu çalışmada gözleme istasyonlarının geometrik konumunu eldeki NOAA/AVHRR görüntülerinde belirlemek amacıyla, sistemdeki düşeye çevirme programından yararlanılarak, orijinal ve kalibre edilmiş görüntü verileri düşeye çevrilmiştir.

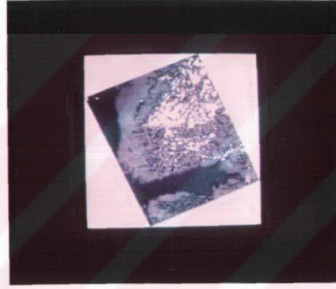
En Küçük Kareler yönteminde kullanılan polinomların derecesi, kontrol noktalarına göre belirlenen görüntü distorsiyonuna bağlı olmaktadır. Eldeki uydu görüntü verilerinin tümünde 1. dereceden polinomlar kullanılmış olup, hata miktarları Ek. B'de gösterilmiştir.

Sistemdeki düşeye çevirme programı, çok büyük boyuttaki görüntüleri işlemek ve düşeye çevirme işleminin hızını ve doğruluğunu kontrol altında tutmak amacıyla, öncelikle görüntüyü dörtgen bloklara ayırmakta ve sadece blokların köşe noktaları için polinomları değerlendirmektedir. Blok içindeki piksellerin konumları, köşe nokta konumları arasında bilineer enterpolasyon ile hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, seçilecek blok boyutu haritalama doğruluğunu etkilemektedir. Blok boyutunun küçültülmesi, doğruluğu artırmasına karşılık işlem süresini uzatmaktadır. Yeniden haritalanan piksellerin konumu genelde orijinal pikseller ile tam olarak uyuşmadığı için, yeni piksellerin dijital değerlerinin hesabında verilere örneklem algoritmaları uygulanmalıdır. En yaygın örnekleme algoritmaları En Yakın Komşuluk ve Bilineer Enterpolasyondur. Uygulamada yeniden örnekleme algoritması olarak En Yakın Komşuluk algoritması seçilmiştir. Bu yöntemde herhangi bir noktanın örneklenmiş dijital değerinin hesabı, bu noktaya en yakın piksel değerinin atanmasıyla elde edilmektedir. Bu yöntem basit ve hızlı olmasına karşılık doğruluğu diğerlerine nazaran daha düşüktür. [20]

Şekil 5-28 ve 5-29'da eldeki NOAA/AVHRR görüntülerine ait orijinal veriler ile kalibre edilmiş verilerin düşeye çevrilmiş sonuç görüntüsü için birer örnek verilmiştir. Her iki görüntünün boyutu 512 x 512 den büyük olduğundan tek bir ekranda görülebilmesi için belirli sayıda görüntü elemanı atlanarak görüntü oluşturulmuştur.



Şekil 5-28 : 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR görüntüsünde orijinal verilerin düşeye çevrilmiş sonuç görüntüsü (Kanal = 3).



Şekil 5-29 : 27/6/1990 tarihli NOAA/AVHRR kanal kalibrasyonu yapılmış görüntü verilerinin düşeye çevrilmiş sonuç görüntüsü (Kanal = 4).

5.2.3.4. Orijinal / Kalibre Edilmiş Görüntü Verileri ile Yer Doğruluklu Ölçümlerin İstatistiksel Değerlendirmesi

Bir değişkendeki değişimin, diğer bir değişkeni nasıl etkilediğinin analizi olan regresyon analizi, diğer birçok uygulamada olduğu gibi uzaktan algılanmış verilerin istatistiksel değerlendirmesinde de kullanılmaktadır.

İstatistiksel analizde bir çift rastgele değişken, iki değişkenli olasılık dağılımına sahiptir. Değişken olan bir X (fakat rastgele değişken değil) büyüklüğündeki rastgele bir Y değişkeninin bağımlılığı söz konusu olduğunda, Y'nin X'e göre bağımlılığını ortaya koyan bir eşitlik, regresyon eşitliği olarak ifade edilir. Değişkenler arasındaki

bu bağımlılığın lineer veya lineer olmamasına göre kullanılacak modelin boyutluluğu değişim gösterecektir. En küçük kareler yöntemine dayalı regresyon analizinde regresyon eşitliği,

$$\hat{Y} = \bar{Y} + b_1 (X - \bar{X}) \quad (5.11)$$

ile ifade edilir. Burada, b_1 = tahmin değeri =
$$\frac{\sum X_i Y_i - [(\sum X_i)(\sum Y_i)]/n}{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n}$$

$\bar{Y}$ = Y rastgele değişkeninin ortalama değeri

$\bar{X}$ = X değişkeninin ortalama değeri

dir. [21]

Regresyon analizinin doğruluğunun göstergesi olan korelasyon katsayısı R^2 , regresyon doğrusu üzerinde bulunan değişkenlerin kareleri toplamına oranı ile belirlenir. Bu oranın 1'e yakınlığı değişkenlerin büyük bir kısmının regresyon doğrusu üzerinde olduğunun göstergesidir bu ise korelasyonun iyi olduğunu ortaya koyar.

Bu çalışmada, 25, 26 ve 27 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR orijinal verileri ile bu tarihlerde toplam 21 gözleme istasyonundan elde edilen yer doğruluklu ölçümler arasında tek veya çok değişkenli regresyon analizleri uygulanmıştır. Tablo 5-13'de farklı tarihlerde ölçüm alınan farklı gözleme istasyonlarına ait NOAA/AVHRR dijital verileri verilmektedir. Bu istasyonlara ait dijital verilerin elde edilmesinde (daha doğruluklu bir gözleme için 3 x 3 lük piksel bazının ortalama değeri alınmıştır), istasyon noktaları, coğrafi koordinatları yardımıyla, düşeye çevrilmiş NOAA/AVHRR görüntülerinde saptanmaya çalışılmış, fakat çözünürlüğün yaklaşık 1,1 km olması nedeniyle istasyon noktalarının tam yerleri kesin olarak belirlenememiş, buna karşılık doğruluk tüm noktalar için 1 km nin altında sağlandığından yeterli kabul edilmiştir.

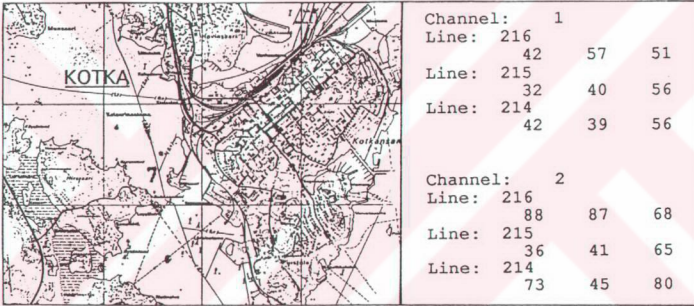
Isıl kızılotesi bantlardan (Kanal 4 ve 5) elde edilen orijinal yansıtma değerleri ile sıcaklık arasındaki ilişki lineer olmadığı (Bölüm 5.2.3.1) için, regresyon analizinde, sadece Kanal 1 ve 2'ye ait orijinal yansıtma değerleri ile ölçülen klorofil-a

değerleri arasında lineer regresyon eşitlikleri kurulup istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Kanal 3 ile herhangi bir su-kalitesi parametresi arasında bir ilişki gözlenmediği için değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 5-13 :25, 26 ve 27 Haziran 90 tarihlerinde farklı gözleme istasyonlarına ait NOAA/AVHRR dijital değerleri.

Tarih	İstasyon no:	Gerçek coğrafi koordinatlar		Düşeye çevrilmiş görüntüdeki coğrafi koordinatlar		Dijital değerler				
						K1	K2	K3	K4	K5
25/6/1990	7	3495640.0	6705110.0	3496268.0	6705902.0	21	22	147	95	87
	9	3502110.0	6707710.0	3503045.0	6708161.0	31	28	133	119	112
	11	3507520.0	6702890.0	3507563.0	6703643.0	40	37	113	129	123
	23	3494390.0	6696020.0	3494009.0	6696866.0	16	12	184	111	100
	24	3494280.0	6685630.0	3494009.0	6685572.0	16	12	183	111	100
	25	3499070.0	6693220.0	3498527.0	6692349.0	16	12	183	111	100
26/6/1990	1	3471740.0	6704100.0	3471444.0	6703511.0	19	15	168	108	98
	2	3472070.0	6699920.0	3471444.0	6698745.0	18	14	170	108	98
	3	3474780.0	6695750.0	3473828.0	6696362.0	17	15	173	107	97
	8	3497480.0	6699100.0	3497661.0	6698745.0	17	14	176	110	100
	21	3477550.0	6692550.0	3478594.0	6691595.0	17	14	173	110	100
	26	3503570.0	6685380.0	3502427.0	6684445.0	17	13	177	111	100
	27	3506170.0	6694530.0	3507194.0	6693978.0	17	13	176	110	100
	34	3513850.0	6682120.0	3514344.0	6682062.0	17	13	176	110	99
	36	3531870.0	6691680.0	3531026.0	6691595.0	16	13	176	109	99
27/6/1990	4	3480590.0	6703020.0	3480807.0	6701958.0	19	21	167	107	96
	5	3480520.0	6699390.0	3480807.0	6699333.0	18	16	175	111	100
	6	3489900.0	6702340.0	3488682.0	6701958.0	19	15	172	112	102
	18	3542080.0	6712250.0	3541188.0	6712460.0	18	25	168	105	94
	19	3540690.0	6707560.0	3541188.0	6707209.0	18	16	172	109	99
	29	3516660.0	6691600.0	3517560.0	6691457.0	17	14	175	113	101

Bazı gözleme istasyonlarının ada veya kara bölgelerine çok yakın oluşu (300 - 400 m), buna karşılık çözünürlüğün 1,1 km olması nedeniyle, elde edilen dijital yansıtma değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 5-30). Bunun için uygulamada bazı istasyonlara ait dijital yansıtma değerleri atılarak regresyon analizi yinelenmiştir. Örneğin, Şekil 5-33'te gösterilen 7 numaralı istasyon için 3 x 3 lük piksel bazında piksel değerleri incelendiğinde, istasyonun Kotka bölgesine çok yakın olması nedeniyle piksel değerlerinde oldukça büyük farklılıkların ortaya çıktığı gözlenmektedir. Farklılıklar, karaya çok yakın oluşu nedeniyle, istasyonun kendi yansıtma değerinin yanı sıra kara bölgelerinden yansıyan ışınımın da etkili olmasından doğmaktadır. Bu farklılıklar nedeniyle, 3 x 3 lük piksel bazının ortalaması yerine sadece o istasyona ait piksel değeri değerlendirilmede kullanılmıştır.



Şekil 5-30 : 7 numaralı istasyonun konumu (1:50 000) ve 3 x 3 lük piksel bazındaki yansıtma değerleri.

Gözleme istasyonlarının inceleme bölgesinde birbirlerine göre farklı uzaklıklarda dağılmış olmaları, buna karşılık eleman ve ölçme botu sayısının sınırlı ve maliyetin çok yüksek olması, ölçme sayısının istatistiksel değerlendirme için gerekenden az miktarda olması sonucunu doğurmuştur. Ölçme sayısının azlığı nedeniyle farklı günlere ait ölçme değerleri, atmosferik ve güneş açısının doğuracağı farklılıklar hesaba katılmadan birlikte ele alınmış ve bir karşılaştırma olarak regresyon analizinde kullanılmışlardır. Uygulamada göz önüne alınan tüm tek veya çoklu regresyon analizi sonuçları Tablo 5-14'de verilmektedir.

Tablo 5-14 : Farklı tarihlerde farklı gözleme istasyonlarından alınan klorofil-a değerleri ile bu istasyonların NOAA/AVHRR görüntüsünden alınan dijital yansıtma değerleri arasında yapılmış olan regresyon analizi sonuçları.

Tarih	Kanal No:	Regresyon Eşitliği	Korelasyon Katsayısı, R ² (%)
25 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = 6,44 + 5,9 \cdot 10^{-4} X$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 6,28 + 8,5 \cdot 10^{-3} X$	0,71
7 ve 11 nolu ist. hariç	1	$Y = 8,32 - 0,2 X$	96,80
7 ve 11 nolu ist. hariç	2	$Y = 7,78 - 0,11 X$	96,81
26 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = -47,81 + 3,25 X$	56,11
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = -7,69 + 1,11 X$	12,72
2 ve 3 nolu ist. hariç	1	$Y = 6,82 - 0,02 X$	0,03
2 ve 3 nolu ist. hariç	2	$Y = 3,18 + 0,25 X$	6,50
3 nolu ist. hariç	1	$Y = 62,66 + 3,25 X$	56,15
3 nolu ist. hariç	2	$Y = -24,42 + 2,37 X$	25,62
27 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = 1,10 - 0,41 X$	3,86
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 8,26 + 0,02 X$	0,16
4 ve 18 nolu ist. hariç	1	$Y = 17,58 - 0,50 X$	4,12
4 ve 18 nolu ist. hariç	2	$Y = -1,54 - 0,66 X$	9,96
4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	1	$Y = 16,60 - 0,50 X$	67,57
4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	2	$Y = 15,85 - 0,55 X$	82,43
25 + 26 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = 7,46 - 0,02 X$	0,71
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 7,34 - 0,02 X$	0,62
7, 11 ve 3 nolu ist. hariç	1	$Y = 9,15 - 0,13 X$	6,65
7, 11 ve 3 nolu ist. hariç	2	$Y = 8,73 - 0,13 X$	7,68
25 + 27 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = 8,68 - 0,06 X$	6,15
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 7,81 - 0,02 X$	0,55
7, 11, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	1	$Y = 9,49 - 0,15 X$	49,18
7, 11, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	2	$Y = 8,69 - 0,13 X$	41,99
26 + 27 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = -10,12 + 1,03 X$	18,70
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 5,75 + 0,14 X$	5,66
3, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	1	$Y = 24,17 - 0,97 X$	14,80
3, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	2	$Y = 1,89 + 0,40 X$	3,72
25 + 26 + 27 Haziran 1990			
Tüm ist. gözlemleri	1	$Y = 8,24 - 0,04 X$	1,47
Tüm ist. gözlemleri	2	$Y = 7,58 - 0,006 X$	0,04
7, 11, 3, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	1	$Y = 9,38 - 0,13 X$	6,86
7, 11, 3, 4, 18 ve 19 nolu ist. hariç	2	$Y = 8,88 - 0,13 X$	7,26

Lineer regresyon analizi yardımıyla istatistiksel değerdendirimin yapılması-na ilişkin bir örnek Ek. C'de verilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlardan görüldüğü gibi regresyon analizinden elde edilen korelasyon, ölçme sayısının azlığı ve bazı istasyonların kara bölgelerine yakınlığı nedeniyle oldukça düşük değerdedir. Farklı tarih kombinasyonları için denenen analiz sonuçları, atmosferik etkiler ve güneş açısının farklılığı nedeniyle beklenilenin altında elde edilmiştir. Doğal yapısının karmaşıklığı ve her türlü atmosferik etkenlere açık olması nedeniyle, su cisminde ait ölçülen kirlilik parametreleri ile uydu verileri arasında istenilen korelasyon katsayısının elde edilimi, bir günde gözlenecek olan ölçme sayısının artırılması (en azından 30 istasyon ölçmesi) ile sağlanacağı bu uygulamada açıkça görülmektedir. Farklı günlere ait ölçme kombinasyonları için ise, önceden oluşturulacak olan referans noktalarında atmosferin etkisi belirlenerek ve gerekli düzeltmeler getirilerek istatistiksel değerdendirme yapılmalıdır.

Orijinal verilerle yer doğruluklu ölçmelerin istatistiksel değerdendirimin yanı sıra, 25, 26 ve 27 Haziran 90 tarihli NOAA/AVHRR görüntülerine uygulanan kanal kalibrasyonu sonucu elde edilen albedo yüzdesi (1. ve 2. kanallardan) ve sıcaklık (4. ve 5. kanallardan) değerdeleri ile bu tarihlerde belirlenen gözleme istasyonlarından alınan yer doğruluklu ölçümler, lineer regresyon analizleri yardımıyla istatistiksel olarak irdelenmiştir. Orijinal verilerle irdelenen sonuçlar göz önüne alınarak en iyi korelasyonun elde edildiği durumlar için regresyon analizleri hem piksel, hem de komşu piksel (2 x 2, 3 x 3, veya 4 x 4) ortalamaları için alınmıştır.

Tablo 5-15'te, kalibre edilmiş görüntünün düşeye çevrilmesi ile elde edilen görüntüde, coğrafi koordinatları yardımıyla belirlenen istasyon noktalarına ait albedo yüzdesi ve sıcaklık değerdeleri verilmektedir.

Tablo 5-15'te görüleceği gibi, düşük korelasyona neden olan 7, 11, 3, 4, 18 ve 19 numaralı istasyonlara ait değerdeler göz ardı edilmiş olup, 4. kanala ait olan Kelvin sıcaklık değeri Celsius sıcaklık değerdeline dönüştürölüp regresyon analizinde kullanılmıştır. Uygulamada göz önüne alınan tüm tek veya çoklu regresyon analizi sonuçları, Tablo 5-16'da verilmektedir.

Tablo 5-15 :25, 26 ve 27 Haziran 1990 tarihlerinde farklı gözleme istasyonlarına ait kalibre edilmiş değerler.

Tarih	İstasyon No:	1. Kanal		2. Kanal		4. Kanal (°C)		5. Kanal (°C)	
		Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.	Piksel ort.
25/6/90	9	53,75	77	39,50	60	14,52	11,73	14,75	12
	23	23	23	9,25	9	15,43	15,46	15	15
	24	22	22	8	8	15,46	15,46	15,22	15
	25	23,5	23	9	9	15,64	15,58	15,50	15
26/6/90	1	32,75	33	19	18	17,19	16,92	17	17
	2	30,75	29	22,75	16	17,53	16,80	17,5	17
	8	28	28	15	15	15,59	15,82	15,5	16
	21	28,25	29	13,5	14	15,61	15,82	15,5	16
	26	26,25	27	12	12	15,61	15,70	15,75	16
	27	26	26	12	12	15,82	15,82	16	16
	34	26	25	12,5	12	15,97	15,94	16	16
	36	24,75	24	11	11	16,13	16,31	16	16
27/6/90	5	31,5	29	18,5	20	15,30	15,45	15	15
	6	32,33	32	26,22	18	15,70	14,83	15,56	15
	29	28	28	15	15	14,68	14,59	14,75	14

Orijinal verilerle yapılan regresyon analizi sonuçlarına benzer olarak, kalibre edilmiş değerler ile yer doğruluklu ölçmelerin korelasyonu düşük değerde gözlenmiştir. Bazi istasyonların göz ardı edilip regresyon eşitliklerinde çok yüksek korelasyon sağlanması, ölçme sayısının azlığı nedeniyle bir değer taşımamaktadır. İrdeleme sonucunda, istatistiksel değerlendirme için ölçme sayısının artırılması ve su-kalitesi parametrelerine etki eden faktörlerin tek tek ele alınıp gerekli düzeltmelerin getirilmesi gerekliliği saptanmıştır.

İstatistiksel değerlendirmede aynı zamanda bitki örtüsü indeksi de ((Kanal 2)/(Kanal 1) ve (Kanal 2 - Kanal 1)/(Kanal 2 + Kanal 1)) karşılaştırma amacıyla regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 5-17'de verilmektedir.

Tablo 5-16 :Farklı tarihlerde farklı gözleme istasyonlarından alınan klorofil-a ve sıcaklık (°C) ölçme değerleri ile bu istasyonların kalibre edilmiş NOAA/AVHRR görüntülerinden alınan değerleri arasında yapılmış olan regresyon analizlerinin sonuçları.

Tarih	Kanal No:	Regresyon Eşitliği	Korelasyon Katsayısı, R ² (%)
25 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = 7,78 - 0,06 X$	97,61
Göz önüne alınan tüm ist.	1(piksel)	$Y = 7,18 - 0,03 X$	97,21
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.)	$Y = 6,95 - 0,06 X$	98,41
Göz önüne alınan tüm ist.	2(piksel)	$Y = 6,73 - 0,04 X$	97,21
Göz önüne alınan tüm ist.	4(ort.)	$Y = 34,94 - 1,11 X$	70,68
Göz önüne alınan tüm ist.	4(piksel)	$Y = 22,68 - 0,32 X$	84,21
Göz önüne alınan tüm ist.	5(ort.)	$Y = 32,85 - 0,98 X$	21,83
Göz önüne alınan tüm ist.	5(piksel)	$Y = 23,85 - 0,41 X$	86,47
26 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = -19,73 + 1,00 X$	64,33
Göz önüne alınan tüm ist.	1(piksel)	$Y = -15,03 + 0,84 X$	36,49
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.)	$Y = -0,92 + 0,59 X$	88,07
Göz önüne alınan tüm ist.	2(piksel)	$Y = -4,87 + 0,93 X$	48,39
Göz önüne alınan tüm ist.	4(ort.)	$Y = -13,51 + 1,92 X$	62,94
Göz önüne alınan tüm ist.	4(piksel)	$Y = -30,98 + 3,01 X$	61,92
Göz önüne alınan tüm ist.	5(ort.)	$Y = -15,67 + 2,06 X$	64,89
Göz önüne alınan tüm ist.	5(piksel)	$Y = -31,48 + 3,02 X$	58,22
27 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = 15,42 - 0,26 X$	93,24
Göz önüne alınan tüm ist.	1(piksel)	$Y = 13,08 - 0,19 X$	40,54
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.)	$Y = 9,04 - 0,07 X$	45,95
Göz önüne alınan tüm ist.	2(piksel)	$Y = 11,66 - 0,23 X$	89,19
Göz önüne alınan tüm ist.	4(ort.)	$Y = -0,98 - 1,18 X$	42,86
Göz önüne alınan tüm ist.	4(piksel)	$Y = -13,31 + 2,03 X$	90,11
Göz önüne alınan tüm ist.	5(ort.)	$Y = 3,67 + 0,88 X$	14,84
Göz önüne alınan tüm ist.	5(piksel)	$Y = -5,00 + 1,50 X$	82,42
25 + 26 Haziran 1990*			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = 8,00 - 0,04 X$	2,65
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.)	$Y = 6,76 - 0,01 X$	0,11
Göz önüne alınan tüm ist.	4(piksel + ort.)	$Y = 15,97 + 0,11 X$	1,03
Göz önüne alınan tüm ist.	5(piksel + ort.)	$Y = 15,80 + 0,12 X$	1,18
25 + 27 Haziran 1990*			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = 8,53 - 0,06 X$	34,34
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort. + piksel)	$Y = 7,62 - 0,06 X$	29,42
Göz önüne alınan tüm ist.	4(piksel)	$Y = 21,90 - 0,30 X$	20,50
Göz önüne alınan tüm ist.	5(piksel)	$Y = 22,18 - 0,32 X$	16,53

Tablo 5-16 : devamı.

Tarih	Kanal No:	Regresyon Eşitliği	Korelasyon Katsayısı, R^2 (%)
26 + 27 Haziran 1990*			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = -3,26 + 0,38 X$	22,58
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.+piksel)	$Y = 13,62 + 0,40 X$	58,14
Göz önüne alınan tüm ist.	4(ort.+piksel)	$Y = -3,13 + 1,29 X$	49,60
Göz önüne alınan tüm ist.	5(ort.+piksel)	$Y = -0,18 + 1,12 X$	43,78
25 + 26 + 27 Haziran 1990*			
Göz önüne alınan tüm ist.	1(ort.)	$Y = 8,11 - 0,04 X$	2,29
Göz önüne alınan tüm ist.	2(ort.+piksel)	$Y = 6,90 - 0,01 X$	0,15
Göz önüne alınan tüm ist.	4(ort.+piksel)	$Y = 14,69 + 0,19 X$	2,79
Göz önüne alınan tüm ist.	5(ort.+piksel)	$Y = 14,25 + 0,21 X$	3,68

* Çoklu gözlemlere ait regresyon eşitliklerinde, tekli regresyon analizinde irdelenen korelasyon inceliğine göre, komşu piksel ortalama değeri veya ikisinin bir kombinasyonu hesaplarda kullanılmıştır.

Tablo 5-17'den de görüleceği üzere, elde edilen sonuçlar, Tablo 5-16'da elde edilen sonuçlara çok benzerdir. Tek bir güne ait regresyon analizi sonuçlarında elde edilen korelasyon, yüksek değerde olmasına karşılık, hesaba katılan ölçü sayısının çok az olması (minimum 3, maksimum 7) nedeniyle istatistiksel açıdan yeterli kabul edilememiştir. Farklı günlere ait ölçü değerlerinin regresyon analizinde beraber değerlendirimi sonucunda, korelasyon düşük değerde gözlenmiş olup, gerekli düzeltmelerin getirilmesinin gerekli olduğu bir kez daha ortaya konulmuştur.

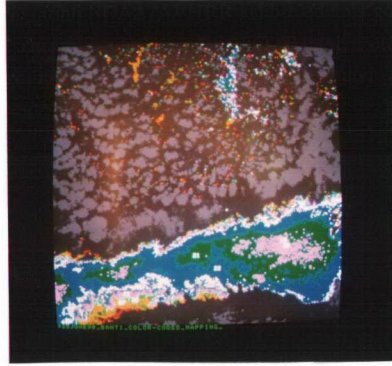
5.2.3.5. İncelenen Bölgede Su - Kalite Parametreleri İçin Sınıflandırılmış Görüntüler

Uzaktan algılanmış spektral verilerin sınıflandırılmasında kullanılan diğer yaygın bir sınıflandırma yöntemi de tek bir kanal verilerinin yoğunluk dilimlemesidir. Bu yöntem, bir görüntü histogramında X eksenı boyunca dağılmış olan dijital değerlerin belirlenen aralıklara veya dilimlere bölünmesidir. Görüntüde belirlenen aralığa düşen tüm dijital değerler, sonuç görüntüsünde tek bir dijital değer olarak görüntülenmektedir. Örneğin, altı farklı dilimin oluşturulması durumunda, sonuç görüntüsü, sadece altı farklı gri renk tonunu içerecektir. Bu gri renk tonlarının her birine tek bir renk atanmasıyla, sonuçta renkli kodlanmış görüntü oluşturulmaktadır.

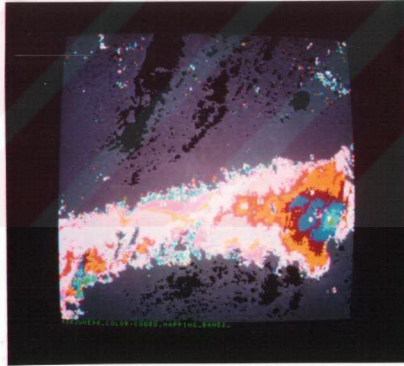
Tablo 5-17 : Bitki örtüsü indeksinin uygulanmasıyla elde edilen regresyon analizi sonuçları.

Tarih	Kanal No:	Regresyon Eşitliği	Korelasyon Katsayısı, R ² (%)
25 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K2)	Y = 8,31 - 5,02 X	96,81
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 3,61 - 6,15 X	98,01
26 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K1)	Y = - 3,54 + 21,48 X	82,04
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 17,63 + 30,96 X	87,86
27 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K2)	Y = 14,21 - 11,40 X	64,86
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 5,98 - 6,00 X	32,43
25 + 26 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K1)	Y = 3,24 + 7,29 X	18,77
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 9,69 + 8,25 X	16,89
25 + 27 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K1)	Y = 7,58 - 1,80 X	4,67
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 7,18 + 1,58 X	3,16
26 + 27 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K1)	Y = - 2,29 + 18,42 X	69,33
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 14,32 + 22,11 X	66,44
25 + 26 + 27 Haziran 1990			
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2/K1)	Y = 3,60 + 6,75 X	17,58
Göz önüne alınan tüm ist.	(K2-K1/K2+K1)	Y = 9,56 + 7,64 X	16,17

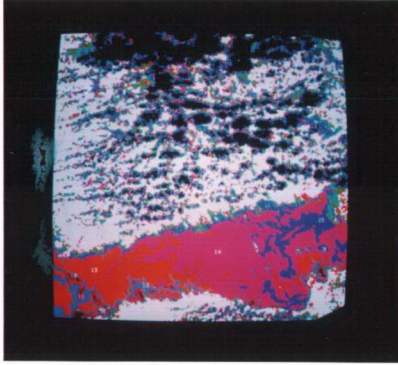
Bu çalışmada eldeki kalibre edilmiş NOAA/AVHRR verilerine yoğunluk dilimlemesi sınıflandırma yöntemi uygulanarak incelenen bölgenin klorofil-a (1. ve 2.



Şekil 5-31 : 25/6/90 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin klorofil-a için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 1, Pembe : 20, Koyu yeşil : 21, Koyu mavi : 22, Beyaz : 23, Koyu grimsi mavi : 24, Koyu pembe : 25, Açık yeşil : 26, Sarı : 27).



Şekil 5-32 : 26/6/90 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin klorofil-a için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 2, Yeşil : 7, Koyu mavi : 8, Koyu kırmızı : 9, Kirli sarı : 10, Yavru ağzı : 11, Gri : 12, Sarı : 13, Pembe : 14, Açık mor : 15, Cam göbeği mavi : 16).



Şekil 5-33 : 27/6/90 tarihli NOAA/AVHRR kalibre edilmiş görüntü verilerinin sıcaklık için sınıflandırılmış görüntüsü (Bant 5, Koyu mavi : 15, Koyu pembe : 14, Kırmızı : 13, Grimsi koyu mavi : 12, Koyu kırmızı : 11, Nefti yeşil : 10).

Ardı sıralı 3 güne ait klorofil-a parametresi için hazırlanan tüm renkli kodlanmış görüntülerin birlikte incelenmesi sonucu, kirliliğin, Kotka-Hamina bölgesi için özellikle Kotka bölgesinde yüksek değerde olduğu görülmektedir. Böl. 5.2.2'de kirletici kaynakların dağılımına ilişkin olarak kirlenmenin, Sovyet kara sularında gözlenen yüksek nütrient konsantrasyonları ve doğudan batıya doğru olan akıntının etkisi nedeniyle Finlandiya körfezinin doğu kıyılarında yoğun olduğu açıklanmış ve renkli kodlanmış görüntülerden de bunun doğruluğu kanıtlanmıştır. Sıcaklık parametresi ise, klorofil-a konsantrasyonunun yoğun olduğu bölgelerde daha yüksek olup, sıcaklığın kirlilik ile orantılı olarak arttığı renkli kodlanmış görüntülerde belirgin olarak gözlenmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Son 20 yıldan beri Uzaktan Algılama ve uzaktan algılanmış verilerin dijital görüntü işleme, yenilik, başlangıç, araştırma ve son zamanlarda gelişme aşamalarından geçip, günümüzde, bilimsel yönü olduğu kadar ekonomikliğide göz önüne alınarak belirli uygulama projelerine rutin bir şekilde uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, körfezlerdeki su-kalitesinin irdelenmesi amacına yönelik olarak, İzmit körfezi ile Finlandiya körfezinde uydu görüntü verileri ile seçilen inceleme bölgelerinde kirlilik dağılımları saptanmaya çalışılmıştır.

İlk uygulama olan İzmit körfezinde, $29^{\circ} 40'$ ve $29^{\circ} 50'$ doğu boylam ile $40^{\circ} 38'$ ve $40^{\circ} 50'$ kuzey enlemleri arasında kalan bölgede su-kalitesi 12 Haziran 1984 tarihli LANDSAT-5 TM verileri ile irdelenmiştir. Arazi yapısı, konumu, kaynakları, halihazır imar planları ile hızlı endüstrileşme ve şehirleşmeye maruz kalan İzmit körfezinde çevre kirliliğinin – özellikle su kirliliğinin – çok önemli boyutlara ulaşması, doğal kaynaklarımızın başında gelen denizler ve bunların ayrılmaz parçası olan körfezlerin sorunlarına çözüm alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla, uydu görüntü verilerinin yer doğruluklu ölçmeler olmaksızın sınıflandırması yapılmış, elde edilen sonuç görüntülerinin yorumlanması mevcut teknik raporlar ışığı altında ele alınmıştır. Uygun yer doğruluklu ölçmelerin olmayışı nedeniyle, özellikle su cismi gibi karmaşık bir yapıya sahip alanların uzaktan elde edilmiş yansıtım ölçmelerini doğru olarak yorumlamak ekseriya zor olmasına karşılık, farklı spektral duyarlıklılı alanların basitçe saptanması ve bu tür alanların kantitatif belirlenmesi ve haritalanmasının uzaktan algılama teknikleri ile başarılı bir şekilde yapılabileceği bu çalışmada gösterilmiştir. Yapılan yorumlama sonucunda, körfezdeki su kirliliğinin, doğu bölgesinde yoğun olmak üzere orta bölgesine doğru – özellikle kuzey kıyılarını takiben – yayıldığı görülmektedir. Son yıllarda endüstriyel kaynaklarda alınan tedbirlerle körfeze giren atık yükünde azalma kaydedilmesine rağmen sonucun tatmin edici düzeyde olmayışı, körfezde sağlıklı alt yapının hızla tamamlanması, endüstrilerin arıtma tesislerinin kurulması gibi acil önlemlerin alınması gerçeğini teknik raporların ışığı altında burada vurgulamaktadır.

Diğer uygulama, Finlandiya körfezinde, $26^{\circ} 25'$ ve $27^{\circ} 20'$ doğu boylam ile $60^{\circ} 20'$ ve $60^{\circ} 35'$ kuzey enlemleri arasında kalan bölgede 25, 26 ve 27 Haziran 1990 tarihlerinde elde edilmiş NOAA/AVHRR uydu verileri ile yapılmıştır. Kurulan 36 örnekleme istasyonunda uydunun geçtiği saat ile senkronize olarak yer doğruluklu ölçümler elde edilmeye çalışılmış olmasına rağmen, eleman ve ölçme botu sayısının sınırlı olması, körfezdeki irili ufaklı birçok ada nedeniyle erişilebilme zorluğu ve ölçme maliyetinin çok yüksek oluşu bir günde ölçü alınan istasyon noktası sayısını sınırlamıştır. Bu ise, yer doğruluklu ölçmeler ile uydu verileri arasındaki korelasyonun saptanması için uygulanan istatistiksel regresyon analizleri sonucunda, korelasyon katsayısının beklenilenden daha düşük elde edilmesine neden olmuştur. Üç güne ait yer doğruluklu ölçümlerin birlikte alınıp, istatistiksel değerlendirmede irdelenmesi ise, farklı günlere ait atmosferik ve güneş açısı düzeltmelerinin yapılması zorunluluğunu ortaya koymuştur. Elde edilmiş sınıflandırılmış görüntülerde klorofil-a ve sıcaklık dağılımlarının teknik raporlarla çok iyi bir uyum gösterdiği görülmüştür.

Bu iki uygulamanın önemli bir sonucu, kullanılan farklı tipteki iki uydudan elde edilen görüntü verilerinin su-kalitesi değerlendirmesi için ortaya çıkardıkları farklılıklardır. Gerek çözünürlüğü gerekse spektral bantlarının sayısının fazlalığı nedeniyle birçok yeryüzü kaynaklarını inceleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılan LANDSAT uyduları, kıyı bölgelerine ait kirlenme, askıdaki sediment konsantrasyonu ve spektral yansımayı değiştiren su kirliliğine ait birçok uygulamalarda önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır. İncelenen bölgenin sinoptik bir görüşünün sağlanması büyük bir avantaj olmasına karşılık bulut ve sis gibi etkenler görüntü kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Aynı zamanda aynı bölgeye ait görüntülerin elde ediliminde geçen 16-18 günlük süre su kirliliğinde gözlenecek değişimlerin saptanmasında bir engel teşkil etmektedir. Su-kalitesi değerlendirmesinde önemli bir parametre olan sıcaklık değişiminde, iki ısı kızıltötesi dalga boyuna sahip olması, bir günde iki görüntü elde etme olanağının bulunması ve kanal kalibrasyonu sonucunda $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ lık bir presizyona erişilebilmesi, NOAA/AVHRR uyduları için büyük bir üstünlük sağlamaktadır. Fakat uzaysal çözünürlüğün yaklaşık 1 km olması ve diğer uydularda olduğu gibi bulut örtüsü engelini var oluşu görüntü kalitesini olumsuz şekilde etkilemektedir.

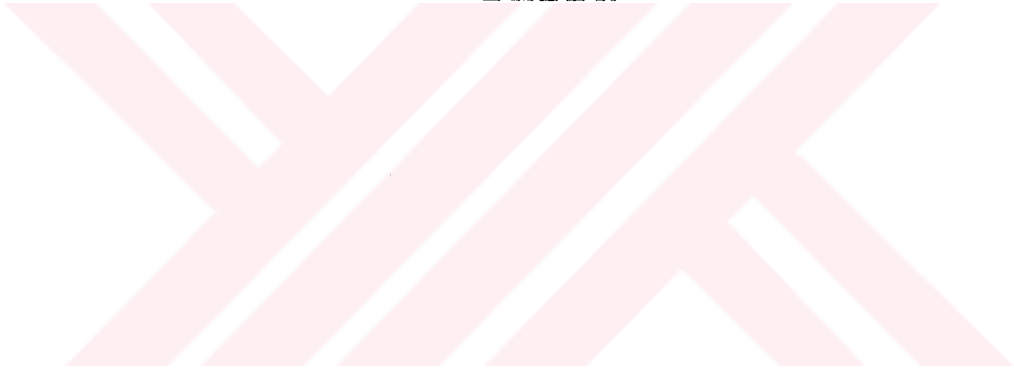
Sonuç olarak, detaylı bir su-kalitesi değerlendirmesi için uzaktan algılanan uydu verileri, yer doğruluklu ölçmelerin yerini tutmamasına rağmen, sinoptik görüş, zaman ve maliyet açısından çok büyük avantajları içermesi ve gelişen teknolojiye paralel olarak işleme, kalibrasyon ve atmosferik düzeltme tekniklerinde sağlanan önemli gelişmeler nedeniyle, günümüzde güncelliği günden güne artan çevre sorunları için vazgeçilmez bir kaynak olarak büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] CURRAN, P.J., Principles of Remote Sensing, Longman Scientific & Technical, 1985.
- [2] ÖRMECİ, C., Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1987.
- [3] ZHIZHUO, W., Principles of Photogrammetry (with Remote Sensing), Press of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, May, 1990.
- [4] ASRAR, G., Theory and Applications of Optical Remote Sensing, Wiley Science, 1986.
- [5] MOORE, G.K., Satellite Remote Sensing of Water Turbidity, Hydrological Sciences Bulletin, Vol.25, pp.4, 1980.
- [6] VAN STOKKOM, H.T.C., STOKMAN, G.N.M. and HOVENIER, J.W., Reflections on the Quantitative Use of Optical Remote Sensing in Water Applications, Int. Symp. Remote Sensing and Water Resources, pp.731-740, 1990.
- [7] LILLESAND, T.M. and KIEFER, R.W., Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, 1987.
- [8] SWAIN, P.H., Pattern Recognition : A Basis for Remote Sensing Analysis, LARS Information Note 111572, Purdue University, Lafayette, 1972.
- [9] DUDA, R.O. and HART P.E., Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, 1987.
- [10] MAKTAV, D., Marmara Bölgesinde Su ile Örtülü Alanların Orijinal ve Yapay LANDSAT-4 Görüntü Verileri Yardımı ile İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., 1985.
- [11] SUNAR, F., LANDSAT Yer Uydusu Verilerinin Bilgisayarda Okutulması ve Görüntü Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., 1986.

- [12] İSKİ., İstanbul Boğazı Akıntılarının ve Kentsel Atık Sularının Bilançosu, Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, Mart, 1990.
- [13] ORHON, D., GÖNENÇ, İ.E., TÜNAY O. ve AKKAYA M., Çevresel Kalite Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Teknolojik Esasların Saptanması, Ara Rapor, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Haziran, 1984.
- [14] KAVASOĞULLARI, M., İzmit Körfezinde Su Sirkülasyonu ve Kalite Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., 1988.
- [15] ORHON, D., GÖNENÇ, İ.E., TÜNAY O. ve AKKAYA M., Çevresel Kalite Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Teknolojik Esasların Saptanması, Sonuç Raporu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Haziran, 1984.
- [16] TÜBİTAK - MAG., Determination of Oceanographic Characteristics and Assimilation Capacity of İzmit Bay, First Annual Report, 1985.
- [17] BAYKUT, F., AYDIN, A. ve ARTÜZ, M.İ., Ecological Situation of Sea of Marmara Chemosphere, Vol.16, Nas. 2/3, pp. 339-350, 1987.
- [18] PITKÄNEN, H., KANGAS, P., MIETTINEN, V. and EKHOLM, P., The State of the Finnish Coastal Waters in 1979-83, Vesi-ja Ympäristöhallitus, Helsinki, 1990.
- [19] PITKÄNEN, H., KANGAS, P., SARKKULA, J., LEPISTÖ, L., HÄLLFORS, G. and KAUPPILA, P., Water Quality and Trophic Status in the Eastern Gulf of Finland, A Report on Studies in 1987-88, Vesi-ja Ympäristöhallitus, Helsinki, 1990.
- [20] DISIMP., DISIMP Release Notes, Version 4.1, CSIRO Division of Information Technology, May, 1988.
- [21] MENDENHALL, W. and REINMUTH, J.E., Statistics for Management and Economics, Duxbury Press, 1982.

EKLER



EK. A

Spektral histogramlara örnek olarak, İzmit bölgesinde mevcut görüntü verilerinin 7 kanaldaki spektral dağılımı ile Finlandiya körfezine ait düşeye çevrilmiş 25/6/1990 tarihli görüntüye ait uydu verilerinin 5 kanaldaki spektral dağılımı verilmektedir.



KORFEZ.DAT

Number of bits/pixel in image: 8

Histogram for channel: 1 Name: 1
 Max. count: 693 Total count: 16382
 An "a" represents 5.98 counts

Value Cum. %

```

62 ( 0.01) +
63 ( 0.01) +
64 ( 0.05) +
65 ( 0.26) ***
66 ( 1.17) *****
67 ( 2.32) *****
68 ( 4.08) *****
69 ( 5.84) *****
70 ( 10.56) *****
71 ( 13.51) *****
72 ( 15.58) *****
73 ( 19.48) *****
74 ( 21.40) *****
75 ( 24.11) *****
76 ( 26.57) *****
77 ( 29.11) *****
78 ( 31.82) *****
79 ( 33.34) *****
80 ( 35.38) *****
81 ( 35.89) *****
82 ( 38.32) *****
83 ( 42.26) *****
84 ( 42.26) *****
85 ( 46.01) *****
86 ( 45.90) *****
87 ( 47.75) *****
88 ( 49.15) *****
89 ( 50.69) *****
90 ( 53.19) *****
91 ( 56.84) *****
92 ( 60.08) *****
93 ( 62.73) *****
94 ( 65.32) *****
95 ( 63.59) *****
96 ( 70.52) *****
97 ( 72.22) *****
98 ( 74.48) *****
99 ( 73.25) *****
100 ( 80.93) *****
101 ( 85.19) *****
102 ( 88.73) *****
103 ( 91.56) *****
104 ( 92.86) *****
105 ( 94.18) *****
106 ( 95.07) *****
107 ( 96.02) *****
108 ( 96.59) *****
109 ( 96.94) *****
110 ( 97.22) *****
111 ( 97.44) *****
112 ( 97.64) ***
113 ( 97.79) ***
114 ( 97.90) ***
115 ( 98.09) ***
116 ( 98.18) **

```

```

117 ( 98.33) ***
118 ( 98.43) **
119 ( 98.50) ***
120 ( 98.74) ***
121 ( 98.82) **
122 ( 98.90) *
123 ( 99.02) **
124 ( 99.16) **
125 ( 99.20) *
126 ( 99.29) **
127 ( 99.33) *
128 ( 99.38) *
129 ( 99.41) +
130 ( 99.47) *
131 ( 99.52) *
132 ( 99.54) +
133 ( 99.55) +
134 ( 99.59) *
135 ( 99.63) *
136 ( 99.69) *
137 ( 99.71) +
138 ( 99.73) +
139 ( 99.75) +
140 ( 99.76) +
141 ( 99.80) *
142 ( 99.82) +
143 ( 99.84) +
144 ( 99.85) +
146 ( 99.85) +
148 ( 99.87) +
149 ( 99.88) +
151 ( 99.88) +
152 ( 99.90) +
153 ( 99.90) +
154 ( 99.91) +
155 ( 99.92) +
156 ( 99.93) +
157 ( 99.94) +
158 ( 99.96) +
159 ( 99.97) +
160 ( 99.98) +
161 ( 99.98) +
163 ( 99.99) +
237 ( 99.99) +
238 (100.00) +

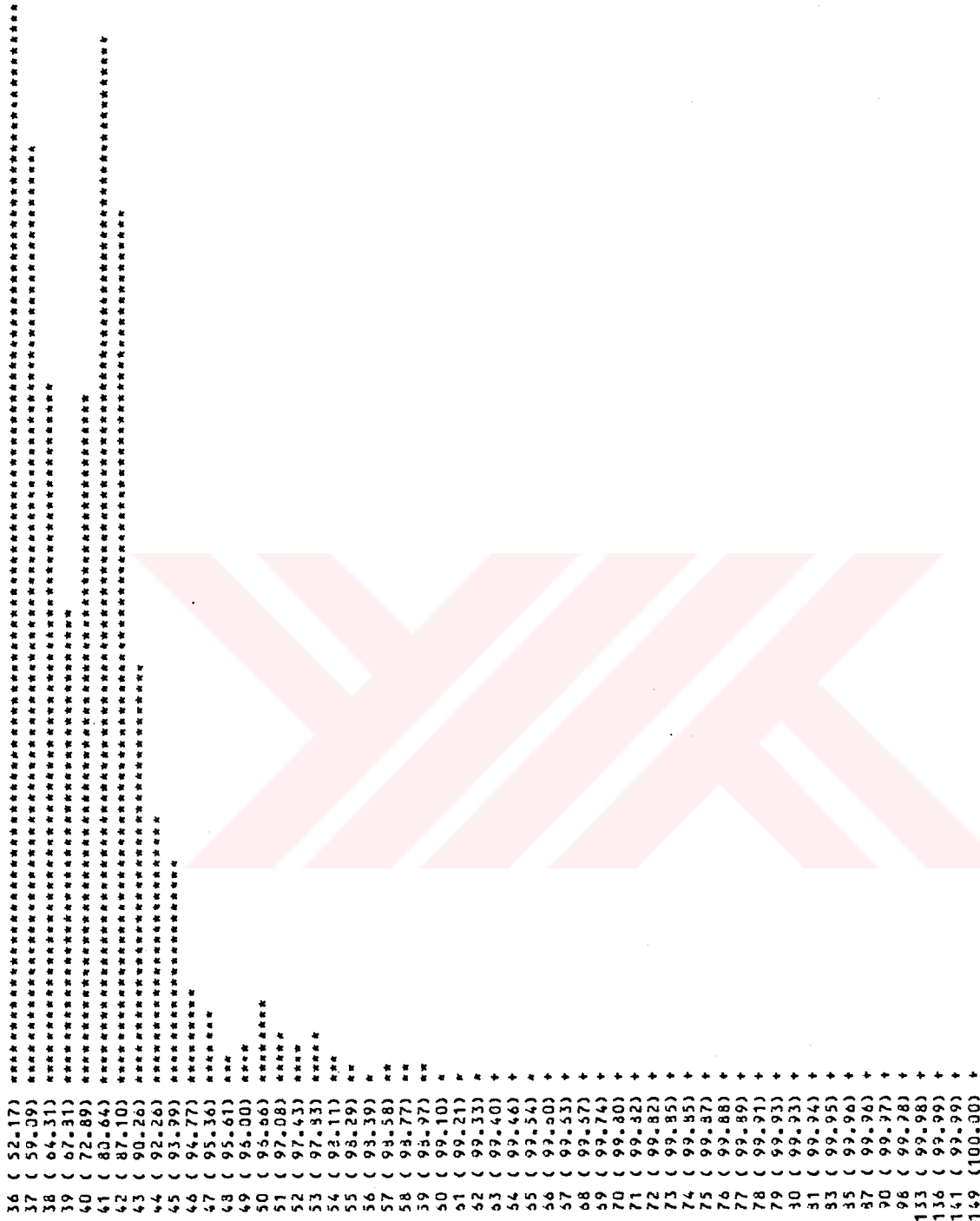
```

Histogram for channel: 2 Name: 2
 Max. count: 1295 Total count: 16384
 An "n" represents 12.96 counts

```

Value Cum. %
23 ( 0.01) +
24 ( 0.06) +
25 ( 0.46) ****
26 ( 1.97) *****
27 ( 5.79) *****
28 ( 9.48) *****
29 ( 15.45) *****
30 ( 20.50) *****
31 ( 23.36) *****
32 ( 23.25) *****
33 ( 31.07) *****
34 ( 39.29) *****

```



Histogram for channel: 3 Wave: 3
 Max. count: 1193 Total count: 16384
 An "x" represents 11.93 counts
 Value Cum. %
 18 (0.02) +

```

19 ( 3.35) ***
20 ( 1.61) *****
21 ( 5.54) *****
22 ( 10.53) *****
23 ( 13.96) *****
24 ( 16.08) *****
25 ( 19.69) *****
26 ( 22.57) *****
27 ( 25.78) *****
28 ( 27.45) *****
29 ( 32.56) *****
30 ( 37.31) *****
31 ( 40.61) *****
32 ( 45.63) *****
33 ( 47.57) *****
34 ( 56.24) *****
35 ( 56.67) *****
36 ( 60.60) *****
37 ( 65.77) *****
38 ( 73.05) *****
39 ( 78.13) *****
40 ( 81.35) *****
41 ( 85.80) *****
42 ( 85.36) *****
43 ( 85.46) *****
44 ( 87.27) *****
45 ( 83.23) *****
46 ( 82.22) *****
47 ( 90.35) *****
48 ( 90.59) *****
49 ( 91.22) *****
50 ( 91.97) *****
51 ( 92.68) *****
52 ( 93.22) *****
53 ( 93.82) *****
54 ( 94.37) *****
55 ( 94.86) *****
56 ( 95.12) ***
57 ( 95.34) ***
58 ( 93.74) *****
59 ( 95.12) *****
60 ( 95.46) *****
61 ( 95.31) *****
62 ( 97.19) *****
63 ( 97.32) *
64 ( 97.52) **
65 ( 97.76) ***
66 ( 98.02) ***
67 ( 98.22) **
68 ( 93.36) *
69 ( 98.54) **
70 ( 98.67) *
71 ( 98.77) *
72 ( 98.86) *
73 ( 98.94) *
74 ( 99.08) **
75 ( 99.22) *
76 ( 99.28) +
77 ( 99.33) +
78 ( 99.41) *
79 ( 99.46) +
80 ( 99.49) +
81 ( 99.54) +

```

```

52 ( 99.58) +
53 ( 99.62) +
34 ( 99.65) +
35 ( 99.69) +
36 ( 99.75) +
37 ( 99.79) +
38 ( 99.79) +
39 ( 99.80) +
90 ( 99.82) +
91 ( 99.83) +
93 ( 99.84) +
94 ( 99.85) +
95 ( 99.86) +
96 ( 99.88) +
97 ( 99.90) +
98 ( 99.91) +
99 ( 99.91) +
100 ( 99.92) +
102 ( 99.93) +
103 ( 99.93) +
104 ( 99.94) +
105 ( 99.95) +
107 ( 99.96) +
117 ( 99.96) +
122 ( 99.98) +
126 ( 99.98) +
129 ( 99.99) +
133 (100.00) +

```

```

Histogram for channel: 4 Name: 4
Max. count: 1043 Total count: 16384
An "n" represents 10.46 counts

```

```

Value Cum. %
12 ( 0.01) +
13 ( 0.20) **
14 ( 0.33) **
15 ( 0.48) **
16 ( 0.68) ***
17 ( 0.95) ****
18 ( 1.51) *****
19 ( 2.34) *****
20 ( 3.35) *****
21 ( 4.60) *****
22 ( 6.14) *****
23 ( 7.85) *****
24 ( 9.93) *****
25 ( 12.64) *****
26 ( 15.64) *****
27 ( 17.85) *****
28 ( 19.93) *****
29 ( 22.64) *****
30 ( 25.04) *****
31 ( 27.98) *****
32 ( 30.44) *****
33 ( 32.98) *****
34 ( 35.44) *****
35 ( 37.98) *****
36 ( 40.37) *****
37 ( 42.94) *****
38 ( 45.01) *****
39 ( 47.01) *****
40 ( 49.01) *****
41 ( 51.01) *****
42 ( 53.01) *****
43 ( 55.01) *****
44 ( 57.01) *****
45 ( 59.01) *****
46 ( 61.01) *****
47 ( 63.01) *****
48 ( 65.01) *****
49 ( 67.01) *****
50 ( 69.01) *****

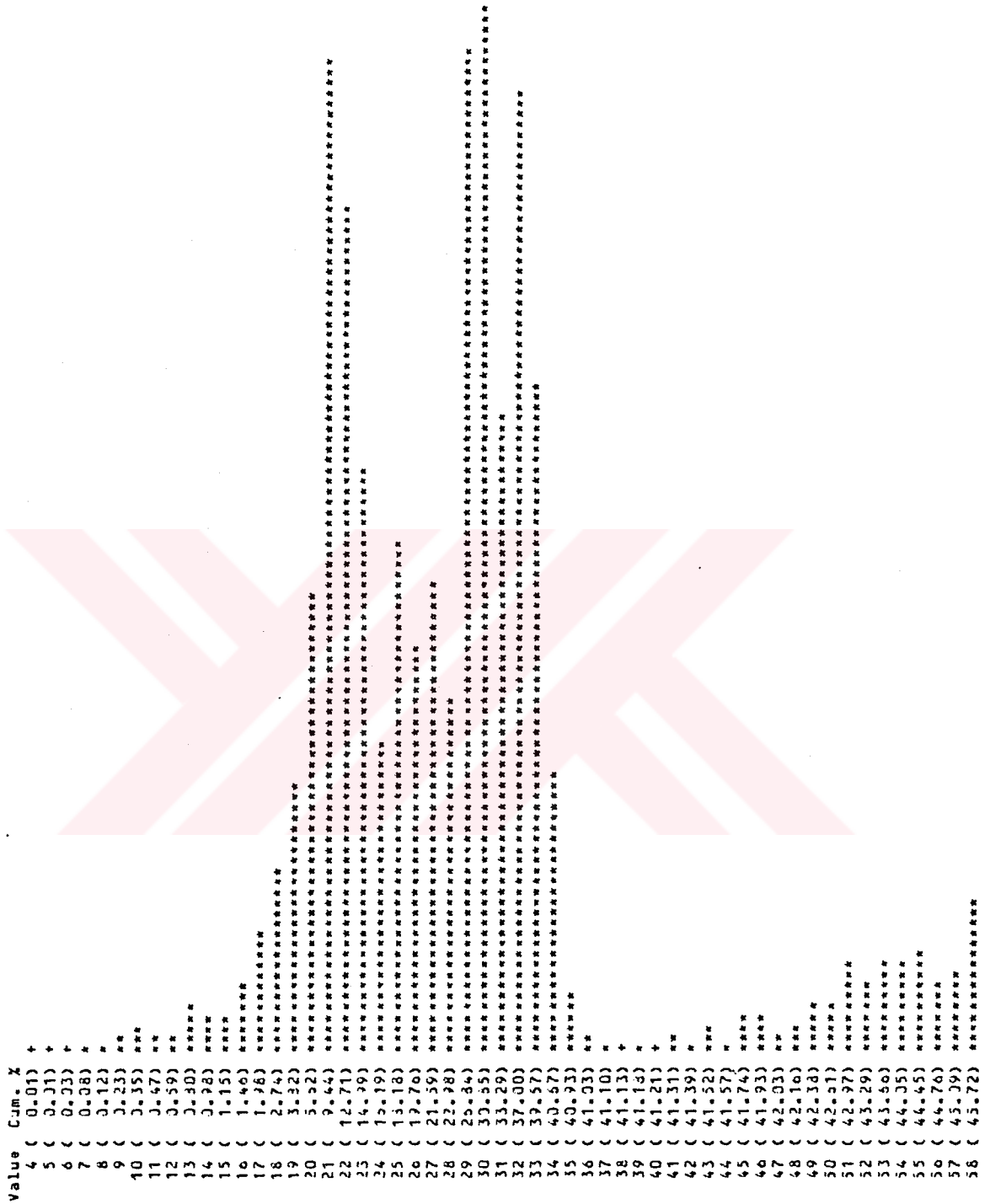
```

42 (41-28) +
 43 (41-32) +
 44 (41-33) +
 45 (41-36) +
 46 (41-42) +
 47 (41-48) +
 48 (41-51) +
 49 (41-56) +
 50 (41-64) +
 51 (41-57) +
 52 (41-74) +
 53 (41-83) +
 54 (41-92) +
 55 (42-05) +
 56 (42-19) +
 57 (42-39) +
 58 (42-61) +
 59 (42-88) +
 60 (43-15) +
 61 (43-66) +
 62 (44-12) +
 63 (44-49) +
 64 (44-91) +
 65 (45-39) +
 66 (46-19) +
 67 (46-91) +
 68 (47-30) +
 69 (46-57) +
 70 (47-78) +
 71 (53-57) +
 72 (51-43) +
 73 (52-40) +
 74 (53-81) +
 75 (55-15) +
 76 (56-52) +
 77 (57-97) +
 78 (59-56) +
 79 (62-85) +
 80 (61-98) +
 81 (63-06) +
 82 (64-64) +
 83 (65-63) +
 84 (63-04) +
 85 (69-58) +
 86 (71-12) +
 87 (72-50) +
 88 (73-52) +
 89 (74-49) +
 90 (75-56) +
 91 (75-70) +
 92 (77-54) +
 93 (78-37) +
 94 (79-18) +
 95 (79-38) +
 96 (80-41) +
 97 (81-07) +
 98 (81-90) +
 99 (82-73) +
 100 (83-50) +
 101 (84-23) +
 102 (84-80) +
 103 (85-47) +

124 (85.81) *****
 105 (86.36) *****
 106 (86.86) *****
 107 (87.51) *****
 108 (87.96) *****
 109 (88.46) *****
 110 (88.93) *****
 111 (89.45) *****
 112 (89.33) *****
 113 (90.16) *****
 114 (90.55) *****
 115 (91.39) *****
 116 (91.41) *****
 117 (91.76) *****
 118 (92.13) *****
 119 (92.52) *****
 120 (92.83) *****
 121 (93.07) *****
 122 (93.32) *****
 123 (93.55) *****
 124 (93.33) *****
 125 (94.06) *****
 126 (94.31) *****
 127 (94.93) *****
 128 (94.92) *****
 129 (95.06) *****
 130 (95.26) *****
 131 (95.51) *****
 132 (95.79) *****
 133 (95.03) *****
 134 (95.23) *****
 135 (95.38) *****
 136 (95.48) *****
 137 (96.59) *****
 138 (96.89) *****
 139 (97.06) *****
 140 (97.24) *****
 141 (97.41) *****
 142 (97.57) *****
 143 (97.74) *****
 144 (97.88) *****
 145 (97.99) *****
 146 (98.11) *****
 147 (98.24) *****
 148 (98.38) *****
 149 (98.49) *****
 150 (98.61) *****
 151 (98.74) *****
 152 (98.86) *****
 153 (99.03) *****
 154 (99.15) *****
 155 (99.22) *****
 156 (99.32) *****
 157 (99.35) *****
 158 (99.41) *****
 159 (99.47) *****
 160 (99.51) *****
 161 (99.55) *****
 162 (99.61) *****
 163 (99.65) *****
 164 (99.73) *****
 165 (99.80) *****
 166 (99.85) *****



korfez.DAT
 Number of bits/pixel in image: 8
 Histogram for channel: 5 Name: S
 Max. count: 655 Total count: 16384
 An "x" represents 5.50 counts



59 (46.41) *****
 50 (47.10) *****
 51 (47.78) *****
 52 (48.34) *****
 53 (49.59) *****
 54 (50.44) *****
 55 (51.48) *****
 56 (52.30) *****
 57 (54.05) *****
 58 (56.94) *****
 59 (56.47) *****
 70 (57.98) *****
 71 (59.16) *****
 72 (63.13) *****
 73 (61.46) *****
 74 (62.58) *****
 75 (64.31) *****
 76 (65.55) *****
 77 (65.37) *****
 78 (63.59) *****
 79 (69.57) *****
 80 (70.56) *****
 81 (71.74) *****
 82 (73.00) *****
 83 (74.57) *****
 84 (75.36) *****
 85 (75.44) *****
 86 (77.30) *****
 87 (79.03) *****
 88 (80.00) *****
 89 (80.82) *****
 90 (81.81) *****
 91 (82.71) *****
 92 (83.66) *****
 93 (84.50) *****
 94 (85.53) *****
 95 (85.22) *****
 96 (85.77) *****
 97 (87.37) *****
 98 (83.35) *****
 99 (84.31) *****
 100 (89.29) *****
 101 (89.91) *****
 102 (90.53) *****
 103 (91.24) *****
 104 (91.59) *****
 105 (92.11) *****
 106 (92.66) *****
 107 (93.21) *****
 108 (93.56) *****
 109 (94.11) *****
 110 (94.58) *****
 111 (94.99) *****
 112 (95.25) *****
 113 (95.56) *****
 114 (95.39) *****
 115 (96.21) *****
 116 (96.34) *****
 117 (96.54) *****
 118 (97.15) *****
 119 (97.42) *****
 120 (97.55) *****
 121 (97.78) *****

122	(97.37)	***
123	(93.24)	***
124	(93.43)	***
125	(95.57)	***
126	(93.73)	***
127	(91.14)	**
128	(99.33)	***
129	(99.13)	**
130	(99.22)	**
131	(99.29)	*
132	(99.35)	*
133	(92.41)	*
134	(99.50)	**
135	(99.55)	**
136	(99.62)	*
137	(99.65)	+
138	(99.69)	*
139	(99.74)	*
140	(99.78)	*
141	(99.79)	+
142	(99.82)	+
143	(99.83)	+
144	(99.85)	+
145	(99.85)	+
146	(99.87)	+
147	(99.88)	+
148	(99.88)	+
149	(99.90)	+
150	(99.90)	+
151	(99.93)	+
152	(99.94)	+
153	(99.95)	+
154	(99.96)	+
155	(99.96)	+
156	(99.97)	+
157	(99.97)	+
158	(99.97)	+
159	(99.97)	+
160	(99.97)	+
161	(99.98)	+
162	(99.98)	+
163	(99.99)	+
164	(99.99)	+
165	(100.00)	+

Histogram for channel: 6 Name: 6
Max. count: 4050 Total count: 16384
An "x" represents 40.50 counts

Value	Cum. %
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100
31	100
32	100
33	100
34	100
35	100
36	100
37	100
38	100
39	100
40	100
41	100
42	100
43	100
44	100
45	100
46	100
47	100
48	100
49	100
50	100
51	100
52	100
53	100
54	100
55	100
56	100
57	100
58	100
59	100
60	100
61	100
62	100
63	100
64	100
65	100
66	100
67	100
68	100
69	100
70	100
71	100
72	100
73	100
74	100
75	100
76	100
77	100
78	100
79	100
80	100
81	100
82	100
83	100
84	100
85	100
86	100
87	100
88	100
89	100
90	100
91	100
92	100
93	100
94	100
95	100
96	100
97	100
98	100
99	100
100	100

112	(0.31)	+
113	(3.15)	+
114	(1.03)	***
115	(2.39)	***
116	(5.03)	***
117	(16.74)	***
118	(41.46)	***
119	(49.01)	***
120	(50.38)	***
121	(51.39)	***
122	(53.13)	***
123	(54.50)	***
124	(55.50)	***
125	(57.03)	***
126	(59.48)	***

```

127 ( 60.72) *****
128 ( 63.82) *****
129 ( 66.52) *****
130 ( 69.46) *****
131 ( 71.29) *****
132 ( 74.01) *****
133 ( 77.17) *****
134 ( 79.13) *****
135 ( 80.33) *****
136 ( 82.26) *****
137 ( 85.06) *****
138 ( 87.12) *****
139 ( 89.28) *****
140 ( 91.26) *****
141 ( 94.01) *****
142 ( 95.51) *****
143 ( 95.72) *
144 ( 97.58) *****
145 ( 98.51) *****
146 ( 99.27) **
147 ( 99.57) *
148 ( 99.70) +
149 ( 99.93) +
150 ( 99.95) +
151 ( 99.96) +
152 ( 99.97) +
153 ( 99.98) +
154 ( 99.98) +
155 ( 99.98) +
156 (100.00) +

```

histogram for channel: 7 Name: 7
 Max. Count: 1475 Total count: 10383
 An "n" represents 14.75 counts

Value	Cum. %
2 (0.31) +	
3 (0.34) +	
4 (0.38) +	
5 (0.22) *	
6 (0.42) **	
7 (3.54) *	
8 (0.34) ***	
9 (1.24) ****	
10 (2.09) *****	
11 (3.56) *****	
12 (5.24) *****	
13 (11.35) *****	
14 (15.13) *****	
15 (13.49) *****	
16 (21.59) *****	
17 (25.23) *****	
18 (35.24) *****	
19 (42.31) *****	
20 (43.79) *****	
21 (53.92) *****	
22 (57.31) *****	
23 (59.76) *****	
24 (61.77) *****	
25 (64.59) *****	
26 (67.47) *****	
27 (69.52) *****	
28 (73.73) *****	
29 (72.76) *****	

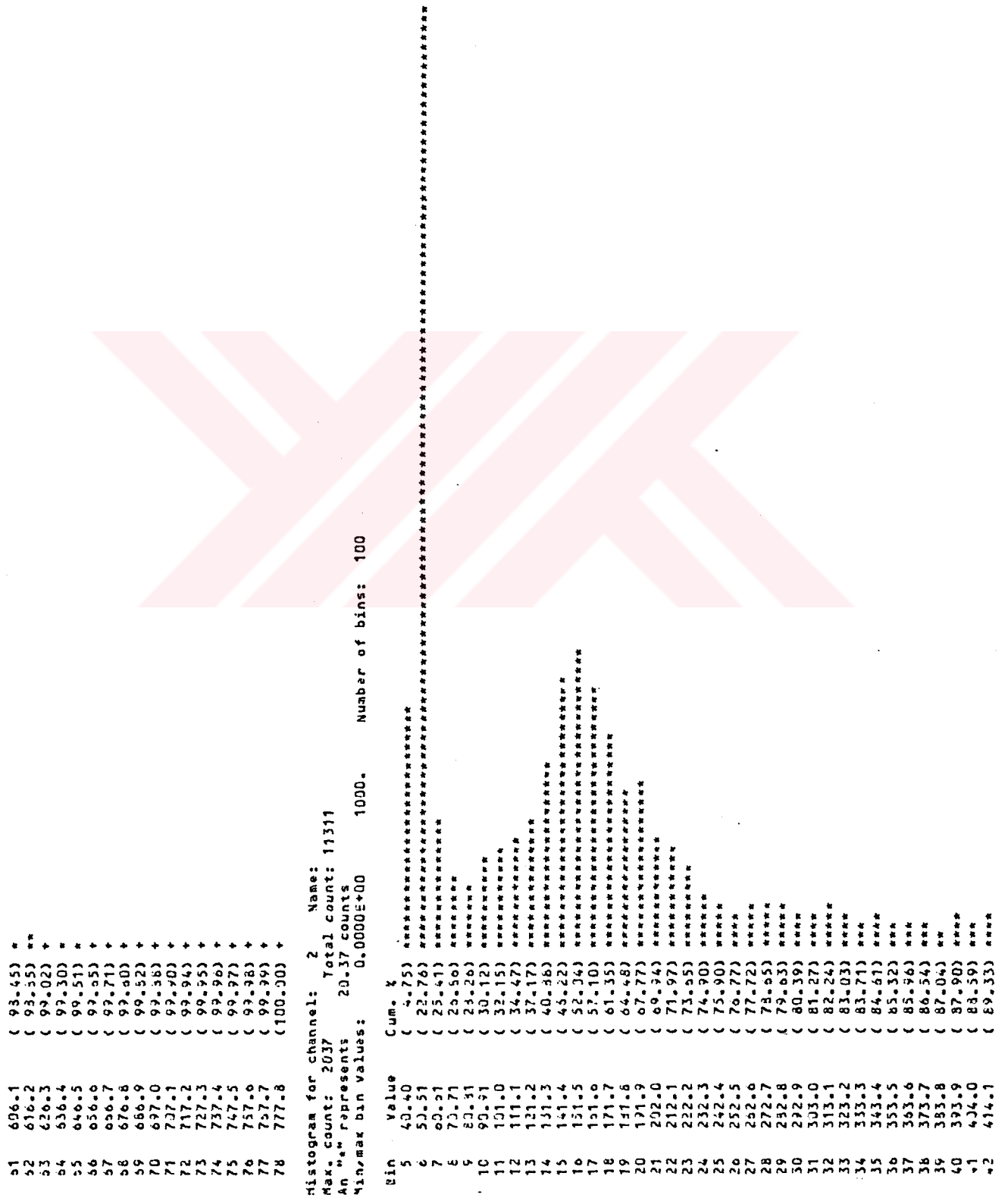
30 (74.39) *****
 31 (75.37) *****
 32 (76.16) *****
 33 (77.31) *****
 34 (73.72) *****
 35 (79.49) *****
 36 (83.58) *****
 37 (81.05) *****
 38 (82.62) *****
 39 (83.51) *****
 40 (84.24) *****
 41 (85.14) *****
 42 (85.14) *****
 43 (87.04) *****
 44 (87.58) *****
 45 (88.57) *****
 46 (89.30) *****
 47 (89.94) *****
 48 (90.38) *****
 49 (91.99) *****
 50 (91.73) *****
 51 (92.30) *****
 52 (92.65) *****
 53 (93.51) *****
 54 (94.01) *****
 55 (94.45) *****
 56 (96.74) *****
 57 (93.20) *****
 58 (95.74) *****
 59 (95.19) *****
 60 (95.43) *****
 61 (95.34) *****
 62 (97.23) *****
 63 (97.47) *****
 64 (97.70) *****
 65 (97.94) *****
 66 (96.18) *****
 67 (93.43) *****
 68 (96.00) *****
 69 (94.76) *****
 70 (93.99) *****
 71 (99.10) *****
 72 (99.17) *****
 73 (99.29) *****
 74 (99.38) *****
 75 (99.44) *****
 76 (99.51) *****
 77 (99.56) *****
 78 (99.51) *****
 79 (99.56) *****
 80 (99.68) *****
 81 (99.72) *****
 82 (99.78) *****
 83 (99.82) *****
 84 (99.83) *****
 85 (99.85) *****
 86 (99.86) *****
 87 (99.88) *****
 88 (99.88) *****
 89 (99.91) *****
 90 (99.91) *****
 91 (99.93) *****
 92 (99.94) *****



dusey35jun.DAT
Number of bits/pixel in image: 15

Histogram for channel: 1 Name:
Max. count: 2027 Total counts: 11311
An "n" represents 20.27 counts
Min,max bin values: 0.0000E+00 1000. Number of bins: 100

Bin	Value	Cum. %
7	60.61	(17.92) *****
8	70.71	(33.20) *****
9	80.81	(49.39) *****
10	90.91	(57.37) *****
11	101.0	(60.95) *****
12	111.1	(63.48) *****
13	121.2	(65.30) *****
14	131.3	(67.13) *****
15	141.4	(68.58) *****
16	151.5	(70.27) *****
17	161.6	(71.55) *****
18	171.7	(72.64) *****
19	181.8	(73.79) *****
20	191.9	(75.31) *****
21	202.0	(75.34) *****
22	212.1	(75.70) *****
23	222.2	(77.29) *****
24	232.3	(77.92) *****
25	242.4	(78.72) *****
26	252.5	(79.36) *****
27	262.6	(79.74) *****
28	272.7	(80.56) *****
29	282.8	(81.23) *****
30	292.9	(82.04) *****
31	303.0	(82.72) *****
32	313.1	(83.29) *****
33	323.2	(84.07) *****
34	333.3	(84.66) *****
35	343.4	(85.29) *****
36	353.5	(85.83) *****
37	363.6	(86.34) *****
38	373.7	(86.83) *****
39	383.8	(87.42) *****
40	393.9	(88.06) *****
41	404.0	(88.53) *****
42	414.1	(89.11) *****
43	424.2	(90.69) *****
44	434.3	(90.27) *****
45	444.4	(90.71) *****
46	454.5	(91.27) *****
47	464.6	(91.77) *****
48	474.7	(92.36) *****
49	484.8	(92.84) *****
50	494.9	(93.47) *****
51	505.1	(93.98) *****
52	515.2	(94.50) *****
53	525.3	(94.92) *****
54	535.4	(95.40) *****
55	545.5	(95.85) *****
56	555.6	(96.43) *****
57	565.7	(96.91) *****
58	575.8	(97.29) *****
59	585.9	(97.79) *****
60	596.0	(98.13) *****



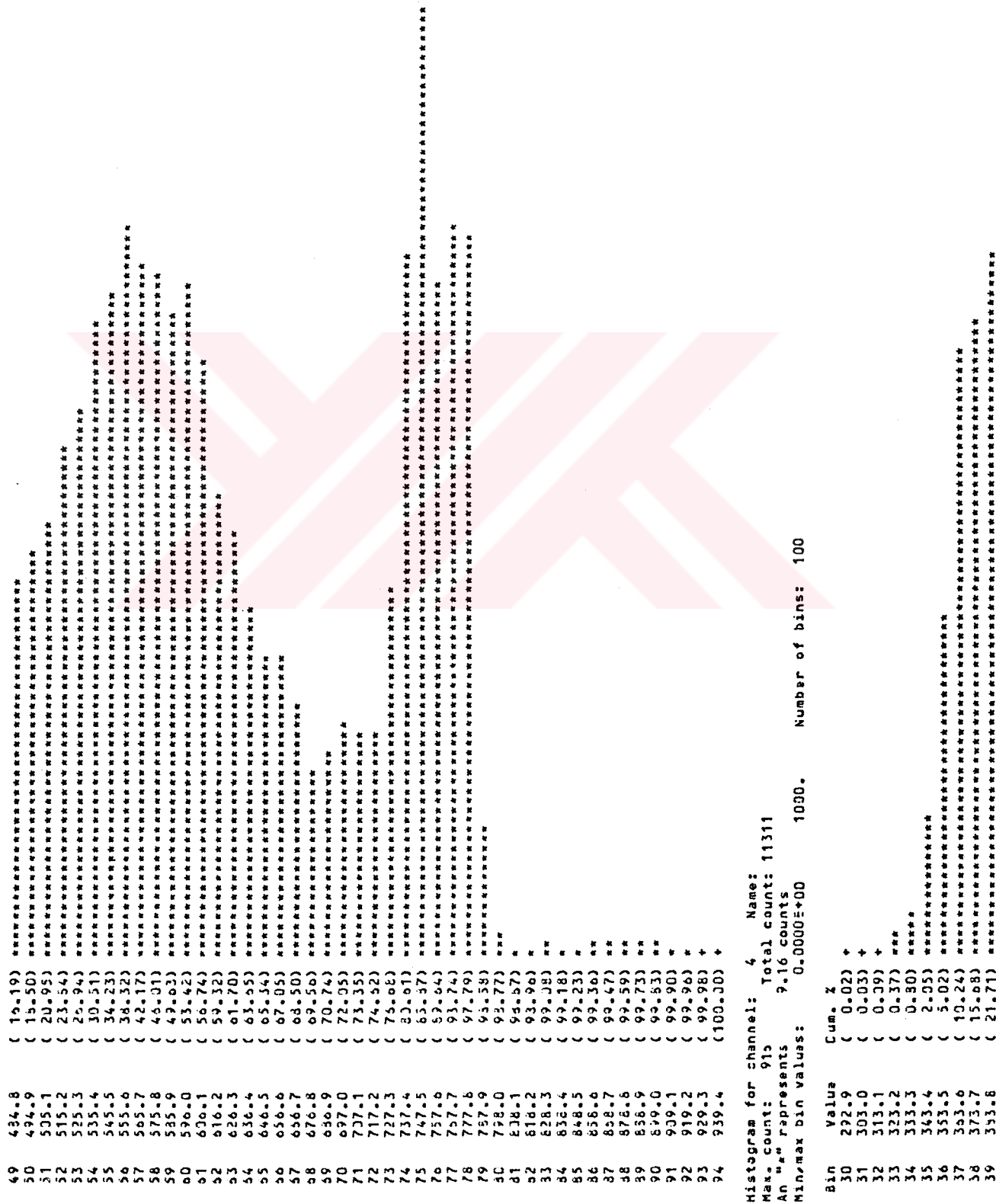
```

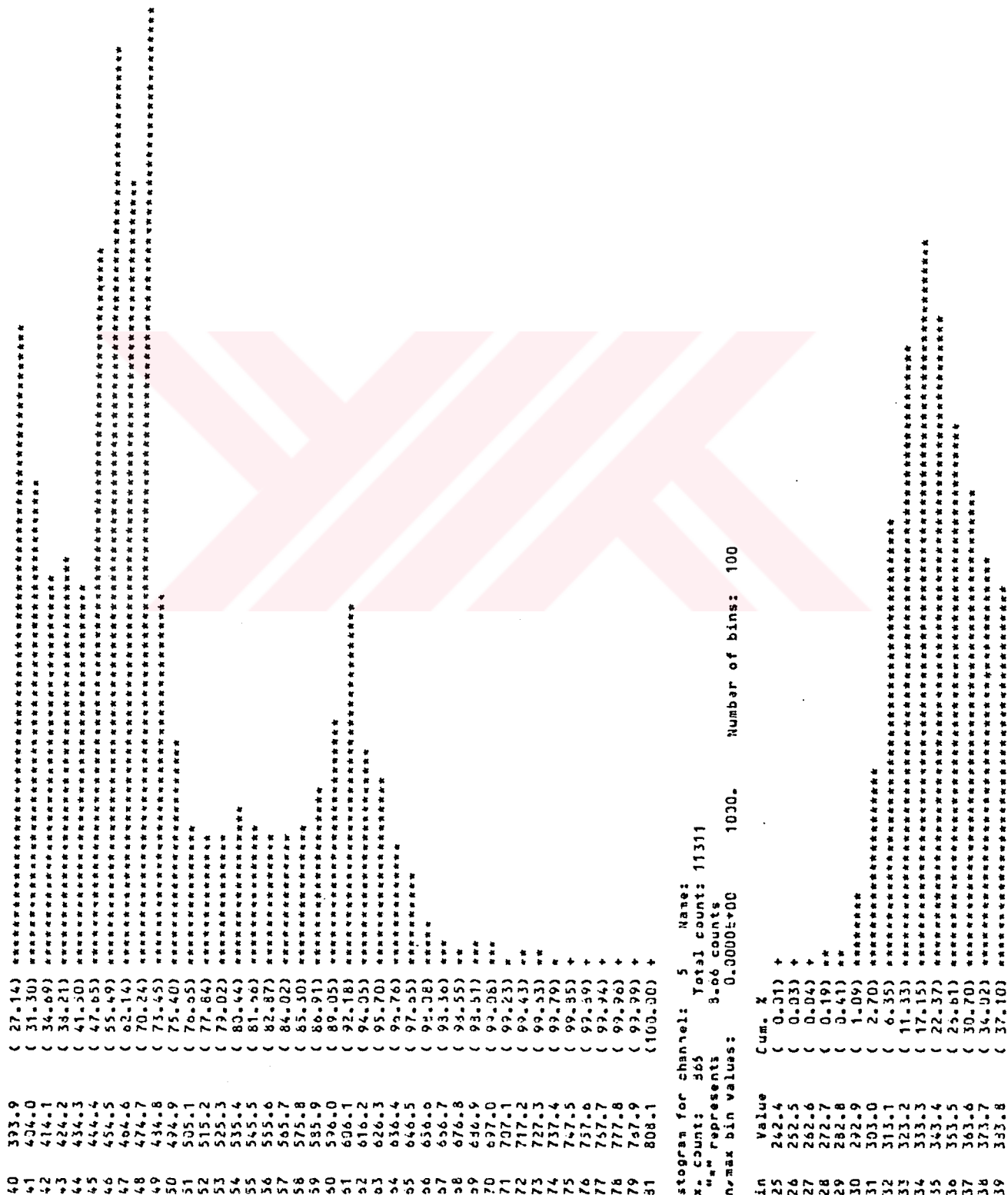
63 424.2 ( 82.32) **
64 434.3 ( 90.36) **
65 444.4 ( 91.04) ***
66 454.5 ( 91.77) ****
67 464.6 ( 92.33) ****
68 474.7 ( 92.96) ****
69 484.8 ( 93.58) ****
70 494.9 ( 94.22) ****
71 505.1 ( 94.75) ****
72 515.2 ( 95.45) ****
73 525.3 ( 95.86) **
74 535.4 ( 96.39) **
75 545.5 ( 97.99) ****
76 555.6 ( 97.52) **
77 565.7 ( 97.97) **
78 575.8 ( 93.41) **
79 585.9 ( 98.76) *
80 596.0 ( 99.07) *
81 606.1 ( 99.28) *
82 616.2 ( 93.52) *
83 626.3 ( 99.66) +
84 636.4 ( 93.72) +
85 646.5 ( 97.30) +
86 656.6 ( 99.84) +
87 666.7 ( 99.49) +
88 676.8 ( 93.32) +
89 686.9 ( 93.94) +
90 697.0 ( 99.45) +
91 707.1 ( 93.47) +
92 717.2 ( 99.99) +
93 727.3 ( 103.00) +
94 737.4

Histogram for channel: 3 Vame:
Max count: 593 Total count: 11311
An "m" represents 5.95 counts
Min-max bin values: 0.000E+00 1030. Number of bins: 100

```

Bin	Value	Cum. %
18	171.7	(0.01) +
24	232.3	(0.02) +
26	252.5	(0.03) +
27	262.6	(0.05) +
28	272.7	(0.10) +
29	282.8	(0.11) +
30	292.9	(0.16) +
31	303.0	(0.23) +
32	313.1	(0.33) +
33	323.2	(0.48) **
34	333.3	(0.51) ****
35	343.4	(1.10) ****
36	353.5	(1.53) ****
37	363.6	(1.35) ****
38	373.7	(2.34) ****
39	383.8	(2.93) ****
40	393.9	(3.71) ****
41	404.0	(4.50) ****
42	414.1	(5.34) ****
43	424.2	(6.23) ****
44	434.3	(7.65) ****
45	444.4	(9.01) ****
46	454.5	(10.75) ****
47	464.6	(12.30) ****
48	474.7	(14.07) ****





```

61 404.0 ( 49.00) *****
62 414.1 ( 55.91) *****
63 424.2 ( 63.07) *****
64 434.3 ( 65.69) *****
65 444.4 ( 71.75) *****
66 454.5 ( 73.34) *****
67 464.6 ( 75.01) *****
68 474.7 ( 75.31) *****
69 484.8 ( 77.41) *****
70 494.9 ( 78.82) *****
71 505.1 ( 79.94) *****
72 515.2 ( 81.39) *****
73 525.3 ( 82.72) *****
74 535.4 ( 84.10) *****
75 545.5 ( 85.90) *****
76 555.6 ( 83.22) *****
77 565.7 ( 91.59) *****
78 575.8 ( 93.52) *****
79 585.9 ( 95.15) *****
80 596.0 ( 96.62) *****
81 606.1 ( 97.44) *****
82 616.2 ( 97.34) *****
83 626.3 ( 94.15) *****
84 636.4 ( 98.42) *****
85 646.5 ( 93.65) *****
86 656.6 ( 93.83) *****
87 666.7 ( 97.05) *****
88 676.8 ( 99.20) *****
89 686.9 ( 95.41) *****
90 697.0 ( 99.58) *****
91 707.1 ( 99.75) *****
92 717.2 ( 99.34) *****
93 727.3 ( 99.89) *****
94 737.4 ( 99.93) *****
95 747.5 ( 99.96) *****
96 757.6 ( 99.99) *****
97 767.7 (100.00) *****
98 777.8 (100.00) *****

```

EK. B

Finlandiya körfezine ait mevcut uydu görüntü verilerinin düşeye çevrilmesinde kullanılan, kontrol noktalarının konumları ile En Küçük Kareler yöntemine göre hesaplanan polinomlara ait hata miktarları bu bölümde sunulmaktadır.



IDENT C2

IMAGE SYSSYSDEVICE:ÄAS.SUNARÄN36_25JUN90_1119_S5.DAT;1

PROJN 2

UNIT 1

PARAM 0.300000000000000D+01 0.637816000000000D+07 0.669445409787020D-02

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

POINT 1 Description: ristisaari

Image: 0.138125000000000D+03 0.358375000000000D+03

Map: 0.668880000000000D+07 0.348955000000000D+07

POINT 2 Description: kaunissaari

Image: 0.143125000000000D+03 0.357875000000000D+03

Map: 0.669465000000000D+07 0.348750000000000D+07

POINT 3 Description: kilpisaari

Image: 0.127125000000000D+03 0.388375000000000D+03

Map: 0.668545000000000D+07 0.351710000000000D+07

POINT 4 Description: koivuluota

Image: 0.128125000000000D+03 0.394875000000000D+03

Map: 0.668810000000000D+07 0.352210000000000D+07

POINT 5 Description: raantio

Image: 0.132875000000000D+03 0.398375000000000D+03

Map: 0.669369000000000D+07 0.352355000000000D+07

POINT 6 Description: kukio

Image: 0.136125000000000D+03 0.400375000000000D+03

Map: 0.669740000000000D+07 0.352405000000000D+07

POINT 7 Description: ruisaari

Image: 0.141375000000000D+03 0.409375000000000D+03

Map: 0.670465000000000D+07 0.352945000000000D+07

POINT 8 Description: mustamaa

Image: 0.139125000000000D+03 0.410125000000000D+03

Map: 0.670272000000000D+07 0.353015000000000D+07

POINT 9 Description: traskon

Image: 0.142125000000000D+03 0.187375000000000D+03

Map: 0.665170000000000D+07 0.335330000000000D+07

POINT 10 Description: makilo

Image: 0.139375000000000D+03 0.184375000000000D+03

Map: 0.664815000000000D+07 0.335193000000000D+07

Seq	Error		Calculated		Actual	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.5	0.3	357.9	137.8	358.4	138.1
2	0.1	-0.5	357.8	143.7	357.9	143.1
3	0.2	-0.1	388.2	127.2	388.4	127.1
4	0.0	-0.1	394.9	128.2	394.9	128.1
5	-0.3	0.0	398.7	132.9	398.4	132.9
6	-0.3	0.1	400.7	136.0	400.4	136.1
7	-0.3	0.3	409.7	141.1	409.4	141.4
8	0.4	0.0	409.8	139.1	410.1	139.1
9	0.0	0.0	187.4	142.1	187.4	142.1
10	-0.1	0.1	184.5	139.3	184.4	139.4

Mean square error (x,y,xy): 0.2844 0.2228 0.3613

IDENT C2

104

IMAGE n36_26jun90_1108_s6.dat

PROJN 2

UNIT 1

PARAM 0.300000000000000D+01 0.637816000000000D+07 0.669445409787020D-02

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

POINT 1 Description: ristisaari

Image: 0.176199996948242D+03 0.311399993896484D+03

Map: 0.668891000000000D+07 0.348955700000000D+07

POINT 2 Description:

Image: 0.189375000000000D+03 0.322625000000000D+03

Map: 0.670545000000000D+07 0.349350000000000D+07

POINT 5 Description:

Image: 0.186875000000000D+03 0.322875000000000D+03

Map: 0.670365000000000D+07 0.349350000000000D+07

POINT 4 Description: kilpisaari

Image: 0.165000000000000D+03 0.340666656494141D+03

Map: 0.668545000000000D+07 0.351710000000000D+07

POINT 5 Description: kuolioluoto

Image: 0.181333328247070D+03 0.336333343505859D+03

Map: 0.670065000000000D+07 0.350650000000000D+07

POINT 6 Description: kukio

Image: 0.173333328247070D+03 0.353666656494141D+03

Map: 0.669740000000000D+07 0.352405000000000D+07

POINT 7 Description: raatio

Image: 0.170333328247070D+03 0.352333343505859D+03

Map: 0.669369000000000D+07 0.352355000000000D+07

POINT 8 Description: houtere

Image: 0.180333328247070D+03 0.352000000000000D+03

Map: 0.670430000000000D+07 0.351959000000000D+07

Seq	Error		Calculated		Actual	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.0	0.1	311.4	176.1	311.4	176.2
2	-0.6	0.4	323.3	189.0	322.6	189.4
5	0.4	-0.6	322.5	187.5	322.9	186.9
4	-0.3	-0.1	340.9	165.1	340.7	165.0
5	0.6	0.2	335.8	181.1	336.3	181.3
6	-0.4	0.1	354.1	173.3	353.7	173.3
7	0.5	0.1	351.9	170.3	352.3	170.3
8	-0.1	-0.1	352.1	180.4	352.0	180.3

Mean square error (x,y,xy): 0.4157 0.2696 0.4954

IDENT C2

106

IMAGE SYSSYSDEVICE:ÄAS.SUNARÄDENEME27JUN.DAT;1

PROJN 2

UNIT 1

PARAM 0.300000000000000D+01 0.637816000000000D+07 0.669445409787020D-02

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

PARAM 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00

POINT 1 Description: kilpisaari

Image: 0.110400001525879D+03 0.298399993896484D+03

Map: 0.668545000000000D+07 0.351710000000000D+07

POINT 2 Description: koivuluota

Image: 0.111000000000000D+03 0.303799987792969D+03

Map: 0.668810000000000D+07 0.352210000000000D+07

POINT 3 Description: raantio

Image: 0.115199996948242D+03 0.307600006103516D+03

Map: 0.669369000000000D+07 0.352355000000000D+07

POINT 4 Description: kukio

Image: 0.118200004577637D+03 0.310000000000000D+03

Map: 0.669740000000000D+07 0.352405000000000D+07

POINT 5 Description: ruisaari

Image: 0.122200004577637D+03 0.319000000000000D+03

Map: 0.670465000000000D+07 0.352945000000000D+07

POINT 6 Description: mustamaa

Image: 0.120200004577637D+03 0.318600006103516D+03

Map: 0.670272000000000D+07 0.353015000000000D+07

POINT 7 Description: traskon

Image: 0.137199996948242D+03 0.120000000000000D+03

Map: 0.665170000000000D+07 0.335330000000000D+07

Seq	Error		Calculated		Actual	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.5	-0.1	297.9	110.5	298.4	110.4
2	-0.2	0.0	304.0	111.0	303.8	111.0
3	-0.4	0.1	308.0	115.1	307.6	115.2
4	-0.1	0.2	310.1	118.0	310.0	118.2
5	0.3	0.0	318.7	122.2	319.0	122.2
6	0.0	-0.2	318.6	120.4	318.6	120.2
7	0.0	0.0	120.0	137.2	120.0	137.2

Mean square error (x,y,xy):

0.2805

0.1034

0.2989

EK. C

Lineer regresyon analizi yardımıyla istatistiksel değeriendirimin yapılması-
na ilişkin bir örnek olarak, 25 Haziran 1990 tarihinde yapılan yer doğruluklu ölçümler
ile NOAA/AVHRR uydu görüntüsünün 1. kanalından alınan değeriiler göz önüne
alınmıştır.



Aşağıda sunulan bu örnekte, 7 ve 11 numaralı gözleme istasyonları, kara alanlarına olan yakınlığı nedeniyle değerlendirmeye sokulamamış olup, ölçü değerleri aşağıda verilmektedir.

Tablo C. 1 : Regresyon analizinde kullanılan 25/6/90 tarihine ait ölçü değerleri.

İstasyon No:	1. Kanala ait değerler (X _i)	Yer doğruluklu ölçüm değerleri (Y _i)
9	31	4,60
23	16	6,20
24	16	6,60
25	16	6,40

Regresyon eşitliği $\hat{Y} = \bar{Y} + b_1 (X - \bar{X})$ olmak üzere, b_1 tahmin değeri,

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - [(\sum X_i)(\sum Y_i)]/n}{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n} = \frac{449,8 - (79)(23,8)/4}{1729 - (6241)/4}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \text{ olmak üzere} \quad \hat{Y} = \bar{Y} + b_1 (X - \bar{X})$$

$$= 5,95 + (-0,12)(X - 19,75)$$

$$\hat{Y} = 8,32 - 0,12 X$$

ile regresyon eşitliği elde edilir.

İstatistiksel hata değerlendirmesi ise, çizelge şeklindeki bir düzenlemeyle şu şekilde yapılır:

Tablo C. 2 : İstatistiksel hata değerlendirimi.

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı (SS)	Ortalama Hata (MS)	Korelasyon Katsayısı R ² (%)
Toplam	4	2,51		
Regresyon	1	2,43	2,43	96,80
Kalan	3	0,08	s ² = 0,04	

$$\text{Kareler toplamı (SS)} = \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 / n = 144,12 - 566,44/4 = 2,51$$

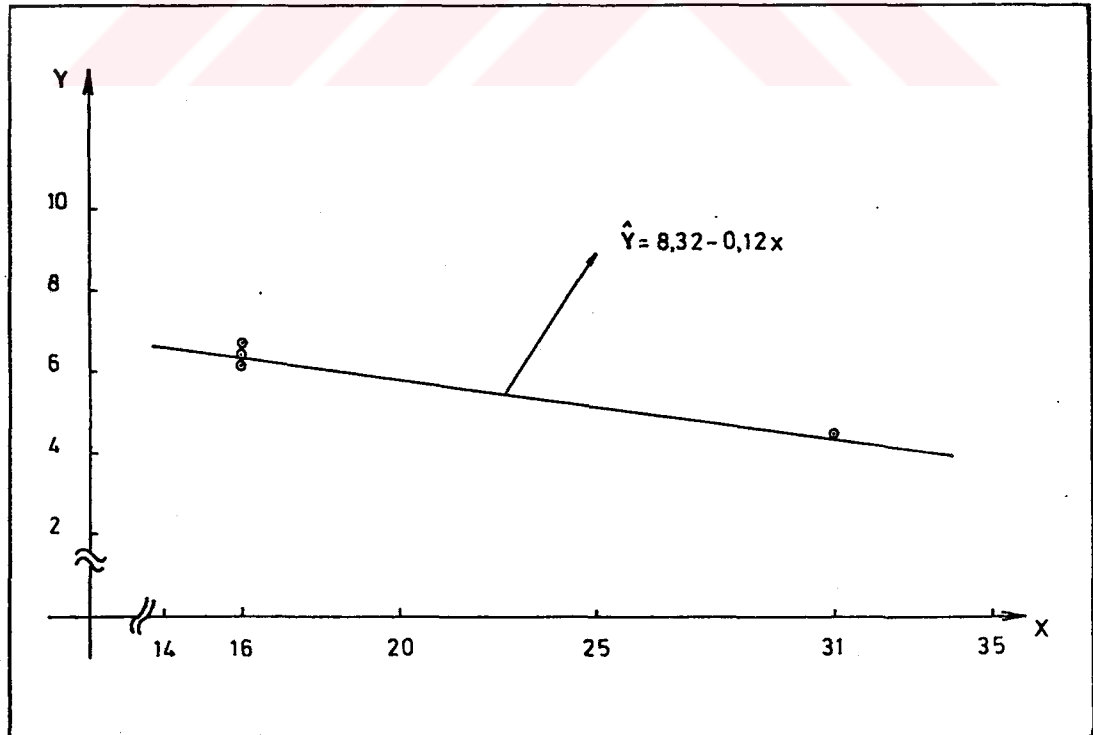
$$\begin{aligned} \text{Ortalama hata (MS)} &= \frac{(\sum X_i Y_i - [(\sum X_i)(\sum Y_i)]/n)^2}{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n} \\ &= \frac{(-20,25)^2}{168,75} \\ &= 2,43 \end{aligned}$$

$$S^2 = \text{varyans} = SS / n-2 = 0,08 / (4 - 2) = 0,04$$

n : Regresyon analizine katılan parametre sayısı = (4)

$$R^2 = 2,43/2,51 * 100 = 96,80 (\%)$$

Bir örnek üzerinde yukarıda açıklanmış olan regresyon analizine ait sonuçların grafik üzerindeki gösterilimi Şekil C. 1'de verilmektedir.



Şekil C. 1 : Regresyon analizine ait bir uygulama örneğinin sonuç grafiği.

ÖZGEÇMİŞ

27.10.1963 yılında İstanbul'da doğdu.

İlkokul öğrenimini 1969-1974 tarihleri arasında İstanbul Kuvayî Milliye ilkokulunda tamamladı.

Orta ve lise öğrenimini 1974-1980 tarihleri arasında İstanbul Beşiktaş Anadolu Lisesinde tamamladıktan sonra 1980 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümüne kayıt oldu. 1981 yılında sınıf birincilerine verilen Atatürk'ün 100. doğum yılı ödülünü kazandı. 1984 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu.

1984-1986 Şubat döneminde İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı.

Doktora eğitimine 1986 Şubat dönemi başlamış olup, 1990-1991 Mart tarihleri arasında doktora konusuyla ilgili çalışmalarda bulunmak üzere 1 yıl süreyle Finlandiya, Helsinki Teknoloji Üniversitesinde görevlendirildi.

1985 Ocak tarihinden beri İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi