

**T.C.**

**ULAŖTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI**

**DENİZLERDEKİ YAĞ TABAKASININ TESPİTİNDE  
RADAR GÖRÜNTÜLERİNİN KULLANIMI**

**DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ**

**Selim DURNA, Denizcilik Uzman Yardımcısı**

**DENİZ VE İÇSULAR DÜZENLEME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**Danışman**

**Barış Umut ÇOBAN Dai.Bşk.**

**Haziran 2014**

**T.C.**

**ULAŖTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŖME BAKANLIĞI**

**DENİZLERDEKİ YAĞ TABAKASININ TESPİTİNDE  
RADAR GÖRÜNTÜLERİNİN KULLANIMI**

**DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ**

**Selim DURNA, Denizcilik Uzman Yardımcısı**

**DENİZ VE İÇSULAR DÜZENLEME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**Danışman**

**Barış Umut ÇOBAN Dai.Bşk.**

**Haziran 2014**

**Görev Yaptığı Birim:** Deniz ve İşçular Düzenleme Genel Müdürlüğü

**Tezin Teslim Edildiği Birim:** Personel ve Eğitim Dairesi Başkanlığı

**T.C.**

**ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

Selim DURNA tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “Denizlerdeki Yağ Tabakasının Tespitinde Radar Görüntülerinin Kullanımı” başlıklı tez Bakanlığımız Sınav Kurulu tarafından kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

**Kurul Başkanı**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

**Kurul Üyesi**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

**Kurul Üyesi**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

**Kurul Üyesi**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

**Kurul Üyesi**  
**Adı-Soyadı-İmza**

.....

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR CETVELİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Konusu.....	3
1.2 Çalışmanın Amacı.....	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	3
2. UZAKTAN ALGILAMA.....	4
2.1 Uzaktan Algılamanın Esasları.....	5
2.2 Elektromanyetik Işıma.....	7
2.3 Elektromanyetik Dalgalar.....	8
2.4 Elektromanyetik Tayf.....	8
2.5 Atmosferik Etkileşim.....	9
2.5.1 Emilim.....	10
2.5.2 İletilme.....	10
2.5.3 Saçılma.....	11
2.6 Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşim.....	14
2.6.1 Yansıma.....	15

2.6.2	İletilme.....	17
2.6.3	Emilme .....	17
2.7	Yağlarının Uzaktan Algılanma Teknikleri .....	17
2.7.1	Morötesi.....	17
2.7.2	Lazer Floresan Algılayıcılar .....	18
2.7.3	Görünür Işık.....	18
2.7.4	Termal Kızılötesi.....	18
2.7.5	İleri Bakışlı Kızılötesi .....	19
2.7.6	Işık Saptama ve Uzaklık Tayini.....	19
2.7.7	Mikrodalga Algılayıcılar .....	19
3.	RADARLARLA UZAKTAN ALGILAMA.....	21
3.1	Radar .....	21
3.2	Radar Sinyalinin Ölçülmesi.....	21
3.3	Radar Sinyallerinin Özelliklerini Etkileyen Parametreler .....	22
3.3.1	Frekans .....	22
3.3.2	Polarizasyon.....	22
3.3.3	Gelme Açısı .....	22
3.3.4	Yüzeyin Geometrisi ve Pürüzlülük Özelliği.....	23
3.3.5	Yüzeyin Nemi ve Islaklık Özelliği.....	23
3.4	Radar Görüntüleme Sistemi.....	23
3.5	Radar Görüntüsü .....	24
3.5.1	Radar Görüntüsü Nasıl Yorumlanır .....	26
3.6	Elektromanyetik Spektrum ve Dalga Boyu.....	27
3.7	Radar Bandları .....	27
3.8	Gerçek Açıklıklı Radar (RAR) .....	28

3.9	Yapay Açıklıklı Radar (SAR).....	29
4.	UYDULARLA UZAKTAN ALGILAMA .....	32
4.1	Uydu Platformları.....	34
4.1.1	Yer Sabit Yörünge.....	35
4.1.2	Yakın-Kutupsal Yörünge.....	35
4.1.3	Güneş-Eşzamanlı Yörünge .....	36
4.1.4	Tarama Alanı .....	36
4.1.5	Pankromatik Görüntü .....	36
4.1.6	Periyodu.....	36
4.1.7	Stereo Görüntüleme .....	36
4.1.8	Şerit Genişliği .....	36
4.1.9	Kapsama Alanı.....	37
4.1.10	Çok Tayflı Görüntü .....	37
4.2	Uydularla Denizlerdeki Yağların Tespiti .....	37
4.3	Petrol Kirliliğine Müdahalede Optik Uydu ve Radar Sistemlerin Karşılaştırılması..	38
4.4	Optik Uydu Görüntüsü ve Radar Görüntüsünün Karşılaştırılması.....	43
5.	ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM VE YAĞ TABAKASI.....	45
5.1	Yağ Tabakasının Denizde Zamanla Dağılımı.....	47
5.1.1	Yayıma .....	48
5.1.2	Buharlaşma .....	49
5.1.3	Dağılma .....	49
5.1.4	Emülsiyonlaşma.....	50
5.1.5	Çözülme / Erime .....	50
5.1.6	Oksitlenme.....	50
5.1.7	Çökeltme.....	50

5.1.8	Biyolojik Parçalanma .....	50
5.2	Yağ Tabakasının Farklı Spektral Bölgelerde İncelenmesi .....	51
5.2.1	Pasif Mikrodalga.....	51
5.2.2	Aktif Mikrodalga.....	52
5.3	SAR ile Yağ Tabakası Tespit Parametreleri.....	55
5.3.1	Dalga Boyu .....	55
5.3.2	Polarizasyon ve Geliş Açısı.....	56
5.3.3	Rüzgar Hızı.....	57
5.4	Yağ Tabakası Tespitindeki Benzer Olgular.....	58
5.4.1	Doğal Yağ Tabakaları .....	60
5.4.2	Yağimsı Buz .....	60
5.4.3	İçsel Dalgalar .....	61
5.4.4	Yağmur Damlaları.....	62
5.4.5	Girdaplar.....	62
5.4.6	Gemilerden Boşaltılan Yağın Görünümü.....	63
6.	DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME .....	67
6.1	Görüntü İşlemenin Ön Hazırlıkları .....	69
6.2	Görüntüyü Geliştirme.....	74
6.3	Görüntüyü Dönüştürme .....	78
6.4	Görüntüyü Sınıflandırma ve Analiz.....	81
6.5	Veriyi Bütünleme ve Analiz .....	83
7.	KARAR DESTEK SİSTEMLERİ.....	86
7.1	Mekânsal Karar Destek Sistemleri.....	86
7.2	YAKAMOS Karar Destek Sistemi .....	87
7.2.1	CBS Masaüstü Yazılımı .....	88

7.2.2	Veritabanı .....	88
7.2.3	FTP Sunucu .....	89
7.2.4	Petrol Yayılım Modeli.....	89
7.2.5	Güvenlik .....	89
7.2.6	Raporlar .....	89
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
	KAYNAKLAR.....	83
	ÖZGEÇMİŞ.....	86



## **ÖNSÖZ**

Tez çalışmam süresince değerli katkılarıyla beni yönlendiren Burak AYKAN'a, mesai arkadaşlarım Mehmet Ali VELİOĞLU ve Kasım DEMİREL'e, tez araştırmamda gerekli bilgilere ulaşmada kolaylık sağlayan ASELSAN, TÜRKSAT' a teşekkürü borç bilirim.

## ÖZET

### DENİZLERDEKİ YAĞ TABAKASININ TESPİTİNDE RADAR GÖRÜNTÜLERİNİN KULLANIMI

Hazırlayan: Selim DURNA

Enerji ihtiyacının artması enerji kaynaklarına olan talebi arttırmıştır. Bunun neticesi olarak da değişik enerji kaynaklarıyla birlikte fosil kaynaklı yakıtlara olan gereksinim gün geçtikçe artmaktadır. Deniz yolu taşımacılığının taşımacılıktaki rolünün artması taşınan petrol ve türevlerinin deniz yolu ile taşınması oranının artması sonucunu doğurmuştur. Artan bu oranla birlikte denizlerde meydana gelen kaza ve denize dökülen yağların miktarında da artış meydana gelmiştir. Ayrıca denizlere kurulan platformlarda diğer bir risk faktörüdür. Hem çevresel hem de ekonomik açıdan oldukça büyük ve olumsuz etkileri olan dökülmelerin önlenmesi amacıyla otoriteler gelişmiş sistemlere yönelmektedirler. Bu konuda bir diğer önemli ve tamamlayıcı unsur da dökülen yağların en kısa zamanda, yüksek doğrulukta tespit edilmesidir. Adeta bir yarımada olan ülkemiz Asya petrollerinin geçiş noktasında bir köprü görevi gördüğü için bu özelliklere haiz sistemlere ihtiyaç ilk sıralarda yer almaktadır. Bu tez çalışmasında denizlerdeki yağların tespit edilmesine yönelik uzaktan algılama sistemleri hakkında inceleme yapılmış ve uygulama alanları araştırılmıştır. Uzaktan algılama sistemlerinden biri olan radarla uzaktan algılama konusu incelenmiş ve elde edilen bulgular sonucunda radarla denizlerdeki yağ tabakasını tespitinde kullanılan teknolojiler kıyaslanmış ve bu alandaki en kullanışlı radar tipi ve nedenleriyle birlikte anlatılmıştır. Radarlar ve uydu sistemleri kıyaslanarak tercih edilmesi gerekli olan sistem belirtilmiştir.

Bakanlığımızın kullanmakta olduğu YAKAMOS karar destek sistemi ile bu tür bir sistemin nasıl birlikte çalışacağı konusunda önerilerde bulunulmuştur. Yeni sistemin denizlerimizdeki yağ kaynaklı kirliliklerin tespit ve azaltılmasında sağlayacağı katkılar anlatılmıştır.

## **ABSTRACT**

### **USAGE OF RADAR IMAGES FOR OIL SPILL DETECTION**

**Prepared By: Selim DURNA**

**Increase in necessity for energy increased demand to energy sources. As a conclusion requirement to fossil origin fuels, like other different energy sources, increase more and more. Because of increase the role of marine transportation ratio in total transportation had been caused oil and oil products ratio in marine transportation. Also amount of accidents and oil spills to sea had been raised by that raised ratio. Besides petrol platforms built on the sea are another risk factor. Because of preventing oil spill, which has negative and good deal of effects both enviromental and economical point of view, the authorities bend to advanced systems. In this respect another important and complementary component is detecting of oil spills by high accuracy and as soon as possible as well. Turkey, almost is a peninsula, has a bridge mission for Assian's oils transport point, so neccesity to systems, which are cited before, is premier.**

**In this thesis the application areas and made analysis of remote detection systems for oil spill detection is studied. Remote sensing by radar topic, which is one of the remote sensing systems, is studied and the technologies that are used in oil spill detection compared then type of most usable radar is explained by reasons. Radar imagery and opcital imagery are compared and needed system is proposed.**

**In this study it is suggested how to work together decision support system YAKAMOS and remote sensing by radar. The contrubution of new system to detection of oil origin pollution and its reduction is explained.**

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Barselona Anlaşması uyarınca Akdeniz'deki yağ tabakası kirliliği yoğun bölgeler.....	2
Şekil 2 Uzaktan algılama sistemleri. ....	5
Şekil 3 Uzaktan algılama bileşenleri. ....	6
Şekil 4 Elektromanyetik dalga. ....	7
Şekil 5 Elektromanyetik dalganın karakteristiği.....	8
Şekil 6 Elektromanyetik tayf. ....	9
Şekil 7 Elektromanyetik spektrum boyunca dalga boyuna göre enerji ve geçirgenlik özellikleri. ....	11
Şekil 8 Rayleigh saçılması.....	12
Şekil 9 Mie saçılması.....	13
Şekil 10 Seçmesiz saçılım. ....	13
Şekil 11 Enerjinin yeryüzü ile etkileşimi. ....	15
Şekil 12 Değişik yüzey yansımaları. ....	16
Şekil 13 Aynasal yansıma sonucu limandaki deniz araçlarının görünümü. ....	17
Şekil 14 Radar görüntüsü.....	25
Şekil 15 Gölcük.....	27
Şekil 16 RAR radar çalışma prensibi. ....	28
Şekil 17 SAR görüntüleme yöntemi.....	30
Şekil 18 SAR sisteminin çalışma prensibi.....	30
Şekil 19 Göktürk-2 Uydusu .....	33
Şekil 20 Rasat uydusu .....	34
Şekil 21 Uyduya ait bilgiler .....	35
Şekil 22 EMSA uydu görüntüsü .....	42
Şekil 23 SLAR, IR/UV algılayıcı hava araçları.....	42
Şekil 24 Radar ve Optik uydu görüntüsü.....	43
Şekil 25 Yağ tabakasının denizdeki dağılım evreleri.....	47
Şekil 26 Yağ tabakasına etkiyen etmenlerin önem ve zaman dağılımı.....	48
Şekil 27 Deniz yüzeyindeki farklı tip yağ tabakalarının zamana göre dağılım oranı.....	48
Şekil 28 Bragg saçılımı mekanizması. ....	53

Şekil 29 Marangoni dalgalarının sönmülendirme etkisi ve SAR sistemlerinde algılanması. ...	54
Şekil 30 DD polarizasyonda ve 25°'lik bakış açısıyla 5 farklı radar bandının rölatif .....	55
Şekil 31 (a) Hafif yağ ve (b) ağır yağ kaynaklı sönmüleme oranının KB'nin bir fonksiyonu olarak gösterimi.....	56
Şekil 32 ERS-1 görüntüsünde rüzgar hızı eşik değeri değişimleri. ....	57
Şekil 33 Rüzgar hızının ham petrol üzerindeki radar geri saçılım kontrastına dB cinsinden etkisi ve radar algılayıcılar tarafından algılanan bölgeler. ....	58
Şekil 34 ERS-2 görüntüsünde rüzgar sebebiyle açık denize sürüklenmiş yağimsı buz görüntüsü. ....	61
Şekil 35 ERS-2 görüntüsünde içsel dalgalar.....	62
Şekil 36 SAR görüntüsünde rüzgar ve yağmur deseni.....	62
Şekil 37 ERS-1 görüntüsünde girdap etkisi.....	63
Şekil 38 15 deniz mili hızla giden bir gemiden boşaltılan 7 ton fuel yağın .....	64
Şekil 39 Rasgele bir dalga alanı sebebiyle bozulmaya uğrayan yağ tabakası. ....	65
Şekil 40 Dış etmenler ile zamanla değişen gemi bazlı farklı yağ tabakaları.....	65
Şekil 41 Farklı gemi ve hava koşullarındaki yağ tabakası. ....	66
Şekil 42 Görüntü işleme sistem ve bileşenleri.....	67
Şekil 43 Dijital görüntü gösterimi.....	67
Şekil 44 Orijinal (sol) ve geliştirme işlemi uygulanmış (sağ) görüntüler. ....	68
Şekil 45 Veriyi sınıflandırma.....	69
Şekil 46 Bir sensör tarafından algılanmış mozaik tipi görüntü.....	70
Şekil 47 Gözlenen parlaklık değerleri. ....	70
Şekil 48 Şeritler ve düşen hatlar şeklindeki parazitleri içeren görüntüler.....	71
Şekil 49 Geometrik kayıt işlemleri.....	72
Şekil 50 Enyakın komşuluk metodu örnekleme.....	73
Şekil 51 Bilinear enterpolasyon metodu örnekleme.....	73
Şekil 52 Kübik katlama metodu örnekleme.....	74
Şekil 53 Histogram, görüntü kapsamındaki parlaklık değerlerini belirten bir grafikdir.....	75
Şekil 54 Doğrusal kontrast yayma. ....	75
Şekil 55 Aşırı kontrastlıktaki orijinal görüntü (sol) ve Doğrusal kontrast yayma uygulanarak kontrastlık seviyesi geliştirilmiş görüntü (sağ).....	76

Şekil 56 Filtreleme işlemi.....	77
Şekil 57 Alçak geçiren filtre uygulanmış görüntü. ....	77
Şekil 58 Yönelmeli veya kenar arama filtreler uygulanmış görüntü. ....	78
Şekil 59 Görüntü çıkarma.....	78
Şekil 60 Kanada (sol) ve Cebelitarık bölgesindeki (sağ) bitki örtüsü görüntüleri (Cebelitarık görüntüsündeki parlak sahalara, sağlıklı bitkileri göstermektedir).....	79
Şekil 61 Temel elemanların analizi (bandları indirgeme). ....	80
Şekil 62 Sayısal görüntüyü sınıflandırma ve tematik harita(B).....	81
Şekil 63 Supervised sınıflandırma.....	82
Şekil 64 Kontrolsüz sınıflandırma.....	82
Şekil 65 Veri entegrasyonu.....	83
Şekil 66 Bütünleştirilmiş 10 ve 20 metre Bütünleştirilmiş çok bandlı optik veri .....	84
Şekil 67 3 boyutlu perspektif görünüş.....	85
Şekil 68 Coğrafik bilgi sistemi (GIS).....	85
Şekil 69 Coğrafi bilgi sistemleri ve karar destek sistemleri arasındaki ilişki.....	87
Şekil 70 YAKAMOS sistem mimarisi. ....	88
Şekil 71 Kirliliğin meydana geldiği nokta.....	90
Şekil 72 Kirliliğin yayılımının durduğu yer .....	90
Şekil 73 Etkilenen alanları içeren raporlar .....	91

## SİMGE VE KISALTMALAR CETVELİ

ASA	Applied Science Associates
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
AVIRIS	Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer
BP	British Petrol
C	Işık hızı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CD	Compact Disk
CLC	Petrol Kirliliğinden Doğan Zarara İlişkin Hukuki Sorumluluk Sözleşmesi
DEM	Sayısal Yükseklik Modeli
DN	Digital Number
DTM	Sayısal Arazi Modeli
E	Elektriksel Alan
EMSA	Avrupa Deniz Güvenliği Ajansı
ERS	European Remote Sensing Satellite
FLIR	İleri bakışlı kızılötesi
FTP	File Transfer Protocol
FUND	Petrol Kirliliğinden Doğan Zararın Tanzimi İçin Bir Fon
GCP	Yer kontrol noktası
GIS	Geographic Information System
HH	Horizontal Horizontal
IFOV	Sensörün belli bir andaki görüş alanı
IR	Infrared
IRS	Indian Remote-Sensing Satellite

LIDAR	Işık Saptama ve Uzaklık Tayini
M	Manyetik Alan
MARPOL	Marine Pollution
MODIS	Moderate-resolution imaging spectrometer
MSS	Multispectral Scanner
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NRCS	Normalize Edilmiş Çapraz Kesit
OILPOL	International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil
OPRC	Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma Mücadele ve İşbirliği
PALSAR	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PDF	Portable Document Format
RADAR	Radio Detection and Ranging
RAR	Gerçek Açıklıklı Radar
SAR	Yapay Açıklıklı Radar
SDE	Spatial Database Engine
S/N	İşaret Gürültü Oranı
SPOT	Satellite for Observation of Earth
TM	Tematik Harita
VBA	Visual Basic Uygulaması
VV	Vertical Vertical
YAKAMOS	Yardımlı Arama Kurtarma ve Acil Müdahale Otomasyon Sistemi



## 1. GİRİŞ

Denizcilik alanında meydana gelen yeni gelişmeler, son teknoloji ürünleri gemiler, geliştirilmiş seyrüsefer sistemleri, gelişmiş haberleşme sistemlerinin bu alana uygulanması, bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri sayesinde taşımacılıktaki deniz taşımacılığının payını arttırmıştır. Taşımacılıktaki bu artışa paralel olarak denizlerdeki yağ kaynaklı kirlilikte artmış, bunun sonucunda da kirlilik hem sosyal hemde ekonomik açıdan üzerinde önemle durulması gerekli bir konu haline almıştır. Yağlar, gemi kazaları, petrol platform kazaları, doğal felaketler, yasa dışı tank temizleme suyunun denize boşaltılması gibi çeşitli şekillerde deniz kirliliğine neden olmaktadır. İlk tanker bazlı petrol kirliliği OILPOL “International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil” tarafından 1954’de tanınmıştır. Günümüzde halen yürürlükte olan MARPOL 73/78 anlaşması, tüm gemileri kapsamla beraber gemi tasarımından kirleticilerin tahliyesini önleme amaçlı gereçlerin bulunmasına kadar her konuda hükme sahiptir. Yasadışı yağ tabakası, balast suyunun, tank yıkama artıklarının, artık akaryakıtın ve sintine suyunun kasıtlı bir şekilde denizlere tahliye edildiği tanker veya kargo gemilerinin operasyonlarından kaynaklanmaktadır. Denizlerdeki en büyük yağ kirliliği kaynağı, yaklaşık %45’lik pay ile operasyonel olarak gerçekleştirilen gemi kaynaklı kirliliktir. Bunun yanında doğrudan gemi kazaları ile ilişkilendirilebilen yağ kirliliği toplamda sadece %7 paya sahiptir. En temel kirleticilerin yanı sıra, platform kazaları, nehirlerden ve doğal kaynaklardan yapılan operasyonel tahliyelerde diğer etmenler olarak yağ kirliliğinde önemli bir yere sahiptir.

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olması, özellikle Asya kaynaklı petrol ihracının boğazlarından geçişi Akdenizdeki ihraç faaliyetleri nedeni ile potansiyel yağ kirliliği tehdidinin en fazla olduğu ülkelerden biridir. Ülkemizde Akdeniz, Ege, Marmara denizi ile boğazlar yağların neden olduğu kirliliğin en fazla olduğu bölgeleridir. İstanbul Boğazı ‘nda son on yılda meydana gelen kazaların yaklaşık 350 tanesi petrol kirliliğine neden olmuştur. Olası hasarları en aza indirmek amacıyla, mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 5312 sayılı " Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun" hazırlanmıştır. Alınan bu ulusal önlemlere ek olarak Türkiye en son, “Petrol Kirliliğinden Doğan Zarara İlişkin Hukuki Sorumluluk Sözleşmesi (CLC)” ile “Petrol Kirliliğinden Doğan Zararın Tanzimi İçin Bir Fon

Kurulması (FUND)” yönündeki antlaşmaları imzalamıştır. Bunun yanında “Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma Mücadele ve İşbirliği”ne dair uluslararası sözleşmenin (OPRC 1990) onay işlemleri de başlatılmıştır.



**Şekil 1** Barselona Anlaşması uyarınca Akdeniz’deki yağ tabakası kirliliği yoğun bölgeler.

Yukarıda kısaca değinilen nedenlerden dolayı, denizlerdeki yağların temizlenmesi meydana gelebilecek çevre felaketlerinin önlenmesinde veya zararlarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Bunun için meydana gelen kirliliğin erken ve doğrulukla tespit edilmesi hem müdahalenin erken yapılmasını, yayılmanın önlenerek etkilenecek alanların daraltılmasını, kullanılacak kaynakların tasarruflu kullanılmasını sağlar. Denizlerdeki yağların tespitini sağlayan sistemler, erken uyarı sistemleri ve karar destek sistemleri entegre kullanılarak denizlerin kirlilikten korunması ve teknolojinin kullanımının artması ile insan kaynaklı tespitteki hata oranlarının düşmesi, deşarjların azalması sağlanacaktır. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı yağların uzaktan algılanması ve tespit edilmesini sağlayan gerçek zamanlı çalışan ve erken uyarı sistemi ihtiva eden sistemlere olan talep her geçen gün artmaktadır.

Bu tez çalışmasında günümüzde mevcut gerçek zamanlı farklı radar görüntü verilerinin kullanımı ile denizlerdeki olası yağ tabakasının belirlenmesi, avantajları ve dezavantajları açıklanmaktadır. Bu sistem, turizm açısından önemi her sene artmakta olan ülkemize hem ekonomi ve sosyal açılarından önemli yararlar sağlayacak, hem de hız ve geniş görüş alanı

nedeniyle konvansiyonel yöntemlerle yapılması sık ve kolay olmayan denetimleri mümkün kılacaktır.

### **1.1 Çalışmanın Konusu**

Bu çalışmada; uzaktan algılama yöntemlerinden radar görüntüleri ile yağ tabakasının tespiti konusu literatür taranarak güncel gelişmeler araştırılmış ve diğer yöntemlere olan üstünlükleri ortaya konulmuştur.

### **1.2 Çalışmanın Amacı**

Çalışmada, kirlilik tespitinde kullanılan yöntemler incelenmiş ve radar sistemleri karşılaştırılarak en iyi sonuç veren sistem tespit edilmeye çalışılmıştır. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nda mevcut olan sistemlere entegre edilmesi durumunda sağlayacağı katkıların anlatılması amaçlanmıştır.

### **1.3 Çalışmanın Yöntemi**

Çalışma Süresince;

- Uzaktan algılama konusu literatürdeki yerli ve yabancı kaynaklar taranarak sistemin altyapısının anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla konu hakkında detaylı bilgi verilmiştir.
- Dünyada kullanılan sistemler incelenerek ülkemizde ne tür bir sistem kullanılması gerektiği sebepleriyle birlikte ortaya konmuştur.
- Kullanılan sistemler ve altyapıları incelenerek fayda maliyet analizi yapılmıştır.
- Kullanılabilirliği ve verimliliği değerlendirilerek sistemlerde tercih parametreleri nedenleri ile birlikte ortaya konulmuştur.
- Radar görüntüleri ile kirlilik tespiti konusu anlatılarak tercih edilmesinin nedenleri üstünlükleri ve eksiklikleri açıklanmıştır.
- Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı bünyesinde kurulacak sistemle sadece kirliliklerin tespiti ile kalınmayacağı ve mevcut kullanılan karar destek sisteminin de entegrasyonu ile hibrit yeni bir sistem ortaya konmuştur.

## 2. UZAKTAN ALGILAMA

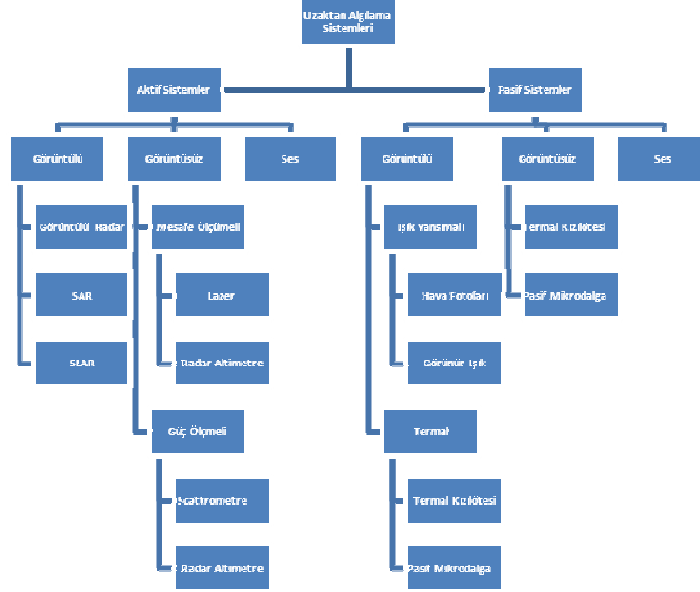
Planck'ın elektromanyetik teorisine göre yüksek enerji seviyeleri uzun dalga boylarında sağlanırlar. Yeryüzündeki bir objeden yansıyan mikrodalga enerjisini ölçmek düşük enerji seviyeleri yüzünden göreceli olarak daha zordur. Öte taraftan görünür ve kızılötesi ışınlar yüksek enerji seviyeleri dolayısıyla daha kolay tespit edilirler. Uzaktan algılama süreci yeryüzündeki objelerden yayılan/yansıyan elektromanyetik enerjinin ölçülmesine dayanmaktadır ve objelerin enerji kaynaklarıyla olan etkileşimlerinin ortaya çıkartılmasını içerir. Güneş, yeryüzü için bir elektromanyetik enerji kaynağıdır. Yeryüzündeki objelerden yayılan elektromanyetik enerji miktarı, ilgili objenin dış ısı özellikleri de kullanılarak kestirilebilir. Güneşin elektromanyetik enerjisine dayalı bu sistemler uzaktan algılama terminolojisinde pasif uzaktan algılama sistemleri olarak adlandırılırlar. Pasif sistemlerin kendi enerjisi olmadığından çalışabilmesi güneş enerjisinin varlığına bağlıdır. Güneş enerjisine ek olarak mikrodalga dalga boyu aralığındaki radar sistemleri de uzaktan algılama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Radar sistemlerinde enerji mikrodalga dalga boylarında, pasif sistemlerden (güneş enerjisine dayalı sistemler) farklı olarak sistemin kendisi tarafından oluşturulmaktadır. Sistem enerjisini belli bir hedefe gönderdikten sonra objelerden geri yansıyan enerji miktarı algılayıcılar tarafından ölçülmektedir. Sistem kendi enerjisini kendisi ürettiğinden bu tip sistemlere aktif uzaktan algılama sistemi de denmektedir.

Uzaktan algılama, elektromanyetik spektrumun mor ötesi ışınlarla mikrodalga ışınları arasındaki bölümleri aracılığı ile havadan ve uzaydan cisimlerin özelliklerini kaydetme ve inceleme tekniği olarak tanımlanır.

Uzaktan Algılama teknolojisinde veriler, yer yüzeyi ve atmosferden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, elde edilen sinyalin bilgi çıkarmak üzere işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Bu teknoloji ile yeryüzü ve atmosfere ait cisimler hakkında doğrudan bilgi edinilemeyip, bilgi, ölçülen yansıtım değerlerine bağlı olarak çıkartılmaktadır.

Otoyol, devlet yolu, demiryolu ve boru hattı koridor seçimleri, sulama, baraj, madencilik ve ormancılık ön etüdlerinde, stereo uydu görüntülerinden etüd haritaları ve 3 boyutlu sayısal arazi modellerinin hazırlanmasında deniz ve kıyı kirliliği etüdlerinde, uydu görüntülerinden işlenip uygun filtrelemeler yapılarak kirlilik haritalarının yapımında, uzaktan algılama kullanılır.

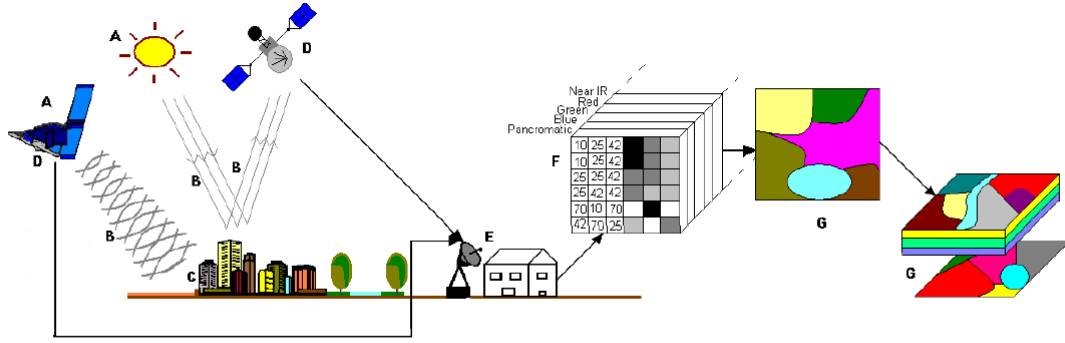
Hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel taşlarıdır. Günümüzde uzaktan algılama verisi, kameralar ve sensörler ile donatılmış uçaklar, gemiler, yer platformları, insansız hava araçları ve uydular tarafından sağlanmaktadır. Kameralar ve sensörler görüntüyü, elektromanyetik tayfda “tayf görüntü bölgesi” olarak adlandırılan ve kapsamındaki ultra viyole, görünen ve infrared bölgelerinde, yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek oluştururlar.



Şekil 2 Uzaktan algılama sistemleri.

## 2.1 Uzaktan Algılamanın Esasları

Sensörler vasıtasıyla elde edilen görüntüleri, muhtelif alanlarda uygulamak için uzaktan algılamayı etkileyen fiziksel ve kimyasal hususların, görüntülerin özellik ve tiplerinin bilinmesi gerekmektedir.



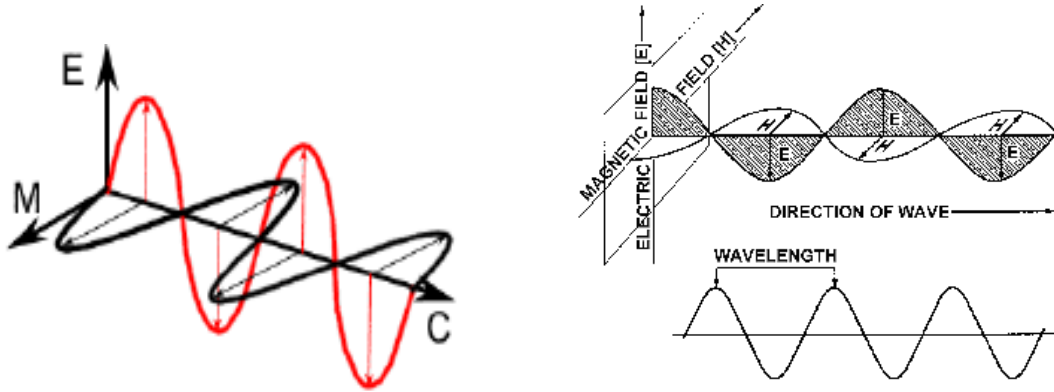
Şekil 3 Uzaktan algılama bileşenleri.

- **Enerji kaynağı veya aydınlatma (A):** Uzaktan algılama için gerekli olan en önemli şey hedefi görünür kılan veya elektromanyetik enerji sağlayan enerjidir. Hedefe bir kaynak tarafından elektromanyetik enerji gönderilmesi ve hedef ile etkileşimden sonra bu enerjinin algılanması gerekmektedir. Optik uydular için enerji kaynağı güneş olurken, radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşıyarak, ürettikleri elektromanyetik enerjiyi hedefe göndermektedir.
- **Yayım ve atmosfer (B) :** Atmosfer, yeryüzüne veya algılayıcıya giden enerji ile etkileşerek, bazı enerji değişimlerine sebep olmaktadır. Kaynaktan hedefe doğru ilerleyerek atmosferden geçerken enerji etkileşime uğramaktadır. Bu etkileşim hedeften sensöre dönerken de meydana gelmektedir.
- **Hedef ile enerji etkileşimi (C):** Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ısınım ve yansıtım, hem de hedef özelliklerine bağlı, seçilen dalga boyundan bağımsız olarak, sabit ve hedefe mahsus farklı etkileşimlere maruz kalmaktadır.
- **Sensörün enerji kaydı (D):** Enerjinin atmosferdeki dağılmasını veya hedefden yansımalarını takiben sensör, elektromanyetik enerjiyi toplar ve kaydeder.
- **Gönderme ve alma işleme (E):** Sensörler tarafından alınan sinyaller genellikle elektronik formda yer birimine işlenmek ve görüntüye dönüştürülmek üzere iletilir.
- **Yorumlama ve analiz (F):** İşlenen veriler gözle, dijital ortamda veya elektronik olarak analizlere tabi tutularak yorumlanır.

- **Uygulama (G):** Elde edilen veriler özel problemlerin çözümünde, yeni verilerin elde edilmesinde veya hedefe ait bilgilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla uzaktan algılama bileşenlerinin son elementini oluştururlar.

## 2.2 Elektromanyetik Işıma

Elektromanyetik ışın elektromanyetik enerjinin bir kaynaktan dalgalar olarak gelmesi olarak tanımlanabilir. Tüm objeler belli oranda enerji yayarlar ve başka objelerden gelen enerjileri yansıtırlar. Uzaktan algılamanın temeli objelerin emdiği ve yansıttığı bu enerjilerin ölçümüne dayanmaktadır. Uzaktan algılamayla yeryüzündeki objeler hakkında bilgi elde etme süreci elektromanyetik enerji ile yeryüzündeki objeler arası etkileşimin yorumlanmasına dayanmaktadır. Elektromanyetik enerjinin transferi elektromanyetik dalgalar tarafından belirlenir. Güneş, kısa dalga uzunluğunda bir enerji yaymaktadır. Bu enerji, elektromanyetik ışın şeklinde olup dalga teorisinin temel kurallarına bağlı ve sinisoidal tarzda seyahat etmektedir. Elektromanyetik ışın; ışın istikametine dik yönde ve değişik büyüklükte bir elektriksel alan (E) ile bu alan ile dik açı yapan bir manyetik alanı (M) içermektedir.



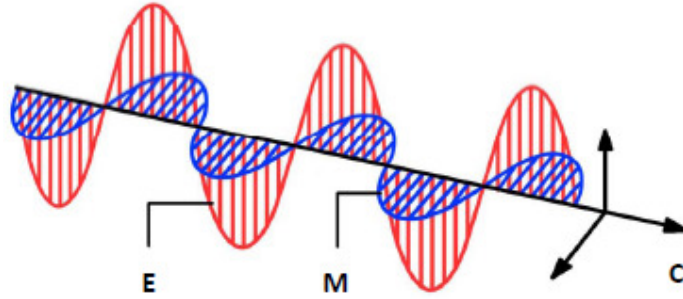
**Şekil 4** Elektromanyetik dalga.

Elektromanyetik dalgaların 3 temel özelliği vardır. Dalga boyu, şiddet ve frekans. Dalga boyu bir dalganın 2 uç tepesi veya 2 dip noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Dalga boyunun birimi metrenin katları olarak tanımlanabilir. Örneğin nanometre (nm,  $10^{-9}$ ), micrometre ( $\mu\text{m}$ ,  $10^{-6}$ ) ya da santimetre (cm,  $10^{-2}$ ) olarak. Şiddet dalganın tepe veya dip noktasının eksenden olan yüksekliğidir ve enerjinin dalga boyuna oranlı bir şiddet ölçüsüdür. Bu nedenle de birimi  $\text{watts/m}^2/\mu\text{m}$  olarak tanımlanır. Frekans belli bir noktadan belli bir süre

içerisinde geçen tepe veya dip noktası sayısıdır. Frekansın birimi hertz dir ve 1 hertz;1 döngü/saniye ye karşılık gelir.

### 2.3 Elektromanyetik Dalgalar

Elektromanyetik dalgalar ışıma yüklü parçacıkların hareketi sonucu meydana gelir. Sabit duran yüklü bir parçacık sadece elektrik alan oluşturur. Hareket eden yüklü parçacıklarsa bir elektrik alan ve bir manyetik alan meydana getirir. Bu alanların birbirbirlerine oranı sabittir ve birbirlerine dik bir şekilde uzayda salınarak yol alırlar. Elektromanyetik dalgalar diğer dalgaların tersine, bir ortama ihtiyaç duymadan yayılabilir. Elektromanyetik dalgaların frekansı ve dalga boyu kaynağa bağlıdır ve birbiriyle ilişkilidir, örneğin frekans artarken dalga boyu azalır.



Şekil 5 Elektromanyetik dalganın karakteristiği.

E = Elektrik vektörü, C = Işık hızı, M= Manyetik vektör.

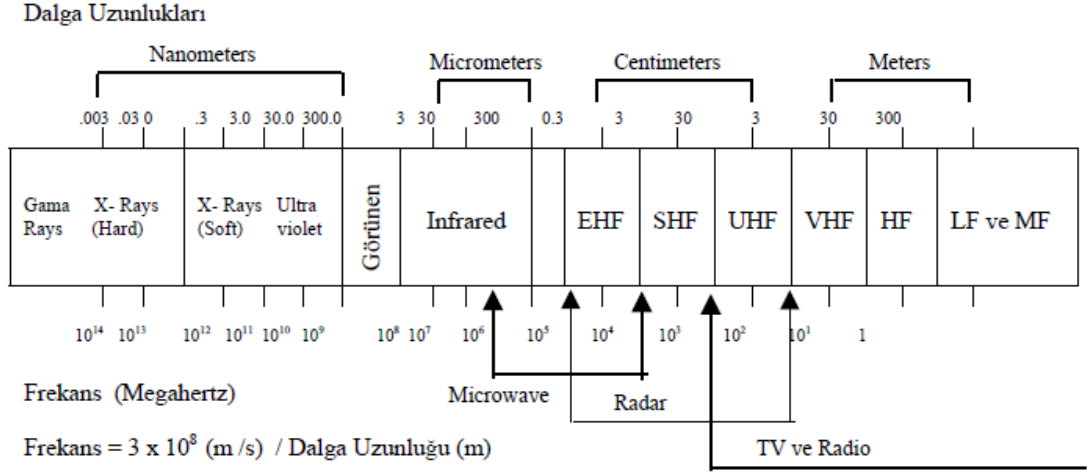
Bu dalga modelinde elektrik (E) ve manyetik (M) vektörler birbirine diktirler. E & M hız vektörüne diktir ve C doğrultusunda hareket ederler.

### 2.4 Elektromanyetik Tayf

Elektromanyetik dalgaları oluşturan manyetik alan ve elektriksel alan olmak üzere iki temel etken vardır. Elektrik ve manyetik alanlar arasındaki değişimler elektrik ve manyetik dalgaların hareketine yol açmaktadır ve bu hareketin hızı da ışık hızına eşittir. Bu yüzden elektromanyetik bir enerji için elektrik ve manyetik alanların aynı anda varolması ve birbirlerini dalga hareketi için tetiklemeleri gerekmektedir. Bu nedenle, durgun elektrik yükleri ve kararlı akımlar elektromanyetik dalgalar oluşturamazlar. Bir telden geçen akım



zamanla değişirse tel elektromanyetik dalga yayar. Bu dalgalar, belirli kaynaktan bir alıcıya enerji ve momentum taşırlar. Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta ışık hızı ile yayıldıkları için frekans ve dalga boyları arasında  $c = \lambda\nu$  bağıntısı vardır.



**Şekil 6** Elektromanyetik tayf.

Elektromanyetik dalga boyu serileri süreklilik gösteren dalga boyu bölgeleriyle tanımlanan elektromanyetik aralıkları oluştururlar. Belirli dalga boyları belirli özellikleri bünyelerinde barındırmalarına rağmen elektromanyetik sınıf aralıkları keskin hatlarla ayrılmamışlardır. Aralıkların bir ucunda uzun dalga boyları ( düşük enerjili radyo dalgaları), diğer ucunda ise kısa dalga boyları (yüksek enerjili gamma ışınları) bulunmaktadır. Örneğin; 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  arası dalga boyları görünür dalga boylarıdır ve insan gözüyle, fotoğraf makinası/kamera vb. ile ayırtedilebilirler. Uzaktan algılama sensörlerinin yeryüzüne ilişkin bilgi toplamasında en çok mikrodalga, kızılötesi ve görünür dalga boyu aralıkları kullanılırlar.

## 2.5 Atmosferik Etkileşim

Güneş kaynaklı elektromanyetik ışınlar, uçaklara monte sensörler veya uyduya monte sensörler tarafından algılanırken iki defa atmosferi geçmeleri gerekmektedir. Işınlar önce atmosferi geçerek yeryüzüne erişmekte ve sonra yansiyarak tekrar atmosferi geçip sensöre ulaşmaktadırlar. Bu yolculuk esnasında elektromanyetik dalgalar atmosferde bulunan parçacıklarla etkileşerek saçılma, iletilme ve emilime maruz kalmaktadırlar. Bu durumda

gelen ışımaya enerjisinin azalmasına neden olmaktadır. Bu etkileşimler uzaktan algılamada kullanılan elektromanyetik dalgaların dalga boylarında değişikliğe neden olmakta bunun neticesinde uzaktan algılamada birtakım sınırlamalar oluşmaktadır.

### **2.5.1 Emilim**

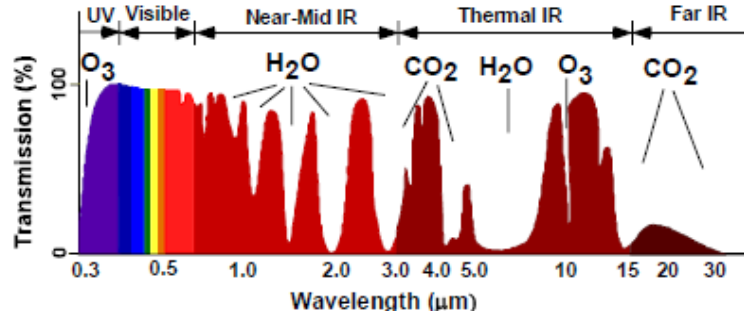
Atmosferik gazların etkisiyle enerjinin kaybolmasına emilme denir. Emilmeye neden olan 3 ana gaz vardır. Ozon(O<sub>3</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve su buharı (H<sub>2</sub>O). Bu ana öğelerin yanısıra karbonmonoksit, diazotmonoksit ve metan da belirli oranlarda emme yapmaktadır. Ozon atmosferin stratosfer denilen bölgesinde (yeryüzünden yaklaşık 20-30 km mesafede) yoğun olarak bulunur. Ozon kısa dalga boylarını (0,24 µm den küçük çoğunlukla ultraviyole dalga boyları) emerek yeryüzünde canlılar için yaşanabilir bir ortam oluşmasına katkıda bulunur. Karbondioksit atmosferin alt kısımlarında bulunur ve orta ve uzak kızılötesi dalga boylarını emer (en büyük emilebilen dalga boyları 13 ile 18 µm arasındadır). Su buharı atmosferin alt kısımlarında bulunur. Ozon ve karbondioksitin atmosferdeki yoğunlaşma oranları yaklaşık olarak sabit olmakla birlikte su buharı konsantrasyonu zamana ve mekana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yağmur ormanları vb. nemli alanlar en çok su buharı konsantrasyonu barındırırken, çöl vb. kuru alanlar en düşük su buharı yoğunlaşmasına sahiptirler.

Spektrumun görünür bölgesinde, yutulmanın etkisi nispeten daha az görülmektedir. Kızılötesi bölgede yutulmaya neden olan temel atmosferik bileşenler su buharı ve karbondioksit molekülleridir. Bunun sebebi, yakın kızılötesinden uzun dalga kızılötesine kadar olan dalga boylarındaki mevcut yutma bantlarıdır. Uzak kızılötesi bölgesinde ise atmosfer, gelen ışımanın büyük bir kısmını yutmaktadır. Ancak mikrodalga ışıması için atmosfer saydam bir tabaka gibidir ve ışıma enerjisi ile bir etkileşim meydana gelmez.

### **2.5.2 İletilme**

Elektromanyetik enerjinin atmosferik pencereler aracılığıyla doğrudan atmosferden geçmesi işlemine iletme denir. Belirli bir kalınlığı olan bir objenin elektromanyetik enerjiyi iletimi ise geçirgenlik olarak adlandırılır. Geçirgenlik, objeye gelen elektromanyetik enerjinin iletilen enerjiye olan oranı olarak tanımlanabilir. Bir objenin geçirgenliği, objenin kalınlığı ve gelen enerjinin dalga boyuna bağlıdır. Yeryüzündeki objeler tarafından emilen enerji tekrar

yayıma uğrar. Bu nedenle yeryüzüne gelen 100 birimlik bir enerji 113 birim olarak tekrar uzayda yayılıma uğrar. Karbondioksit ve su buharı uzun dalga boylarını emdikleri için yeryüzünden yayılan enerjinin büyük kısmı tekrar atmosferde hapsedilmiş olur. Bu durum 2 temel yeryüzü olayına yol açar. Birincisi alt atmosfer ısınarak soğuk havayla yer değiştirir. İkincisi de yeryüzündeki objelerde (su, toprak, bitki örtüsü vb.) buharlaşma olur. Elektromanyetik enerjinin kalan kısmı ise atmosferik pencere kanallarından geçerek tekrar uzaya ulaşır ve pasif uzaktan algılama sensörleri tarafından algılanır.



**Şekil 7** Elektromanyetik spektrum boyunca dalga boyuna göre enerji ve geçirgenlik özellikleri.

Yukardaki şekilden de görüleceği gibi uzaktan algılama için spektrumun yaklaşık % 50'si kullanılabilir (Dalga boyunun 0-22 µm aralığı) çünkü güneşten gelen enerjinin sadece bir kısmı atmosferden geçip yeryüzüne ulaşır. Sadece atmosferik gazların emme bantlarının dışında kalan dalga boyları uzaktan algılamada kullanılır. Bu bölgeler “atmosferik pencereler” olarak bilinmektedir. Atmosferik yutulmanın etkisini en aza indirmek amacıyla, uzaktan algılama sistemleri tasarlanırken, kullanılan dalga boylarının bu aralıklara düşmesi hedeflenmektedir. Bu bölgeler, görünür, yakın kızılötesi, ısıl kızılötesindeki bazı bantlar ve mikrodalga bölgesini kapsamaktadır

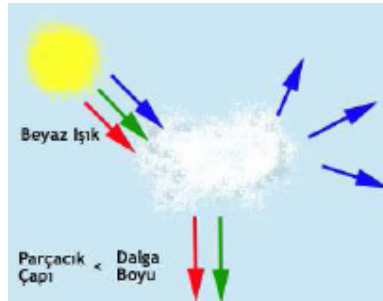
### 2.5.3 Saçılma

Atmosferde mevcut olan parçacıklar ve gaz molekülleri enerji yayımını etkileyerek onun orijinal yönünü değiştirir. Bu yön değişmesi atmosferdeki duman, kir, su buharı vb. parçacıklar yüzünden olmaktadır. Enerjinin içinde hareket ettiği atmosferin kalınlığı,

parçacıkların yoğunluk ve büyüklüğü ve elektromanyetik enerjinin dalga boyu vb. faktörler saçılmanın derecesini doğrudan etkilerler. Atmosferdeki saçılma; “Rayleigh”, “Mie” ve “seçmesiz” olarak adlandırılan tarzlarda olmaktadır.

### Rayleigh saçılması

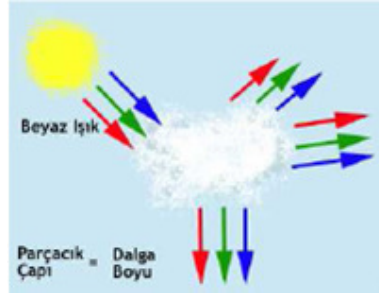
Yayılan enerji, atmosferin üst kısımlarında, atmosferdeki parçacıkların çapının enerjinin dalga boyundan küçük olduğu durumda, meydana gelen bir dağılma tipidir. Bu parçacıklar; toz zerrecikleri, nitrojen ve oksijen moleküllerini içermektedir. Rayleigh saçılması atmosferin 9-10 km yükseklikteki kısmında ve atmosferde su buharı, polen, kir vb parçacıkların olmadığı yerlerde yoğun olarak görünür. Rayleigh saçılmasının miktarı ile dalga boyunun 4. dereceden kuvveti arasında ters bir orantı vardır. Bu nedenle kısa dalga boyları uzun dalga boylarına göre atmosferden geçerken çok daha fazla saçılma eğilimine sahiptirler. Örneğin mavi dalga boyu kırmızıya göre 4 kat daha fazla dağılır. Ultraviyole dalga boyu maviye göre 4 kat daha fazla, kırmızıya göre 16 kat daha fazla dağılır. Atmosferi mavi olarak algılamamızın temel sebebi budur. Güneşin yaydığı elektromanyetik enerji atmosferden geçerken görünür dalga boylarından mavi diğerlerine göre daha fazla dağılıma uğrar. Güneşin doğuşu ve batışı sırasında ise elektromanyetik enerjinin atmosferde daha uzun yol katetmesi sonucu kırmızı ve turuncu atmosferde daha çok dağılıma uğrar ve atmosfer kırmızı bir renk alır. Uzayda ise bu şekilde bir atmosfer-enerji etkileşimi olmadığı için yeryüzünün uzaydan çekilen fotoğraflarında gökyüzü siyah olarak görünür.



Şekil 8 Rayleigh saçılması.

## Mie Saçılımı

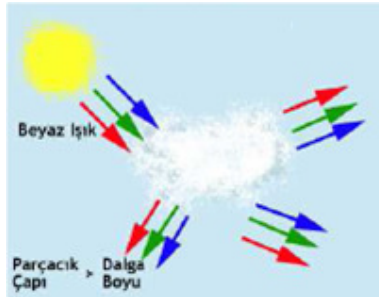
Atmosferdeki su buharı, polen, toz vb büyük parçacıkların çapının, görünür ve kızılötesi dalga boylarına yakın veya aynı olduğu durumda, meydana gelen bir saçılma tipidir. Uzun dalga boyunu etkileyen bu saçılma, atmosferin alt kısımlarında, bulutlu hava şartlarında ve pek çok parçacığın bulunduğu yerlerde atmosferin alt kısımlarına yakın (0-5 km) kısımlarda gerçekleşir. Atmosferdeki parçacıkların yoğunluğu, boyutu ve şekli Mie saçılmasını doğrudan etkileyebilirler.



Şekil 9 Mie saçılması.

## Seçmesiz Saçılma

Yayılan enerji, dalga boyundan daha büyük çaplı parçacıklarla karşılaştığında meydana gelen bir saçılma tipidir. Boyutu 5 ve 100  $\mu\text{m}$  arasındaki su buharı parçacıkları atmosferdeki enerjinin eşit saçılmasına yol açarlar ve bu yüzden bulut ve sis parçacıkları beyaz renge sahip olarak görülürler. Su damlaları ve büyük toz parçaları bu tip dağılıma neden olmaktadır.



Şekil 10 Seçmesiz saçılım.

Saçılma uzaktan algılamayı 3 farklı biçimde etkiler:

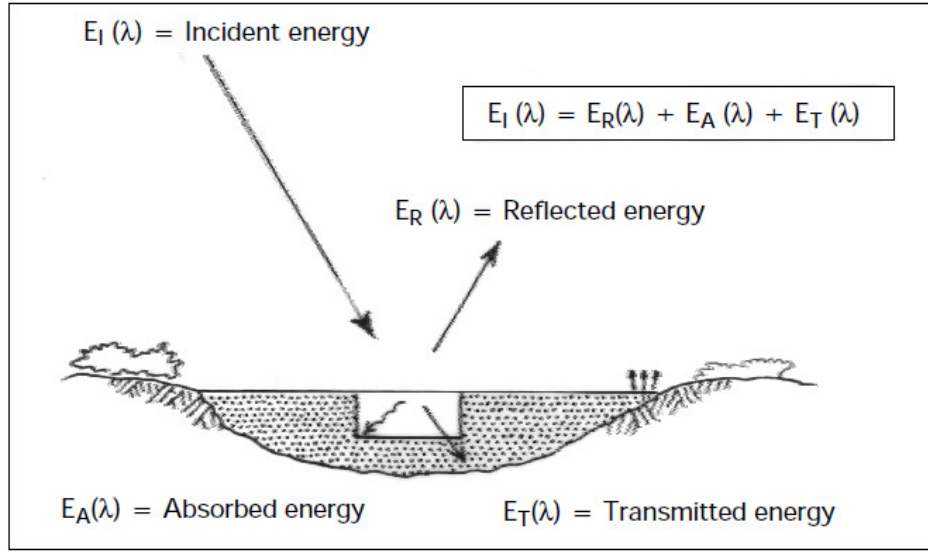
Rayleigh dağılımından dolayı elektromanyetik aralıklarda mavi ve ultraviyole bölgeleri kullanışsız kabul edilmektedirler. Bunun nedeni yeryüzündeki objelerden yansıtıp gelen enerji parlaklığının gökyüzü parlaklığıyla farkının ayırt edilememesidir. Bu yüzden pek çok uzaktan algılama sensörü mavi ve ultraviyoleyi içine alan kısa dalga boyları için sensör içermezler.

Enerjinin yönünün saçılma etkisiyle değişmesi alıcıların kendi algılama sınırları içindeki objelerden gelen enerjiler dışındaki objelerden de enerji almalarına sebep olmaktadır. Bu yüzden sensörlerin algıladığı enerji, gerçekten görüş alanındaki objelerin enerji düzeyi olmayabilir. (Sensörün belli bir andaki görüş alanı(IFOV))

Saçılma etkisi objelerin algılanan kontrastını bozucu etkiye sahip olabilir ve yeryüzündeki objeler kendi parlaklık değerlerinden daha az ya da daha çok parlaklığa sahip olarak gözükübilirler ve bu da karar vericiler tarafından yanıltıcı olabilir.

## **2.6 Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşim**

Atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşan enerji yeryüzündeki objelerle etkileşime girer. Bu etkileşim yansıma, emilme, iletilme olmak üzere üç çeşittir. Enerji korunumu kanununa göre yeryüzündeki bir obje yüzeyiyle etkileşime giren enerjinin toplamı yansıyan, emilen ve iletilen enerjiye eşittir. Bu üç işlemin hangi düzeyde gerçekleştiği ise obje özelliklerine, enerjinin dalga boyuna ve obje yüzeyine hangi açıyla geldiğine bağlıdır. Elektromanyetik enerjinin yeryüzünde emilen kısmı yüzey ısınmasına ve daha sonra bu ısının ısı enerjisi olarak iletilmesine yol açar. Elektromanyetik dalga bu etkileşim esnasında genlik, yön, dalga boyu, faz ve kutuplama özelliklerinde değişikliğe uğramaktadır. Bu değişiklikler sensörler tarafından algılanarak algılanacak cisim hakkında gerekli bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Edinilen bilgiler şekil, büyüklük, yön gibi uzaysal ve ton, renk ve tayf gibi spektral bilgileri taşımaktadırlar.



**Şekil 11** Enerjinin yeryüzü ile etkileşimi.

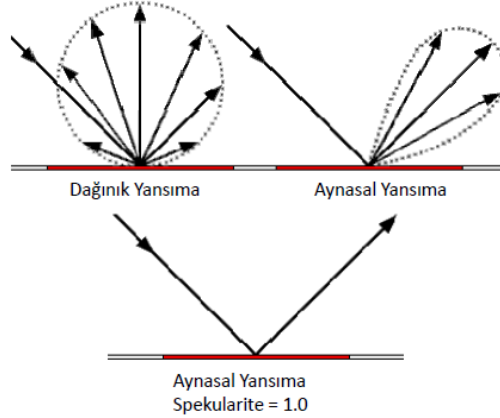
Etkileşim işleyişi açısından bakıldığında zaman kızılötesi dalga boyu ve görünür nesnelere  $0,3\mu\text{m}$  den  $16\mu\text{m}$  ye kadar 3 bölgeye ayrılır.  $0,3\mu\text{m}$  den  $3\mu\text{m}$  kadar olan kısım yansıtıcı bölge olarak adlandırılır. Bu bandda, güneşten dolayı yeryüzünden yansıyan dalga sensörler tarafından algılanır.  $8\mu\text{m}$  den  $14\mu\text{m}$  band aralığında atmosferik pencereye eş olan ve termal kızılötesi olarak adlandırılan bölgeye denk gelir. Bu bandda enerji yeryüzündeki termal salınım uzaktan algılayıcı sensör tarafından algılanır.  $3\mu\text{m}$  ile  $5\mu\text{m}$  arasındaki bandda ise hem yansımaya hemde emilim önemlidir.

### 2.6.1 Yansımaya

Yansımaya enerjinin bir yüzeye çarparak yön değiştirmesi olayıdır. Yansımaya derecesi yüzey pürüzlülük özelliklerine ve enerjinin dalga boyuna bağlıdır. Yüzey pürüzlülüğü dalga boyundan küçük yansımalar aynasal olan yansımalar olarak tanımlanır. Bu tip yansımalar yüzeyin neredeyse pürüzsüz olduğu ayna benzeri objeler, parlak metaller, su yüzeyleri vb. gerçekleşir. Enerjinin objeye çarpma açısı ile yansımaya açısı birbirine eşittir. Objeye yüzeyi enerjinin dalga boyundan daha pürüzsüz olduğu için bu tip yansımalarda gelen enerjinin neredeyse tamamı tek bir yöne yansır.

Yüzey pürüzlülüğünün dalga boyundan büyük olduğu yansımalar ise dağılan yansımalar olarak adlandırılır. Mükemmel bir dağılan yansımada enerji tüm yönlerde eşit olarak dağılır.

1728-1777 arasında yaşamış Johann Lambert'in dağılan yansımanın temellerini şekillendirdiği çalışmalarda dağılan yansıma özelliği gösteren objeler Lamberte ait yüzeyler olarak adlandırılmışlardır. Dağılan yansımalar uzaktan algılamada çok önemli bir yere sahiptir ve yeryüzünün dağınık yansıma özelliklerinin belirlenmesinde kullanılırlar. Dünyadaki objelerin çoğu, hem aynaya özđü hem de dağılan yansıma özelliğini gösterirler. Dağılan yansımalar yeryüzündeki objelerin yüzeylerinin spektral özelliklerini belirlerler. Elektromanyetik aralıkların görünür dalga boyunda olan kısmında bu özellik çeşitlenmeleri "renk" olarak adlandırılır. Örneğin görünür aralığın kırmızı dalga boyunu yansıtan objeler (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ) kırmızı olarak görünürler. Dağılan yansımalar aynı zamanda farklı dalga boylarında objelerin nasıl göründüğünü de belirlerler. Örneğin, mikrodalga dalga boylarında (1mm-1 m) düzgün tanecikli kumu olan bir kumsal pürüzsüz bir yüzey olarak gözükürken, aktif uzaktan algılamada aynı bölge görünür dalga boylarında pürüzlü ve kaba bir yüzey olarak görünecektir.



**şekil 12** Değişik yüzey yansımaları.

Aynasal yansıma su kaynakları, ayna, parlak metaller gibi neredeyse pürüzsüz yüzeylerde oluşur. Dağınık yansıma farklı dalga boylarında izlenebilen nesnelerin belirlenmesi yolunu oluşturur.





**Şekil 13** Aynasal yansımaya sonucu limandaki deniz araçlarının görünümü.

### **2.6.2 İletilme**

Yansımayan veya emilmeyen enerji, materyalin bir uçundan girip diğer uçuna doğru gitmektedir. Elektromanyetik tayfın bu kısmı algılayıcıya dönmemektedir.

### **2.6.3 Emilme**

Güneş ışınları hedefe çarptığında, materyalin kimyasal bileşimi veya molekülleri kapsamındaki atomların çekimi nedeniyle emilir. Elektromanyetik tayfın emilen bu kısmı algılayıcıya dönmez. Emilen tayf olarak adlandırılan bu tip dalga uzunlukları, görüntülenen saha hakkında birçok bilgiyi içermektedir.

## **2.7 Yağlarının Uzaktan Algılanma Teknikleri**

Deniz yağlarının tespit edilmesinde çeşitli uzaktan algılama uygulamaları mevcuttur. Kızılötesi, morötesi, elektromanyetik tayfın mikrodalga dalga boyu alanları ve elektromanyetik alanın görünür kısmı kullanılarak tespit yapılabilmektedir. Yağlar farklı dalga boyları yansımaya farklı cevaplar vermektedir.

### **2.7.1 Morötesi**

Morötesi teknolojisi, ince tabakalarda bile morötesi ışınların yüksek yansıtılabilirliği sayesinde dökülme görüntülerinin algılanmasında kullanılabilir. Gece, rüzgar esintisi, güneş parıltısı ve değişik organizmalar morötesi araçların algılamalarında hatalara neden olabilmektedirler. Bu bozunmalar genellikle termal kızılötesindekinden farklıdır. Morötesi

ve termal kızılötesi araçları birlikte kullanılarak yağın gösterimi ve kalınlığı hakkında daha güvenli bilgiler elde edilebilir.

### **2.7.2 Lazer Floresan Algılayıcılar**

Petrol yağları içerisindeki belirli bileşikler ultraviyole ışığı emer ve elektronik ortamda algılayıcılar tarafından algılanabilir ışık yayarak aktif algılayıcılar tarafından algılanırlar. Bu algılama bileşiklerin ışığın görünür bölgesinde floresan ışığı yayması sayesinde olur. Diğer bileşiklerin yaymış oldukları floresan ışığı çok az olduğu için bu yöntem yağların tespitinde doğru neticeler verir. Uçağa monte lazer flore sensörler hidrokarbon sızıntı tanımlamanın bir aracı olarak 1980'lerde BP kullanıcısının araştırma merkezi tarafından geliştirildi. Uçağa monte floresensör cihazları son derece hassas bir araçtır ve deniz yüzeyinde ince hidrokarbon tabakaların bile varlığını algılar.

### **2.7.3 Görünür Işık**

Elektromanyetik tayfın görünür bölgesinde yağlar sudan daha fazla yüzey yansıması yapar ve enerjiyi emerek siyah veya kahverengi şekilde görünür, buna karşın sınırlı belirgin olmayan emilim eğilimi gösterirler. Yağlar genellikle görünür tayfın tüm aralıklarında görünürler. Yağların dökülmesinin uzaktan algılanmasında kullanılan görünür ışık teknolojisinin bazı eksiklikleri vardır. Üstelik denizlerdeki yağların tespitinde bu teknolojinin kullanımı güneş, rüzgar ve deniz organizmalarından kaynaklanan yanlış algılamalara neden olabilmektedir. Uygun aydınlatma ve deniz durumlarında gözün algılayabildiği resimler kullanılarak platform veya gemi kazalarından kaynaklanan yağlar tespit edilebilmektedir.

### **2.7.4 Termal Kızılötesi**

Yağlar güneş ışınlarını emer ve emilen bu enerjinin bir kısmını genellikle 8-14  $\mu\text{m}$  arasında ısı enerjisi olarak yayar. Su ve yağın yaymış olduğu ısı enerjisinin farklı olması sıcaklık parlaklığının farklı olmasına neden olur. Bu nedenle termal görüntülerde yağ katmanı suya göre daha koyu görünür. Yağların algılanmasında kızılötesi algılayıcılar oldukça etkilidirler. Yağ tabakasının kalınlığı arttıkça kızılötesi görüntülerde yağlar daha sıcak görünürler ve daha ince tabakalardan rahatça ayrılırlar, bu durumun olumsuz yönü ise çok ince olan tabakalar termal görüntülerde görünemeyebilirler. Geceleri kalın yağ tabakaları suya

göre daha çabuk soğurlar. Kalın ve ince yağ tabakaları ile su ve yağ arasındaki fark kızılötesi ile algılanabilirler ancak gece yağ tabakaları ile onu çevreleyen su arasında kızılötesinin algılanması için gerekli olan ısı farkı oluşmayabilir. Bu durum yağların tespit edilememesine neden olur.

### **2.7.5 İleri Bakışlı Kızılötesi**

İleri bakışlı kızılötesi sensörler, across-track termal görüntüleme sensörleri gibi çalışmaktadır. Yer yüzünün eğik görünüşünü sağlamak üzere dizayn edilmişlerdir. İnsanlı veya insansız uçak veya helikopterlerin ön ilerisindeki sahaları görüntülemek için genelde harici olarak yük vb. içine yerleştirilmiş olarak bu vasıtaların ön tarafına monte edilirler. FLIR sensörleri, oldukça yüksek mekansal çözünürlüklü görüntü sağladıklarından, askeri açıdan düşman derinliklerindeki riskli hedeflerin tespitinde, arama ve kurtarma hareketlerinde, trafik ve suçluların takibi vb. polis gereksinimleri ve orman yangınları gibi olaylarda kullanılmaktadır.

### **2.7.6 Işık Saptama ve Uzaklık Tayini**

Lidar sensörleri, radar sensörlerine benzer tarzda aktif görüntüleme teknolojisine göre çalışmaktadırlar. Sensörden gönderilen lazer ışın palsleri, hedefe çarparak yansır ve bu yansıma ise sensör tarafından algılanır ve kaydedilir. Sensör, hedefe gönderilen ve kendisine dönen enerjinin mesafesini hesap ederek cismin yüksekliğini tespit eder. Lidarların bir tipi olan “Lazer Profilometre” sensörü, örneğin ormandaki ağaçların tepe yüksekliklerini yer yüzüne göre, su derinliklerini su yüzeyine göre, mesafesini ölçmektedir. Keza Lidar sensörleri; dünya atmosferinin muhtelif katmanlarındaki partikülleri belirleme, havanın yoğunluğunu ve cereyanlarını tespit etmek için de kullanılmaktadır.

### **2.7.7 Mikrodalga Algılayıcılar**

Bulut, sis, olumsuz hava koşulları, havanın aydınlık veya karanlık olması gibi durumlardan etkilenmediği için mikrodalga algılayıcılar denizlerdeki yağların tespitinde en fazla uygulama alanı bulan algılama yöntemidir. Kısa dalga uzaktan algılama sistemlerinden farklı olarak mikrodalga sistemlerde 2cm ve 4cm dalga boyunun altında bazı bulut ve yağmur olayları haricinde çok az bir soğrulmayla atmosferden geçer. Denizlerdeki yağların tespitinde

en fazla kullanılan mikrodalga algılama sistemi yapay açıklıklı radar (SAR) dır. SAR görüntüleri deniz yüzey pürüzsüzlüğünün algılanmasını esas alır. Yağların deniz suyunda meydana getirdiği sönümlemenin tespit edilmesi ile denizdeki yağın tespiti sağlanır. Deniz dalgalarının sönümlenmesi sonucu radar sinyalleri etkilenen alandan geri yansır ve bu alan SAR ekranında koyu bir alan olarak belirir.

### **3. RADARLARLA UZAKTAN ALGILAMA**

#### **3.1 Radar**

Radar sözcüğü İngilizce “Radio Detection And Ranging” sözcüklerinin baş harflerinden oluşmuş bir kısaltmadır. Radar mikrodalga enerji kaynaklarının ilk uygulamaya konduğu alandır. İlk sistemler, döner bir antenden mikrodalga enerji sistemleri yayarak işliyordu. Radar anteninin gönderdiği mikrodalga sinyalleri yeryüzü ile etkileşime girerek her yönde yansılırdı. Antene geri dönen sinyallerin enerjisi (radyasyon oranı olarak tanımlanır) ve arada geçen zaman süresi hedef alan için hesaplanırdı. Antenin gösterdiği doğrultu, hedefin yönü hakkında bilgi edinilmesini sağlıyordu. Elektromagnetik dalgalarla taşınan bu enerji, dalga boyu, genliği, polarizasyonu ve fazı ile tanımlanır. Yeryüzü gözlemlerinde genellikle 1 cm ve 1m arasındaki mikrodalga bantları kullanılır. Radar sinyalinin ölçülmesi ilk olarak II. Dünya Savaşı sırasında düşman savaş uçaklarını gözetlemek ve yerlerini tespit etmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bu ilk modellerinden bu yana radar ailesi, hem darbeleri hem de sürekli dalga modellerinde içine alarak gelişti. Erken uyarı, hedef saptama, hava trafiği kontrolü füze kumandası, hız ölçümü ve otomatik konuşlanma radarları, örnek olarak gösterilebilir. Meteorolojik amaçlı kullanımı ise 1950 yıllarına rastlar.

#### **3.2 Radar Sinyalinin Ölçülmesi**

Yüzeyle gönderilen radar sinyallerinin yansıma değerleri belirli coğrafi konum ve alanlar için sayıyla ifade edilen geometrik (kareler halinde) resim elemanlarına dönüştürülür. Her yansımanın kuvveti sayısal bir ölçekte tanımlanır. Bu ölçek indirgenmiş olarak 0 ile 255 (8 bit) arasındaki değerlere karşılık gelir. Teknik olarak bu resim elemanlarının değerleri yansıyan sinyallerin kuvvetiyle ya da gücüyle ifade edilir. Her bir radar sinyalinin yansıma değeri, ilgili fiziksel alanın karşılığı, aydınlanmanın ifadesidir ve teorik bir radar formülü ile açıklanır. Algılanan kuvvet değerleri radarın dalga boyu, dalga boyu polarizasyonu gibi diğer etmenlere de bağlıdır. Pratikte, yüzey hakkında görsel anlaşılabilir sayısal görüntüler radar anteninden gönderilen birçok sinyalin ortalaması ile elde edilir.

### **3.3 Radar Sinyallerinin Özelliklerini Etkileyen Parametreler**

Radar sinyallerinin ölçülmesi ile elde edilen geri saçılım katsayı değerleri, taraması yapılan yüzey hakkındaki bilgiyi ifade eder. Bu değerler radar teknolojisinin gözlemsel parametreleri yani frekans, polarizasyon ve gelme açısı ile yeryüzünün fiziksel parametreleri yani pürüzlülük oranı, geometrik şekil ve hedefin dielektrik özelliklerinin fonksiyondur.

#### **3.3.1 Frekans**

Radar mikrodalga frekansı, arazi örtüsünün altına inilebilecek derinliğin anlaşılmasında ve yüzey pürüzlülüklerinin görelî olarak ölçülendirilmesinde kullanılır. İnilebilecek derinlik dalga boyunun uzunluğunun artması ile doğru orantılıdır. Örneğin, ormanlık bir arazide X-bandı (3 cm) ile ağaçların üzerindeki yapraklardan, L-bandı (23 cm) kullanılması ile ağaç dallarından bilgi elde edilebilir. Fakat burada dikkatle üzerinde durulması gereken su ve nem oranıdır. Çünkü mikrodalgalar su ve ıslak yüzeylerden birkaç milimetreden fazla derinliğe geçemezler.

#### **3.3.2 Polarizasyon**

Polarizasyon basit olarak, elektromanyetik dalganın bir bileşke parametresi olan elektrik alanının oryantasyonunu ifade eder. Radar tekniği ile yatay ve düşey polarize olmuş sinyaller üretilir ve kayıt edilir. Sistem aynı veya farklı polarizasyondaki sinyalleri gönderip, geri almaya göre de ayarlanabilir. En çok kullanılan polarizasyon kombinasyonları HH, VV, HV ve VH dir. Birinci harf gönderilen polarizasyon tipini, ikincisi ise geri alınanın tipini gösterir. Örneğin, CHV, C bandında (3 cm) yatay gönderilen sinyallerin (H) düşey olarak (V) geri alınmış olduğunu ve bu yapılandırma üzerinden görüntünün meydana getirildiğini ifade etmektedir. Ayrıca polarizasyon, yüzeyin farklı seviyelerinden bilgi edinilmesinde kullanılabilir.

#### **3.3.3 Gelme Açısı**

Bu açı, sinyallerin gönderilme yönü ve çarpma yüzeyinin normali arasındaki derece ile ifade edilir. Açının artması veya azalması yüzeydeki nesnelere yansıyan sinyallerin kuvvet değerlerinin de değişmesine neden olur.

### **3.3.4 Yüzeyin Geometrisi ve Pürüzlülük Özelliği**

Yüzeydeki pürüzlülük görelî bir kavramdır ve radar anteni ile gönderilen mikro dalga sinyallerinin yüzeye yaptığı gelme açısıyla doğrudan ilişkilidir. Bu sinyaller yüzeyin geometrisi ve dielektrik özelliklerine bağılı olarak değişik yönlerde yansır. Yansıma sonucu geri dönen sinyal sayısı gönderilen sinyal sayısına ve kuvvetine göre çok daha azdır. Bu bakımdan yansımaların şiddeti düşük ölçülür. Buna paralel olarak da radar görüntüsü üzerindeki parlaklık ton derecesi düşer. Karasal yüzeylerdeki karakteristik şekil ve geometrik farklılıklar pürüzlülüğün oranını artırır. Geri dönen sinyallerin sayısı ve kuvveti ile birlikte parlaklık derecesi yüksek değerlerde algılanır. Deniz ve göl yüzeyleri meteorolojik etmenler (yani, rüzgâr, yağış gibi) dışında sakin ve pürüzsüz ortamlardır. Genelde radar görüntüsünde karanlık tonda ve düzgün olarak gözükürler. Rüzgârlı bir havada dalgaların yaratacağı geometri ve yüzeyin hareketliliği, geri yansımayı fazlalaştırır, parlaklık artar ve neticede radar görüntüsünde açık gri tonlar belirli dokuda yaygın olarak gözükür.

### **3.3.5 Yüzeyin Nemi ve Islaklık Özelliği**

Yeryüzeyini kaplayan doğal örtü çeşitliliğinin elektrik özelliklerinin ölçümü ile elde edilen değerler dielektrik sabiti ile ifade edilir. Temelde iki karakteristik değişken özelliği vardır; geçirgenlik ve iletkenlik. Bunlardan iletkenlik, nem oranıyla çok değişir. Örneğın doğal kuru yüzeylerde 3 ile 8 arasında büyüklükte olan iletkenlik, suda en az 10 kat yüksek, yaklaşık 80'dir. Sonuçta radar sinyallerinin yüzeye etkileşimi nem ve ıslaklıkla orantılı olarak artar veya azalır. Elektromanyetik dalğanın bir yüzeyin altına geçerek altyüzeydeki nesneden yansıyabilmesi yüzeyin ıslaklık ve nem oranı ile ters orantılı olması anlamına gelir.

## **3.4 Radar Görüntüleme Sistemi**

Radar görüntüleme sistemi flaşlı fotoğraf makinesiyle görüntüleme işlemine çok benzerlik gösterir. Fotoğraf makinesi flaşı ile anlık yapay ışık üretilir ve hedefin aydınlatılması sağlanarak istenilen alan resimlenir. Flaş kamerası ışığı anlık olarak gönderir ve geri yansıyan enerji kameranın optik merceğı yardımıyla negatif film üzerine kayıt edilir. Radar sisteminde kameranın optik merceğı ve filmi yerine radar anteni ve sayısal bilgisayar depolama araçları kullanılarak hedefin görüntülemesi yapılır.

Radar sinyalleri ışık hızında belirli yönde ve belirli düzlemdeki titreşimler halinde hareket ederler. Sinyallerin geri dönüşü için geçen zamandan mesafe hesaplanarak etkileşme girdiği alanın karşılığı olabilecek sayısal değerler bulunur. Radar sinyalleri 1 cm ile 1 m arasında değişen belirli mikrodalga boyları ile tanımlanır. Bu da yaklaşık 300 megahertzden 30 gigahertze karşılık gelen frekans güç değerine denk düşer. ERS-1 sisteminde saniyede yaklaşık 1600 kadar (bu sayı diğer teknolojiye göre değişir) yüksek güçte mikrodalga sinyali gönderilir ve hedef yüzeyle etkileşimi sağlanır. Yüzeyden yansıyan titreşimler sayısal kodlara çevrilir ve bilgisayarda işlenmek üzere yüksek yoğunluktaki depolama araçlarına kayıt edilir.

### **3.5 Radar Görüntüsü**

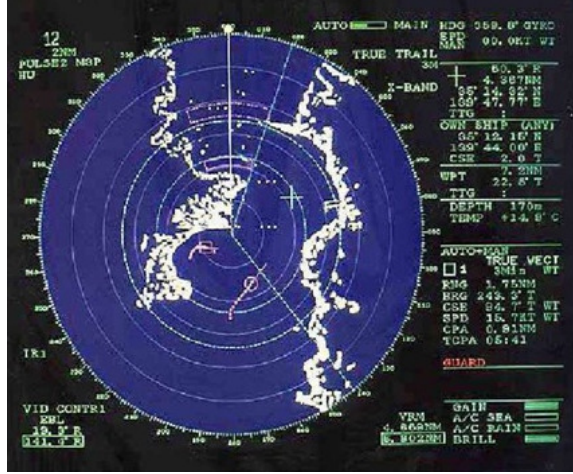
Sadeleştirilmiş anlamda radar görüntüsü belirli en ve boy aralığında tanımlanmış bir çok noktasal resim elemanından oluşan sayısal bir kompozisyonudur. Her resim elemanı (piksel olarak da ifade edilir) yüzey üzerindeki karşılığına denk düşen geri yansımanın sayısal kod değerlerinin bir ifadesidir. Radar görüntüsünün kompozisyonunu meydana getiren karanlık ve aydınlık siyah ve gri tonlamalar yankılanan sinyallerin kuvveti gösterirler. Örneğin, karanlık gözüken alanlar düşük derecede geri yansıma, aydınlık alanlar ise daha yüksek ve kuvvetli geri yansıma olduğu anlamına gelir.

Radar mikrodalga sinyallerinin yansıma özellikleri hedef alandaki nesnelerin boyutu ile de ilişkilidir. Dalga boyundan daha büyük boyuta sahip hedefler daha parlak, küçük olanlar ise karanlık ve koyu gri tonda görüntülenirler. Parlaklık derecesinin artması yüzeyin engebeli olması ve pürüzlülüğünün artması ile paralellik gösterir. Çok az pürüzlü düzgün yüzeyler karanlık veya grinin koyu tonlarında gözüktürler. Radar görüntülerinin yorumlanmasında dikkat edilmesi gereken kural, yüzeyde engebe ve pürüzlülüğün artışı kadar sinyallerin geri yansımasının da kuvvetleneceği olgusunun kabul edilmesidir. Düzgün yüzeyler çok az geri yansıma verirler veya geriye yansıtmazlar. Dolayısıyla radar görüntüsünde bu bölgeler karanlık gözüktür. Bitkiyle kaplı yüzeyler genellikle pürüzlüdür. Gri ve açık tonda yansıma verirler. Radar sinyallerinin gönderilme yönüne yakın eğik yüzeyler de dik olan yüzeylere göre daha az parlak yansıma gösterirler.

Giden ve geri dönen sinyallerin kuvveti hemen hemen aynıdır ve beyaza yakın tonda aydınlanma verir. Otoyollar, şehirlerarası karayolları düzgün yüzeylerdir ve karanlık gözüktürler. Binalar şekilli ve köşe geometrisinde oldukları için geri yansıma yüksek kuvvette



olur ve aydınlık gözüklür. Nemli ıslak alanlar açık tonda, kuru ve düzgün alanlar ise koyu karanlık tonda gözüklür. Yapılan gözlemlerde eğer yüzey pürüzsüz ve düz ise nemli veya su ile kaplı dahi olsa sinyallerin geri yankılanmadığı ve yüzeyin karanlık yansıma verdiği gözlenmiştir.



Şekil 14 Radar görüntüsü.

Radar sinyalinin yüzeyle yaptığı gelme açısındaki değişiklikler geri yansımanın kuvvetinde de değişimlere neden olur. Nehir yerleşimleri, ekim alanlarının sürülme yönleri, okyanus ve denizlerdeki dalgaların şekilleri, jeolojik kırık hatlarının belirlenmesi, radar sinyalinin yüzeyle yaptığı gelme açısı ile ilişkilidir. Açının küçük olması yüksek yansıma ve açık ton görüntülenmesi, açının artması ise geri yansımanın azalarak görüntünün koyu tonda algılanması anlamına gelir.

Radar ile görüntüleme sisteminin kullanım potansiyelini arttıran temel nedenler ve özellikler şunlardır:

- i. Yeryüzü topografyasını ve morfolojisini, deniz ve karasal ortamlardaki morfolojik değişimleri çok hassas algılayabilmesi (örneğin; yüzeyin eğimi, bitki dağılımı ve formu, deniz dalgalarının dinamiği gibi).
- ii. Su ve bağıl nemi hassas olarak algılayabilmesi (kar örtüsü, toprağın ekili alanlarının nem oranı gibi).
- iii. Güneş ışığından bağımsız olarak her türlü hava şartında yeryüzünü görüntüleyebilmesi.

### 3.5.1 Radar Görüntüsü Nasıl Yorumlanır

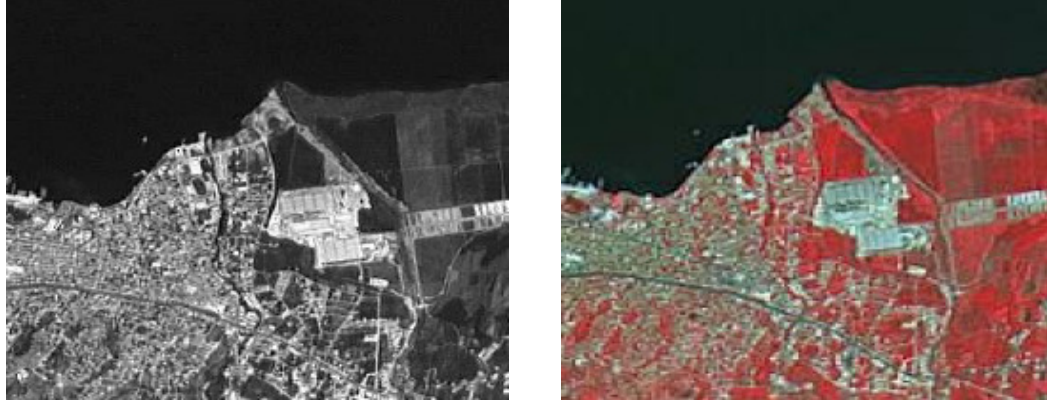
Radar sinyalleri ile elde edilen görüntü (sayısal kodlu) optik algılayıcı görüntüleri ve hava fotoğraflarından farklı özelliklere sahiptir. Bu özellikler radar teknolojisinin radyometrisi ve fiziksel parametreleri ile ilgilidir.

Kullanıcının radar görüntüsünü yorumlarken yüzey nesnelere, olayları, oluşumları anlamada dikkatli olması gerekir. Yüzey engebelerinin ve pürüzlülüklerinin artması, radar görüntüsündeki parlaklık derecesini (gri tonlama) artırır. Gölge gibi gözükten alanlar güneş ışığının açısı ile değil radar sinyallerinin gönderilme açısı ile ilişkilidir. Bu alanlar gerçekte yüzey engebelerinin geometrik yansımasını ifade eder.

Radar görüntüsünde yoğun olarak göze çarpan diğer önemli özellik de, bir çok siyah beyaz ve gri tonlardaki tuz tanecik özellikli noktaların varlığıdır. Bu radar anteni ile yüzlerce sinyalin gönderilmesi sonucu oluşan genel bir haritadır ve bilgisayar görüntü işleme programları ile arazi üzerinde çalışmaya başlamadan önce giderilmesi ve en aza indirilmesi gerekir. Radar sinyallerinin etkileşimini ve anlaşılmasını sağlayan en önemli özellik, hedef yüzeyin geometrisidir. Buna karşılık optik algılayıcılar yüzeyin rengi, kimyasal bileşimi, ve sıcaklığının anlaşılmasında etkin olarak kullanılırlar. Radar görüntüsünü yorumlarken kullanılacak temel parametreler, gri tondaki değişim, doku, şekil, yapı ve nesnelere büyüklük küçüklük oranıdır.

Radar görüntüleme sistemleri ile elde edilen veriler, haritalama, arazi örtüsü, tarımsal, jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalarda, hidroloji, buzullar, kıyı hatları, çevre gibi disiplinlerde yardımcı ve tamamlayıcı bilgi olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca radar sinyallerinin jeofiziksel özellikleri kullanılarak rüzgâr hızı ve yönü, deniz dalgalarının yüksekliği ve hareket yönü, deniz altı topografyası, yükseklik değişimleri bu teknolojiler ile ölçülebilmektedir.



**Şekil 15** Gölcük.

### **3.6 Elektromanyetik Spektrum ve Dalga Boyu**

Radar ile uzaktan algılamada, elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesindeki farklı bandlar kullanılarak farklı bilgiler elde edilir X-bandı (3 cm), C-bandı (5 cm) ve L-bandı (23 cm) en çok kullanılan bandlardır. Yüzey hakkında her bir banddan farklı hassaslıkta bilgi sağlanabilir.

Örneğin uzun dalga boyu (L bandı 23 cm) bandının kullanılması ile yüzey örtüsünün belirli formlarının altına inilebilir, yüzey nemindeki farklılıklar ve değişimler anlaşılabilir. Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesi kara, deniz, göl ve su ile kaplı alanlardaki nesnelere ve olayların anlaşılmasında, taşkın alanlarının tesbitinde, kıyı kuşaklarındaki erozyonun belirlenmesinde kullanılabilir.

### **3.7 Radar Bandları**

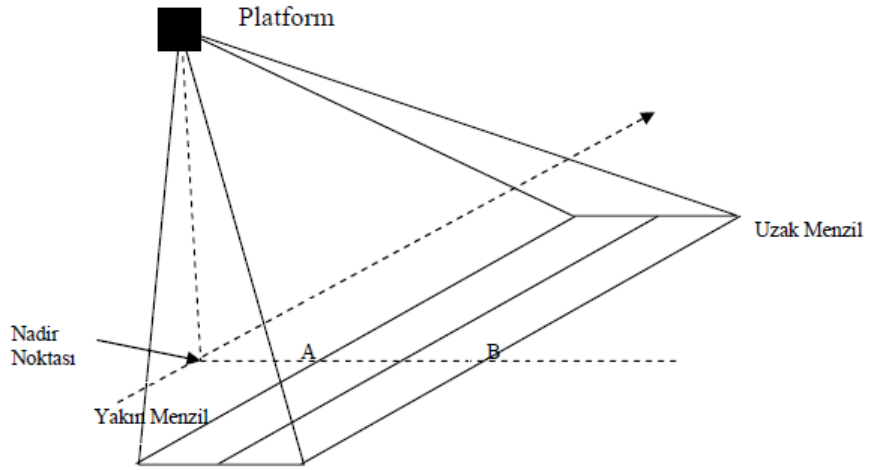
- ✓ L- Band: 1-2 GHz, 15-30 cm dalga boyu. Askeri ve sivil amaçlı uçakların algılanmasında kullanılır.
- ✓ S- Band: 2-4 GHz, 08-15 cm dalga boyu. Meteorolojik amaçlı kullanılır.
- ✓ C-Band: 4-8 GHz, 04-08 cm dalga boyu. Meteorolojik amaçlı kullanılır.
- ✓ X-Band: 8-12 GHz, 2.5-4 cm dalga boyu. Polis radarlarında kullanılır.
- ✓ K-Band: 12-18 GHz, 1.7-2.5, 75-1.2 cm dalga boyu. Polis radarlarında kullanılır.

### 3.8 Gerçek Açıklıklı Radar (RAR)

Gerçek açıklıklı radar menzil yönünde belli açılarla radyo dalga darbelerini dar bir açı demeti ile gönderir. Hedeften geri yansıyan işaretleri de radar görüntüsünü elde etmek amacıyla alır.

Yansıyan darbe genellikle hedeften yansıma süresini saptar ve bu da menzil yönündeki tarama ile ilişkilidir. Radar anteninden yansıyan darbeler dar bir bölgenin görüntüsünü üretmek için kullanılırlar. Taranan şeritten yansıyan işaretler antene aynı anda gelmezler. Daha geniş menzilden yansıyan ışınlar radara daha uzun sürede ulaşırlar ve bu ışınlar görüntünün menzil doğrultusunu oluştururlar.

Görüntü iki boyutlu veri dizisinden oluşur. Şekil 16' da yeryüzünde işaretlenmiş bir A noktasından B noktasına kadar olan bölge görüntülenecektir. Nadir doğrultusuna en yakın nokta olan A noktası yakın menzil, en uzak nokta olan B noktası da uzak menzil olarak isimlendirilirler. A ve B noktaları arasındaki uzaklık taranan alanın genişliğini belirler. Taranan alan içindeki herhangi bir nokta ile radar arasındaki uzaklık eğik menzildir.



Şekil 16 RAR radar çalışma prensibi.

Menzil yönündeki çözünürlük darbenin genişliğine bağlıdır. Çözünürlüğü arttırmak için eğer darbe genişliği küçülürse, gönderilen işaretin gücü azalacağı için geri yansıyan dalganın işaret gürültü oranı (S/N) da azalacaktır. Ortaya çıkan bu problem darbe sıkıştırma tekniği ile düzeltilir.

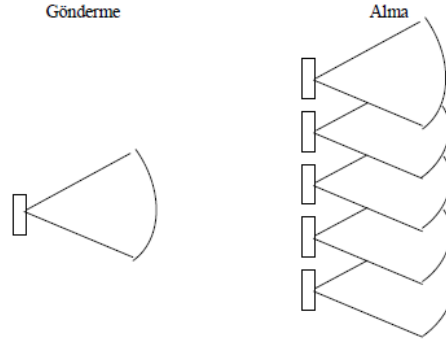
Uçuş doğrultusunda tarama şeridi genişliği azimut çözünürlüğünü verir. Küçük dalga boyu ve büyük anten genişlikleri kullanmak daha iyi azimut çözünürlüğü verebilir. Büyük antenler kullanmak pratik bir çözüm olmadığı için gerçek açıklıklı radarlarda azimut çözünürlüğü düşük olmaktadır.

Radar üzerindeki esas sınırlama gerçek açıklıklı radarlardır. Bunlar kabul edilebilir bir görüntü çözünürlüğü için yüksek giriş gücüne ihtiyaç duymalarının yanında ayrıca çok büyük anten uzunlukları gerektirirler. Bu sınırlamaya çözüm olarak yapay açıklıklı radar (SAR) kavramı kullanılır.

### **3.9 Yapay Açıklıklı Radar (SAR)**

Uzaktan algılama alanında yapay açıklıklı radar tekniklerinin ve uygulamalarının üzerinde özellikle son yıllarda daha çok durulmuştur. SAR alıcıları yüksek kalitede görüntüleme kapasitesinden dolayı günden güne artan uygulama alanı bulmuştur. 1950' den beri radarın temelini oluşturan SAR, görüntü işleme tekniklerinin gelişmesinde önemli bir adım olmuştur. Çeşitli amaçlarla uçak ve uydu sistemlerinde ve uzaktan algılamada etkin olarak kullanılmaktadır. SAR geometrisinde hedefi en iyi şekilde algılamak hiyerarşik bir yönteme dayandırılmıştır. Hiyerarşideki her adım elde edilen veri üzerinde çeşitli algoritmaları kullanarak işlem yapar.

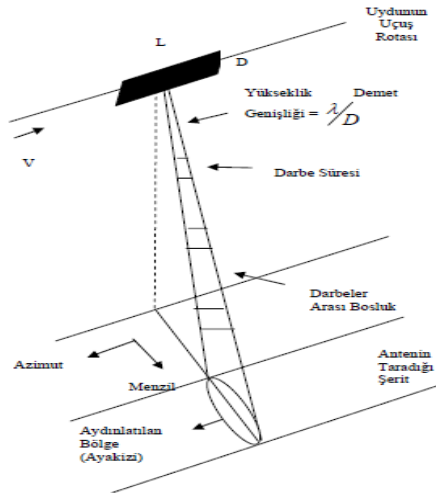
SAR daha küçük anten uzunluğuyla yüksek çözünürlükte görüntü üretme yeteneği olan bir uzaktan algılama sistemidir. SAR belli bir yöne doğru hareket ederken, darbeleri gönderir ve gönderdiği darbeler bir yansıtıcıdan yansır. Radar anteni gerçekleşmesi istenen açıklık boyunca hareket ettirilerek belirli zaman aralıklarında ölçmeler yapılır. Her konumda elde edilen işaretlerin eş-fazlı olarak toplanması sonucunda yapay açıklık oluşturulmuş olur. Böylece gerçek fiziksel açıklığa eş büyük bir açıklık yapay olarak gerçekleşmiş olur. Bu azimut yönünde yüksek çözünürlük elde edilmesini sağlar. Menzil yönündeki çözünürlük ise kısa darbeler veya yüksek band genişlikli (chirp) darbeler gönderilerek elde edilir. Şekil 17' de SAR sistemlerinin darbe gönderimi ve yansıyan darbelerin alınması gösterilmiştir.



**Şekil 17** SAR görüntüleme yöntemi

SAR görüntüleme alıcıları yeryüzüyle ilgili bilgiyi mikrodalga bölgesinde yansıyan enerji ile verirler. SAR alıcı yüksekliğinden bağımsız olarak yansıyan işaretleri işleyerek yüksek çözünürlüklü görüntüler üretir. SAR sistemleri çoğunlukla uydu üzerine yerleştirilirler ve görüntü alırlar. SAR yönteminde yeryüzüne ait her nokta daha uzun süre gözlenir. Bütün uydu sistemlerinde işleme ünitesi mevcuttur. Elde edilen işaretler uydu üzerindeki kayıt cihazlarında depolanır ya da uydu istasyonuna gönderilir.

Şekil 18’ de SAR sistemlerinin çalışma prensibi gösterilmiştir. Bu geometride, anten ışın demetinin simetri eksenini taşıyan hava aracının  $V$  hız doğrultusuna dik olarak alınmıştır. Burada SAR, sabit bir  $V$  hızıyla yatay bir yol boyunca hareket etmekte olup, belli bir darbe tekrarlama frekansıyla uçuş yoluna paralel uzanan bir yer parçasını aydınlatır.



**Şekil 18** SAR sisteminin çalışma prensibi

SAR aktif uzaktan algılama sistemi olmasından dolayı gece ve gündüz görüntüleme yapabilmektedir. Bulut, sis, yağmur gibi olumsuz hava koşullarından etkilenmeden çalışıyor olmaları da diğer avantajlarından. Bu avantajlarından dolayı SAR sistemleri orman haritaları, buzul haritaları, okyanus hareketlerinin incelenmesi, arazi çalışmaları, askeri uygulamalar, doğal afetler gibi birçok alanda kullanılırlar.

#### 4. UYDULARLA UZAKTAN ALGILAMA

1960'lerde ilk olarak casus uydularla istihbarat toplamak amacıyla başlatılmış olan uzaktan algılama teknolojisi, 1970'li yıllardan itibaren Amerika Birleşik Devletleri'nin geliştirmiş olduğu Landsat serisi uydular vasıtasıyla sivil amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Sivil amaçlı ilk yeryüzü gözlem uydusu olan Landsat-1, 23 Temmuz 1972'de Amerikan Uzay Merkezi tarafından yörüngesine konumlandırılmış, daha sonraki yıllarda Landsat serisinden altı uydu daha uzaya fırlatılmıştır. 1970'li yıllarda Landsat uydusuna yerleştirilmiş çok tayflı algılayıcısı vasıtasıyla görünür ve yakın kızılötesinde dört bantta 60m konumsal çözünürlükte veri alınırken 1980'li yıllarda tematik haritalayıcı algılayıcısının geliştirilmesiyle birlikte çözünürlük 30m mertebesine yükseltilmiş, bant sayısı ise 4'ten 7'ye yükselmiştir. Son Landsat sistemlerinde tematik haritalayıcı algılayıcısı yerine benzer özellikli geliştirilmiş tematik haritalayıcı algılayıcısı kullanılmıştır. Landsat-7'de termal bant çözünürlüğü 60m'ye yükseltilmiş ve 15m konumsal çözünürlüğe sahip bir pankromatik bant ilave edilmiştir. Özellikle 1990'lı yılların başından itibaren teknolojik gelişmelere paralel olarak birçok ülke tarafından çeşitli özellikte uydu programları geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bunların başlıcaları Fransa, Belçika ve İsveç tarafından ortaklaşa geliştirilen SPOT programı, Hindistan tarafından yürütülen IRS programı, Kanada tarafından yönetilen Radarsat programlarıdır. Devlet kuruluşları vasıtasıyla yürütülen programların yanında özel şirketler tarafından da yüksek çözünürlüklü uydu pazarında yer edinmeye yönelik programlar yürütülmektedir. Bunlardan Digital Globe firması tarafından yönetilen Quickbird (65cm konumsal çözünürlük pankromatik bantta, 2,62m konumsal çözünürlük multispektral bantlarda) ve WorldView programları (50cm konumsal çözünürlük pankromatik bantta, 2m konumsal çözünürlük - sadece WorldView-2 için) ve Space Imaging firması tarafından yürütülen IKONOS (1m pankromatik bantta, 4m multispektral bantlarda) ve GeoEye-1 (0,41m pankromatik bantta, 1,65m multispektral bantlarda) başlıca sistemler olarak ifade edilebilir. Türkiye'nin yüksek çözünürlüklü yerli keşif uydusu GÖKTÜRK-2, yörüngede birinci yılını tamamlamıştır. Dünya etrafında 5 bin tur atan uydu, bir yılda 2 bin 400 görüntü elde etmektedir. TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) ve TUSAŞ iş ortaklığı tarafından yüksek yerlilik oranıyla üretilen GÖKTÜRK-2, 18 Aralık 2013 tarihi itibarıyla yörüngede birinci yılını tamamlamıştır. Çin'deki Jiuquan Fırlatma Merkezi'nden uzaya gönderilen uydu, dünya etrafındaki kutupsal yörüngede toplam 5 bin 344 tur atmıştır.

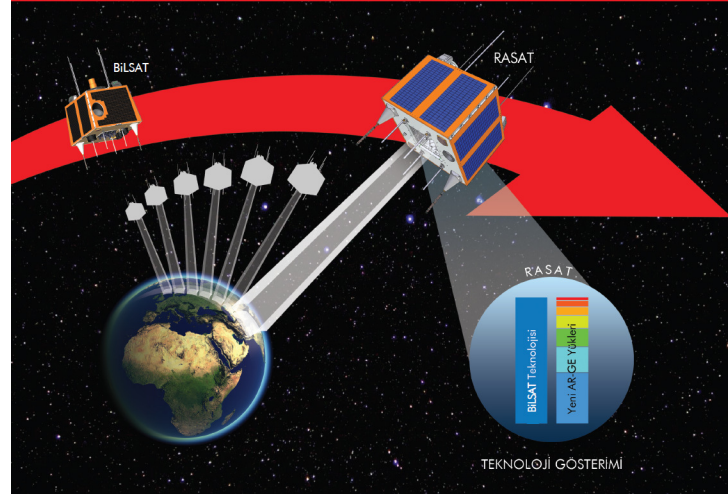


Bu süre içinde Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın Ahlatlıbel'deki yer istasyonundan 2 bin 850 defa iletişim kurulmuştur. Halen Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından işletilen ve 2,5 metre çözünürlüğe sahip GÖKTÜRK-2 ile bugüne kadar 2 bin 400 görüntü çekilmiştir. Dünyanın dört bir tarafından çekilen bu görüntülerle 3 milyon kilometrekarelik bir alan kapsamaktadır. Yaklaşık 400 kg ağırlığındaki GÖKTÜRK-2, dünyanın her noktasından 2,5 metre çözünürlükte görüntü alabilmektedir. Ayrıca istenildiğinde yeryüzünün 3 boyutlu haritalarının hazırlanmasında kullanılacak stereo görüntüleme imkânları da sunacak yüksek manevra kabiliyetine sahiptir.



**Şekil 19** Göktürk-2 Uydusu

Uyduda TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen milli uçuş bilgisayar ve yazılımı kullanılmaktadır. GÖKTÜRK-2, Türkiye'nin kuzey sahillerinden güney sahillerine kadar uzanan yaklaşık 600 km'lik bir şeridin görüntüsünü tek geçişte indirebilecek kadar yüksek hızlı bir veri haberleşmesine sahiptir. GÖKTÜRK-2, görüntü çekimi ve bunların yer istasyonlarına indirilmesi konusunda herhangi bir uluslararası kısıtlamaya tabi değildir. 17 Ağustos 2011'de uzaya fırlatılan ilk yerli gözlem uydusu RASAT'ın ardından GÖKTÜRK-2'nin de uzaydaki yerini almasıyla ülkemizin gözlem uydusu sayısı 2'ye yükselmiştir. GÖKTÜRK-2 uydusu, RASAT uydusuna göre 3 kat daha yüksek görüntü çözünürlüğüne ve 4 kat daha yüksek kütle sahiptir.



**Şekil 20** Rasat uydusu

Uzaktan algılama sistemlerinden biri olan uyduların denizlerdeki yağların tespitinde kullanımını anlamak için uydu ile ilgili bazı terim ve kavramları bilmek gerekmektedir.

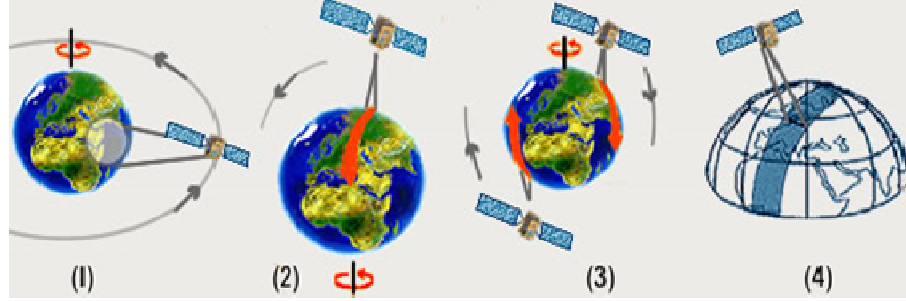
#### **4.1 Uydu Platformları**

Yeryüzünün çok geniş alanları için algılama yapabilme yeteneğine sahip platformlardır. Dünya yörüngesinde belli bir noktada sabitleştirilmiş olmaları sebebi ile periyodik görüntü alırlar. Böylece, aynı noktadaki değişim ve gelişimi periyodik takip etme imkanı verirler. Algıladıkları verileri ya manyetik bantlara kayıt ederler yada yeryüzündeki istasyonlara gönderirler. Uzay platformlarının üç farklı tipi vardır. Bunlar; insanlı uydular, otomatik uydular ve uzay istasyonlarıdır.

Uydular iki ana bölümden oluşur: ana gövde ve taşıyıcı. Ana gövde, bir uydunun işlevlerini yerine getirebilmesi için ihtiyacı olan tüm malzemeyi içinde bulundurur. Bu malzemeler arasında; antenler, kameralar, radar ve diğer elektronik aksam sayılabilir. Taşıyıcı ise, uydunun ana gövde ile birlikte tüm diğer malzemelerini uzaya taşıyan kısımdır. Taşıyıcı uydunun tüm parçalarını bir arada tutar ve bilgisayar, elektrikli aksam gibi hassas gereçleri uzay boşluğunda korur.

Uzaktan algılama uyduları, yörünge durumlarına ve yeryüzünden yüksekliklerine göre sınıflandırılabilir. Uydunun izlediği ve tamamladığı dairesel yola yörünge denir. Yörüngeler yüksekliklerine, dönüş yönlerine ve dünyanın dönüşü ile ilişkilerine göre

sınıflandırılmaktadır. Şekil 19’da verilen sıra ile bazı yörünge çeşitleri hakkında bilgi verilmiş ve tarama alanı tanımlanmıştır.



Şekil 21 Uyduya ait bilgiler

#### 4.1.1 Yer Sabit Yörünge

Bu tür yörüngelere sahip olan uydular genellikle çok yüksek irtifaya sahiptirler. Bu uyduların en kullanışlı yörünge yüksekliği 36000 km’dir. Bunlar uzun ömürlü uydulardır. Meteorolojik ve haberleşme uyduları genellikle bu tür yörüngelere sahip uydulardır. Bu uydulara yer sabit yörüngeli (geo-stationary) uydular denilmesinin nedeni, ekvatora paralel bir yörüngeye yerleştirilmeleri ve ekvator üzerindeki bir noktaya göre sabit kalıp, dünyanın kendi kutupsal eksenini çevresindeki dönüş hızına bağımlı olarak dünya ile birlikte hareket etmelerinden dolayıdır. Bu tür uydular her zaman dünyanın aynı bölgesini görürler. Bu nedenle aynı bölgeyi izleme ve o bölge hakkında sürekli bilgi elde etme imkanı sağlarlar (Şekil 21 (1)).

#### 4.1.2 Yakın-Kutupsal Yörünge

Pek çok uzaktan algılama platformu, kısa sürede dünyanın pek çok yerini görüntülemeyi sağlayacak yörüngelere oturtulmuştur. 'Yakın-kutupsal yörünge' ismi, bu tür uyduların kuzey ve güney kutupları arasında uzanan bir yolu takip etmeleri nedeni ile kullanılmaktadır (Şekil 21(2)).

#### **4.1.3 Güneş-Eşzamanlı Yörünge**

Pek çok yakın kutupsal uzaktan algılama uydusunun yörüngesi aynı zamanda güneş-eşzamanlıdır. Bu sayede, uydu dünyada görüntülediği her bölgeyi aynı yerel saatte görüntüler (Şekil 21 (3)).

#### **4.1.4 Tarama Alanı**

Uydu dünya etrafında dönerken, algılayıcı, yer yüzeyinin belli bir kısmını taramaktadır. Yörünge boyunca ilerlerken taranan bu bölgeye "tarama alanı" denilmektedir(Şekil 21 (4)).

#### **4.1.5 Pankromatik Görüntü**

Elektromanyetik spektrumun geniş bir bölümünden yansıyan enerjiyi ölçebilen algılayıcılar tarafından elde edilir. Bu bölümlere genellikle bant adı verilir. Halihazırdaki bir çok pankromatik algılayıcılar için bu tek bant genellikle spektrumun görünen ile yakın kızılötesi bölümünü kapsamaktadır. Pankromatik veriler siyah-beyaz görüntü olarak oluşturulurlar.

#### **4.1.6 Periyodu**

Daha öncede belirtildiği gibi, bir uydu önceden belirlenmiş bir yörüngeye sahiptir, bu nedenle dünya yüzeyindeki aynı noktaya tekrar gelmesi günler almaktadır. Bu geçişler arasındaki süreye (gün olarak) periyot adı verilir. Bu süre gerekmesi durumunda azaltılabilir veya arttırılabilir.

#### **4.1.7 Stereo Görüntüleme**

Ayarlanabilir görüntüleme geometrisine sahip uydular tarafından yapılabilen görüntülerin üst üste bindirilecek şekilde çekilmesi tekniğidir.

#### **4.1.8 Şerit Genişliği**

Uydular için şerit genişliği terimi; algılayıcının algıladığı alanın bir kenarından diğerine olan uzaklığını verir. Görüş alanı arttıkça görüntünün çözünürlüğü azalır.

#### **4.1.9 Kapsama Alanı**

Uydunun görüntüleme yaptığı alanların tümüdür. Kutup yörüngeli uydular, kutuplar hariç dünya üzerinden her yeri görüntüleyebilir. Ancak ayarlanabilir alıcılara sahip uydular kutupları da görüntüleyebilir.

#### **4.1.10 Çok Tayflı Görüntü**

Elektromanyetik spektrumdaki birden fazla bantta ölçen dijital algılayıcılarla elde edilirler. Örneğin; alıcıların bir bölümü görünür kırmızı yansıyan enerjiyi ölçerken, diğer bir grup yakın kızılötesi enerjiyi ölçer. İki ayrı algılayıcı dizilimi aynı dalga boyunun değişik bölümlerindeki enerjiyi ölçebilirler. Bu çoklu yansıma değerleri görüntü yaratmak için birleştirilirler. Günümüzde çok bantlı uzaktan algılama uyduları bir kerede 3 ila 7 değişik banttaki yansımaları ölçebilirler.

#### **4.2 Uydularla Denizlerdeki Yağların Tespiti**

Yağların havadan algılanmasında uydu ile uzaktan algılama birçok defa kullanılmıştır. Uydular ile denizlerdeki petrol sızıntılarının algılanmasında iki yöntem kullanılmaktadır; bunlardan ilki optiksel olarak izleme ki bu yöntemde karşılaşılan birçok problem vardır, diğer yöntem ise yapaya açıklıklı radarların kullanımınıdır. Ancak uyduların uzaktan algılamada kullanılmasında bazı problemler mevcuttur, ana problem ise zamanlama ve tekrar geçiş periyodudur. Ayrıca uydu ile uzaktan algılamada açık bir hava ve iyi hava koşullarına ihtiyaç vardır.

Uydu ile uzaktan algılama yönteminde diğer büyük problemlerden biride verileri işlemek için çok fazla zamana ihtiyaç duyulmasıdır, buda kirlilik müdahale planlamasını olumsuz etkiler. Geçmişte uydular sadece kirliliğin yerinin bilindiği durumlarda kullanılmaktaydı. Hava araçları ile yapılan uzaktan algılama yöntemine göre uydu ile yapılan algılama oldukça düşük mekansal çözünürlüğe sahiptir. Bir diğer kısıtlayıcı faktör ise uzay tabanlı platformlarda kullanılacak görünür algılayıcıların oldukça az olmasıdır. Kızılötesi ve floresan algılayıcılar atmosferik emilim ve saçılmadan etkileşiminin oldukça fazla olmasından dolayı uydu ile uzaktan algılamada tercih edilmezler.

Uzay tabanlı uzaktan algılama sistemlerinde en fazla tercih edilen algılayıcılar yapay açıklıklı radarlardır. Uydu görüntüleri kirlilik tespitinde taktiksel planlamadan ziyade stratejik

planlama için kullanılır. Kuzey Avrupa ülkeleri başta olmak üzere bir çok ülke kirliliğin izlenmesinde uydu görüntülerini ve hava araçlarını birlikte kullanırlar. Hava araçları kısa vadeli durumlar veya tedbir amaçlı olarak kullanılırlar. Hava unsuru algılayıcılar kirliliğin dağılması ve algılayıcıların seçiminde esneklik sağlarken uydu bazlı algılayıcılar etkilenen alanlar hakkında bize özet niteliğinde bilgi sağlarlar. Son zamanlarda meydana gelen teknolojik gelişmelerle, uyduların kirliliğin tespiti için istenilen alana yönlendirilmesi kısa zamanda sağlanabilmektedir.

#### **4.3 Petrol Kirliliğine Müdahalede Optik Uydu ve Radar Sistemlerin Karşılaştırılması**

Farklı kirlilik izleme kriterlerine göre algılayıcıların karşılaştırılmaları yapılabilir. Algılayıcılar için en önemli etkenlerden biri mekansal çözünürlüktür. Eğer bir kirlilik tespitinde tepiti yapılacak alanın büyüklüğü en az 10 m ise mekansal çözünürlük en az 10 m olmalıdır. Kirlilik izleme, gösterim, verilerin işlenmesinde ve biriktirilmesinde süre çok önemlidir. Veriler kolay kullanım ve yorumlama için gerçek zamanlı erişilebilir olmalıdır. Kirlilik durumunda açık denizde dalga, akıntı ve rüzgar döküntüyü oldukça hızlı dağıttığı ve geniş bir alana yaydığı için süre oldukça önemlidir. Uzaktan algılama sistemlerinde veriler, kirlilik oluştuktan sonra 1 saat içinde erişilebilir olmalıdır. Tablo 1 de bazı algılayıcıların verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için mekansal çözünürlük ve süre gereksinimleri verilmiştir. Hava unsurları algılayıcılarının mekansal ve zamansal çözünürlüklerinin uzay-uydu algılayıcılarına göre oldukça fazla olduğu görülmektedir. Sürenin çok önemli olduğu petrol sızıntısı durumlarında hava unsurlarına ait algılayıcılar daha avantajlıdır. Görünür algılayıcılar yüksek çözünürlüğün gerektiği durumlarda en iyi sonucu verirler.

**Tablo 1** Bazı algılayıcıların verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için mekansal çözünürlük ve süre gereksinimleri.

			Mekansal Çözünürlük		Şerit Genişliği(km)	Günlük Periyot(Gün)	Tam Yeryüzü Tur(gün)	İşlem Süresi
			En Az	Araık				
Radar	Uzay	ERS-2	30		100/150	3	35	<2 st
		RADARSAT-1	9	9-100	50-500	2	7/17	<2 st
	Hava	SLAR	10	10-50	10-40	Gerektiği kd.		Gerçek zmn.
		SAR	1-3	1-10	10-40	Gerektiği kd.		Gerçek zmn.
Optiksel	Uzay	Landsat TM	15	15-120	185		16	3 gün
		SPOT	10		60/85		26	3 gün
	Hava	Video Kamera	<1	Yükseklíge bağlı	Yükseklíge bağlı	Gerektiği kd.		Gerçek zmn.
		Normal Kamera	<0,1	Yükseklíge bağlı	Yükseklíge bağlı	Gerektiği kd.		1 gün
		Normal Tarayıcı	<1	Yükseklíge bağlı	Yükseklíge bağlı	Gerektiği kd.		Gerçek zmn.

Geniş alanlarda petrol sızıntısının izlenmesinde özet niteliğinde görüntü sağlaması uzaktan algılama sistemlerinin asıl tercih nedenidir. Yapay açıklıklı radarlar ve yan taramalı hava radarları etkilenen alanlar hakkında oldukça önemli bilgiler sağlarlar. Uydu uzaktan algılama sistemleriyle geniş alan görüntüleri elde edilebilmekte ancak mekansal çözünürlüğün düşük olması tercih edilmelerini zorlaştırır. Etkili bir kirlilik takip ve izlemesi yapılabilmesi için algılayıcıların gece ve gündüz aktif olması gerekir. Görünür ışık algılayıcıları ve ultraviyole ışık algılayıcıları karanlıkta çalışmazlar. Ayrıca sis ve yağmur gibi olumsuz hava koşulları da algılamayı olumsuz etkiler. Kötü hava koşullarında en iyi algılayıcılar radar algılayıcılarıdır. Fiyat ve algılayıcıların büyüklüğü de kullanım tercihlerini etkiler, kızılötesi algılayıcılar ucuz olmasından dolayı kirlilik izlemede oldukça yaygın olarak kullanılırlar, floresan ışık algılayıcılar pahalı ürünler olduğu için kullanımda çok tercih edilmezler. Ayrıca çoğu algılayıcıyı taşımak için uçak gibi taşıyıcılar tahsis etmek gerekir ki buda maliyeti artıran başka bir etkidir. Morötesi ve kızılötesi algılayıcılar hava unsurlarına kolayca adapte edildiği için oldukça yaygın kullanılırlar, bu çeşit algılayıcıların en büyük problemi deniz yosunu ve güneşin parlaklığı vb. gibi nedenlerden dolayı yanlış algılama yapabilir olmalarıdır. Lazer floresan algılayıcılar bu olumsuz yönlerine karşın buz üzerindeki yağın tespit edilmesinde kullanılabilecek yegane algılayıcılarıdır. Sahil şeridindeki kirliliğın tespit edilmesi ve temizlenmesi de oldukça önemli bir konudur ve bu tür tespit içinde lazer floresan algılayıcı oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ayrıca döküntünün kalınlığının bilinmesi de

müdahale için önemli konulardan biridir, lazer floresan algılayıcılar, kızılötesi veya morötesi algılayıcılar, mikrodalga radar algılayıcılar yağın yoğunluğunu algılayabilirler bu da dispersant maddesinin kullanılacağı yere karar vermeye yardımcı olur.

**Tablo 2** Çeşitli algılayıcıların maliyet karşılaştırmasına ilişkin tablo.

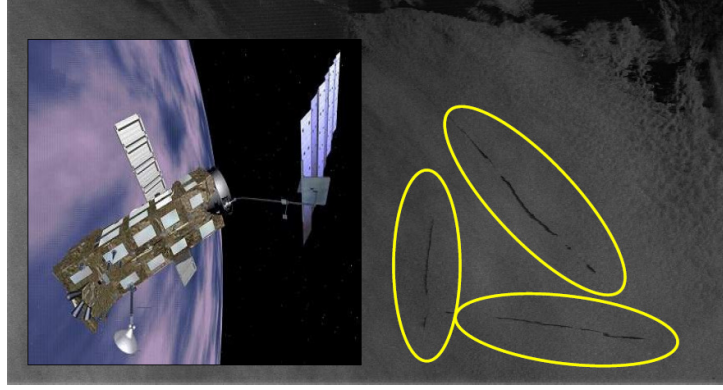
	Görünür	Kızılötesi	Morötesi	Radar	Mikrodalga	Lazer Floresan Algılayıcı	Lazer Ses Yağ Yoğunluk Algılayıcı
<b>Maliyet (KS)</b>	0,25 - 20	1 - 200	100 - 300	1200- 8000	400 - 2000	300 - 2000	Çok pahalı
<b>Yanlış Algılama</b>	Yosun, karanlık,kıyı şeriti	Yosun, kıyı şeriti	Rüzgar, güneş parıltısı,yosun	Birçok parazit	Parazitten fazla etkilenmez	Etkilenmez	Az
<b>Yoğunluk Algılama</b>	Hayır	Göreceli yoğunluk	Hayır	Bazı durumlarda göreceli yoğunluk	50 µm- birkaç mm	< 20 µm	Tam olarak ölçer
<b>Mekansal Çözünürlük</b>	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
<b>Hava Koşulları Etkisi</b>	Bulutsuz, açık hava gerekir	Bulutsuz, yoğun sissiz hava gerekir	Açık atmosfer gerekir	Rüzgar hızından etkilenir	Yoğun yağmur hariç her tür hava koşulunda	Bulutsuz ve sissiz havada çalışır	Bulutsuz ve sissiz havada çalışır
<b>24 Saat Çalışma</b>	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>Dikey Aralıkta(300m yükseklik)</b>	Orta	±250m	±250m	±30km	±250m	±75m	Küçük
<b>Uçak Tahsisi</b>	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet
<b>Yağ Sınıflandırma</b>	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Hayır

Tablo 2'den de anlaşıldığı gibi tek bir çeşit algılayıcı ile kirliliğe müdahale planlaması yapabilmek için gerekli tüm parametreleri tam doğrulukta elde etmek mümkün görünmemektedir, her ne kadar lazer floresan algılayıcılar oldukça kullanışlı olsalar da maliyetlerinin yüksek olması ve güneş parıltılarına karşı aşırı duyarlı olmaları operasyonel olarak kullanılmalarını güçleştirmektedir. Tek tip bir algılayıcıdan ziyade maliyeti daha uygun çoklu algılayıcı sistemlerin kullanımına ihtiyaç vardır. Petrol sızıntısı risk haritalarının, petrol sızıntısı konum haritalarının ve petrol sızıntısı yol haritalarının oluşturulmasında bu tür sistemlerin kullanılması oldukça önemlidir. Çoklu algılayıcı sistemlerin kullanıcılarından Almanya'da; kirliliğin tespiti için yan taramalı hava radarı, kirliliğin yayılımını bulmak için kızılötesi algılayıcı, kirleticinin yoğunluğunu belirlemek için mikrodalga radar algılayıcı ve



kirleticinin türünü sınıflandırmak içinse lazer floresan algılayıcı kombinasyonu kullanılmaktadır. İsveç ise yan taramalı hava radarı, kızılötesi ve görünür ışığı algılayan sistemler kullanılmaktadır. Kanada da ise lazer floresan algılayıcı, morötesi, kızılötesi ve yapay açıklıklı radar algılayıcı sistem kullanılmaktadır. Ülkemizde henüz uydu teknolojisinin yeteri kadar gelişmemiş olması, özellikle gözlem uydularının azlığı, başlangıç yatırım maliyetlerinin yüksek olması(140 milyon TL), fırlatma teknolojisine sahip olunmaması, çeşitli nedenlerle iletişimin kesilmesi veya çok düşük bir ihtimalde olsa kullanılamaz duruma gelmesi, arıza durumunda tamirinin imkansız denilecek derecede olması, kullanılacak algılayıcıların üretiminin yurtiçinde yapılamıyor olması, petrol sızıntısının olduğu anda uydunun konumu gibi nedenlerden dolayı denizlerimizdeki kirliliğin tespitinde tek başına kullanılmasını imkansız kılmaktadır. Maliyetlerin düşürülmesi için hava araçlarına monteli SAR kullanımı, bu radarların askeri amaçlarla dahi olsa ülkemizde üretilebiliyor olması, ve petrol sızıntısını algılayabilecek şekilde yeniden tasarlanabilecek olması ve geliştirilmeye müsait olması, dışa bağımlılığı azaltacak olması, bakım ve ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması ve diğer algılayıcılar ve sistemlerle uyumlu çalışabilir olması gibi nedenler SAR'ın tercih edilmelerini arttırır.

Ülkemizde kullanılacak sistemde; EMSA'nın Radarsat-2 ve Cosmo-Skymed-2 gibi SAR radar uydularından sağladığı uydu görüntüleri kullanılabilir, ancak bu uyduların ülkemiz denizlerini kapsayan görüntüleri şu anda uydu periyotlarından dolayı ayda 8 ila 16 arasında değişmekte olup, görüntüler eğer bir kirlilik varsa ortalama 30 dk ile 1 saat arasında ilgili birimlerimize ulaşmaktadır. Gerekli protokol ve çalışmalar yapılarak Sahil Güvenlik Komutanlığı'nın denizlerdeki güvenliği arttırmak amacıyla envanterine dahil etmiş olduğu üzerinde SLAR radarların, IR/UV algılayıcıların, kamera sistemlerinin bulunduğu Meltem uçakların sisteme dahil edilmesi ve uçuş planlarını EMSA' dan görüntü alınamayan günlerde yapılacak şekilde ayarlanması tespit edilen kirlilik sayısını arttıracaktır.



**Şekil 22** EMSA uydu görüntüsü.

Sisteme kirlilik tespiti artırmak amacıyla SAR radar, IR/UV algılayıcılar, optik kameralar monte edilmiş uçak eklenmelidir, tercih edilecek bu hava araçlarında insansız hava araçları da tercih edilebilir ve bunun için yerli üretim ANKA tercih edilebilir. Son olarak sisteme GTYS'nde kullanılacak olan kirlilik algılayıcı kule monteli seyir radarlar da entegre edilerek hibrit bir sistem elde edilmiş olacaktır. Böylece kirlilik tespiti, kirliliğin yayılımının izlenmesi, yoğunluğunun ve türünün tespit edilmesi mümkün olacaktır.

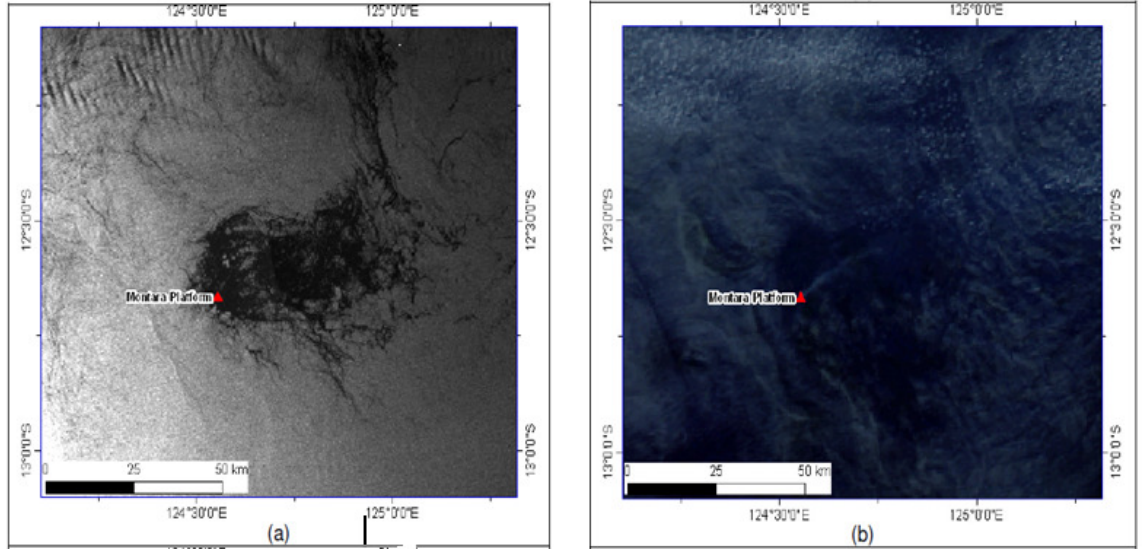


**Şekil 23** SLAR, IR/UV algılayıcıli hava araçları.

Sistemde her tür hava koşulunda ve her zaman kesintisiz görüntü elde etmek için uçakların uçuş periyodlarının optimum olacak şekilde belirlenmesi gerekir, ayrıca kirlilik haritaları çıkarılarak sistemin daha verimli ve düşük maliyetli çalışabilmesini sağlayan yeni algoritmalar geliştirilmelidir. Başlangıçta petrol sızıntısının tespiti için kullanılacak sistem zamanla diğer unsurlarla tespit edilen petrol sızıntısının doğrulanması içinde kullanılabilir.

#### 4.4 Optik Uydu Görüntüsü ve Radar Görüntüsünün Karşılaştırılması

Petrol sızıntısının izlenmesinde optik görüntü ve radar görüntülerinin gösterim kapasiteleri şekil 24' te kıyaslanmıştır. Optik görüntü ve radar görüntüsü aynı bölgeye ait ve aynı günde çekilerek elde edilmiştir. Radar görüntüsünde kirlilik açıkça siyah olarak görülmekteyken, optik görüntüde suyun renginin de oldukça koyu olmasından dolayı kirlilik radar görüntüsündeki kadar net değildir. Her ne kadar iki resimde de belli yönlerden kirlilik görülebiliyor olsa da kirliliğin olduğu alanın ayırt edilmesinde ve sınırının tam olarak belirlenmesinde optik görüntünün istenilen netliği sağlayamadığı görülmektedir. Radar görüntülerinin denizdeki yağ sızıntılarının tespitinde daha avantajlı olduğu görülmektedir.



Şekil 24 Radar ve Optik uydu görüntüsü.

Hem optik görüntüler hem de radar görüntüleri yağların tespitinde önemli rol oynarlar. Uyduların temel özelliklerinden olan periyot kısıtından dolayı yer gözlem uyduları kirlilik

bölgesindeki durumu değerlendirmek için gönderilen deniz ve hava unsurlarını tamamlayıcı maliyeti düşürmek amaçlı kullanımda tercih edilmelidir. MODIS gibi optik algılayıcı uydu sistemleri günde iki defa geniş alanlara ait görüntü iletirler. COSMO-SkyMed gibi esnek görüntüleme modlu radar uydu takımlarının kullanımının yaygınlaşması, kısa periyot ve geniş kapsama alanı gerekli olan büyük kirliliklerde optik uydularla birlikte çok iyi sonuçlar verirler.

## 5. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM VE YAĞ TABAKASI

Petrol tabanlı ürünlere talebin artmasıyla, gemi rotaları ve bunun beraberinde olası yağ sızıntısı ihtimali de git gide artmaktadır. Doğru kullanıldığı takdirde, uzaktan algılama teknolojisi yağ tabakasının gözlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir. Uzaktan algılama teknolojisi ile yağ tabakalarının erken tespiti, büyüklük ve boyut tespiti, yağ tabakasının hareket yönünün tahmini ve yağın cinsi hakkında bilgi sağlanabilmektedir. Bu bilgi, temizleme çalışmalarında, yerel ekosistemin dengesinin ve doğal yaşamın korunmasında, hasar tespitinin yapılmasında ve kirleticilerin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Petrol atıkları, yayıldıkları fiziksel çevreden etkilendiklerinden kimyasal birleşimleri değişime uğramaktadır. Bu sebepten dolayı doğada petrol atıkları dinamik bir yapıya sahiptir.

Yağ tabakasının doğasından dolayı, bir uzaktan algılama platformunun aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir;

- Yağ tabakasının ekosisteme kısa sürede etkimesi ve değişken tabiatından dolayı yüksek zamansal çözünürlük,
- Algılanan görüntü ile mevcut hava ve bulut koşullarından bağımsız olarak herhangi bir bölgenin görüntülenebilmesi,
- Küçük, münferit yağ tabakalarının belirlenebilmesi için yüksek mekansal çözünürlük,
- Yağ tabakasının çevresindeki sudan ayırt edilebilmesi için spektral bant genişliği ve bölge önemli olduğundan yüksek spektral çözünürlük.

Günümüzde tüm bu gereksinimleri kapsayan, örneğin gerçek zamanlı yağ atıklarını saptamaya ve sınıflandırmaya yönelik spektral çözünürlüğe sahip uydu veya uçak bazlı algılayıcılar bulunmamakta ve gelecekte de öngörülmemektedir. Uydu bazlı algılayıcıların atık saptamadaki kullanılabilirliğinin artması için teknik açıdan uçak bazlı algılama sistemlerine benzemesi gerekmektedir. Çoğu yağ tabakası 10m'den daha az genişliğe sahip şeritler halinde yayıldığından bunu algılayabilecek mekansal çözünürlüğe sahip algılayıcılar kullanılmalıdır.

Herhangi bir petrol atığına olası en çabuk müdahalenin yapılabilmesi için göreceli olarak daha sık tekrarlama periyoduna sahip sistemler tercih edilmelidir (Tablo 3). Bu sebeplerden dolayı optimum temel özellikler, tekrarlama sıklığı, verinin işleme hızı ve mekansal çözünürlük olarak sıralanmaktadır.

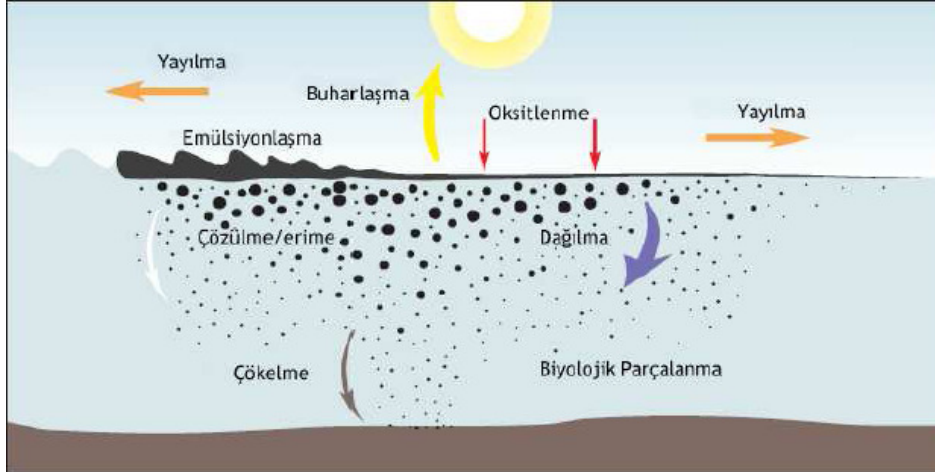
**Tablo3** Mekansal çözünürlük ve zaman gereksinimleri.

	Gerekli minimum mekansal çözünürlük		Kullanışlı verinin toplanabileceği minimum zaman(st)
	Büyük atık (m)	Küçük atık (m)	
Su yüzeyinde yağ tespiti	6	2	2
Su yüzeyinde yağ haritalama	10	2	12
Sahil/kıyı bölgesinde yağ haritalama	1	0,5	12
Düzenli su temizleme desteği	1	1	1
Hacim/Kalınlık ölçümleri	1	0,5	1
Yasal adli takibat	3	1	6
Genel dokumantasyon	3	1	1
Uzun menzilli gözetme	10	2	1

Algılayıcılara, geliştirilen bu özelliklere ek olarak, SAR algılayıcılarındaki iyileştirilmiş kutupsal algılama kapasitesi ile görüntülerdeki yanlış tanımlanan hedef sayısı en aza indirgenmiştir. Yağsal atık benzeri olgulara sebep olan fiziksel ve biojenik işlemlerin kutupsal görüntülerde gerçek yağ atıklarından farklı yansıtım değerlerine sahip olması beklenmektedir.

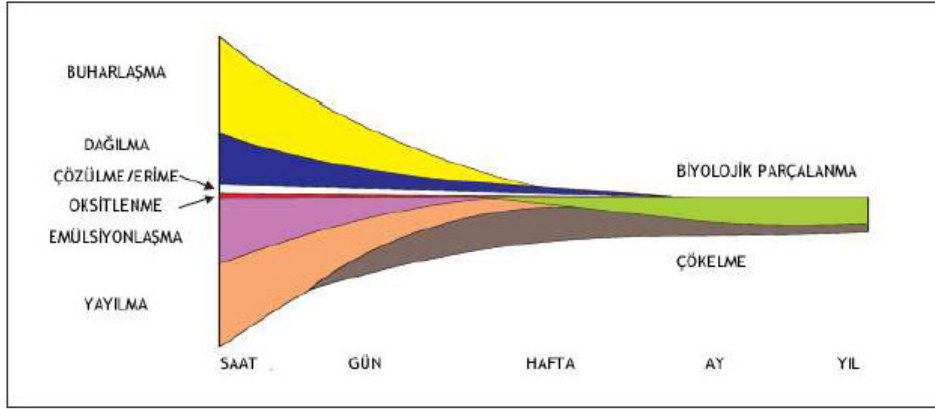
## 5.1 Yağ Tabakasının Denizde Zamanla Dağılımı

Yağ tabakası, denize bırakıldığı andan itibaren devamlı olarak fiziksel ve kimyasal olarak değişikliğe uğramaktadır. Zaman içerisinde, hangi cins yağ olursa olsun deniz ekolojisine karıştığından, karaya veya hassas bölgelere ilerleme durumuna göre oluşacak zararın kalıcılık boyutu da değişmektedir. Yağ tabakasının dağılımı, yağın cinsine, hava – deniz durumuna ve yağın denizde kalmasına veya karaya ulaşmasına bağlıdır. Yağın denizdeki doğal dağılım süreci kontrolü mümkün olmayan çevresel etmenlere bağlı olduğundan tamamen kantitatif özellikte değildir . Yağın dağılımı, başlarda daha etkili olan, yayılma, buharlaşma, dağılma, emülsiyonlaşma, çözülme / erime ve daha sonraki evrelerde oluşan, oksitlenme, çökelme ve biyolojik parçalanma evrelerinden oluşmaktadır (Şekil 25). Bunlardan en önemlisi yağın deniz yüzeyine bırakılmasından itibaren her yöne doğru ince bir tabaka halinde dağılma eğilimi gösterdiği yayılma evresidir. Öncelikli olarak yerçekimine ve yüzey gerilimine bağlı olan bu eğilim, yağ dağılımının fiziksel şekillenmesinde baskın rol oynamaktadır.



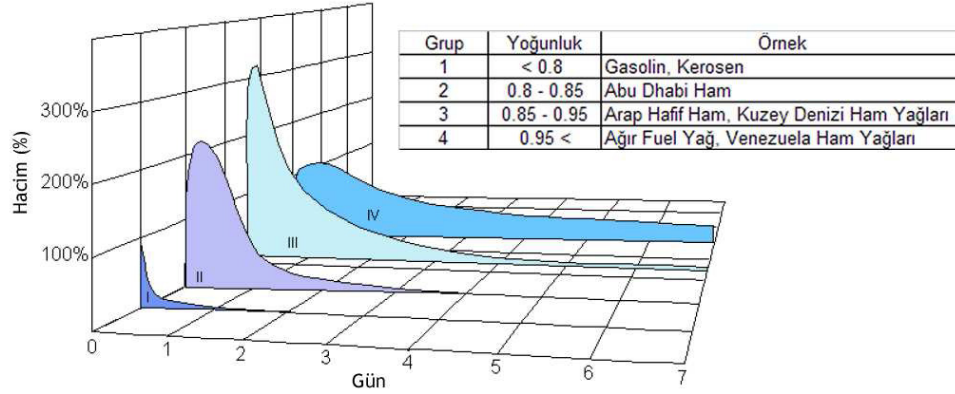
Şekil 25 Yağ tabakasının denizdeki dağılım evreleri

Bu evrelerin yağın dağılımındaki rölatif önemi ve etkime süreleri birkaç saatten aylara kadar değişen süreçlerde farklılıklar göstermektedir.



**Şekil 26** Yağ tabakasına etkiyen etmenlerin önem ve zaman dağılımı.

Yağ tabakasının kırılması ve dağılımı genelde yağın ne kadar kalıcı olduğuna da bağlıdır. Kerosen gibi hafif ürünler, herhangi bir ek temizleme gerekmeden, buharlaşma ve hızlıca dağılma eğilimindedir. Bu tip yağlar, kalıcı olmayan yağ olarak isimlendirilmektedir. Bunların tam tersine, çoğu ham yağ gibi kalıcı olan yağlar çok daha yavaş kırılarak dağılmakta ve ek bir temizleme gerektirmektedir. Deniz yüzeyinde kalan yağ ve sudaki yağ emülsiyonunun hacminin, günlere göre toplam yağ tabakasının % hacmi olarak gösterimi Şekil 25'te verilmektedir.



**Şekil 27** Deniz yüzeyindeki farklı tip yağ tabakalarının zamana göre dağılım oranı.

### 5.1.1 Yayılma

Yağ tabakası suya bırakıldığı andan itibaren düzgün olmayan bir şekilde yerçekimi ve yüzey gerilimlerine bağlı olarak dağılmaya başlamaktadır. Yerçekimsel yayılma gücü, yağın kalınlığı, deniz suyu ile yağın yoğunluk farkı ve eğim ile orantılıdır. Bu değişkenler zamana



bağlı olarak hızlıca azalırken yerçekimsel yayılma yerini yüzey geriliminden kaynaklanan yayılmaya bırakmaktadır. Yağ tabakası, herhangi bir yüzey akıntısı ile gerilerek en ufak rüzgar ile esinti doğrultusunda kalınlaşabilmektedir. Çoğu yağ tabakası, renkleri değişkenlik gösteren geniş bir parlaltının takip ettiği siyah küçük bir bölgenin oluşturduğu kuyruklu yıldız şeklini almaktadır. Yapılan ölçümler göstermektedir ki atık kaynaklı yağın çoğu siyah kalın bölgede bulunurken, parlaltılı bölgede çok daha az yağ oranına rastlanmaktadır. Endüstriyel olarak parlaltılı bölgede, toplam yağın sadece %10'unun bulunduğu varsayılmaktadır. Yağ tabakasının yayılma hızı aşağıda verilen bazı faktörlere bağlıdır.

**Yağın akışkanlığı veya kalınlığı:** Çoğu yağ tipi farklı akışkanlık değerlerine sahip olmasına rağmen aynı oranda yayılma eğilimi göstermektedir. Ancak daha hafif olan rafine edilmiş fuel oil, ham yağdan daha fazla yayılma oranına sahiptir.

**Hava koşulları:** Rüzgar hızı yayılma oranına doğrudan etkimektedir. Anafor şeklindeki hava koşulları, yağ tabakasının yayılmasını, tek bir yönden esen rüzgardan daha hızlı sağlamaktadır.

**Deniz koşulları:** Sert deniz koşulları yağ tabakasının yayılmasını hızlandırmaktadır.

### 5.1.2 Buharlaşma

Yağın daha hafif olan uçucu bileşenleri zamanla buharlaşmaktadır. Rafine edilmiş “fuel oil”, ham yağa göre belirgin bir şekilde daha fazla buharlaşmaya maruz kalmaktadır. Buharlaşmanın oranı, güçlü rüzgarlar, sert deniz koşulları ve yüksek sıcaklık değerleri ile doğru orantılı olarak artmaktadır .

### 5.1.3 Dağılma

Yağ tabakasının denizin derin katmanlarına doğru dağılmasının sebebi kırılan dalgalardır. Yağın sürüklenme derecesi, yağın akışkanlık ve yüzey gerginliği gibi değişkenlerine bağlıdır. Bu değişkenler yağın denizdeki zamanla dağılımı çerçevesinde farklılıklar göstermektedir. Sürüklenme aynı zamanda birim zamanda deniz yüzeyine vuran dalğanın fraksiyonuna da bağlıdır. Deniz yüzeyindeki kırıcı dalgaların şiddeti rüzgar hızına bağlı olduğundan, dolaylı olarak sürüklenme rüzgar hızına da bağlı olmaktadır. Ancak, bu durum, Langmuir dolaşımı

söz konusu ise değişkenlik göstermektedir. Langmuir hücreleri, dağılımı, yağ damlacıklarını normalden daha derinlere sürükleyerek arttırmaktadır. Dağılım gerçekleştikten sonra biyolojik parçalanma ve çökme evrelerinin gerçekleşmesi öngörülmektedir .

#### **5.1.4 Emülsiyonlaşma**

Emülsiyonlaşma, doğal olarak karışamayan iki sıvının birleşmesi esnasında meydana gelmektedir. Materyallerden biri emülsiyonu oluştururken diğeri de onun içinde askıda madde olarak kalmaktadır. Emülsiyonlaşma kirleticinin hacmini artırırken aynı zamanda da biyolojik parçalanmanın derecesini azaltmaktadır. Emülsiyonlar önceki hallerine (yağ/deniz suyu) uygun koşullar altında getirilebilmektedir .

#### **5.1.5 Çözülme / Erime**

Yağ, içerisinde suda çözünebilir maddeler muhteva ettiğinden denizde de çözülebilmektedir. Ancak bu bileşenlerin buharlaşma ile havaya karışması da olasıdır .

#### **5.1.6 Oksitlenme**

Oksijen ile tepkimeye giren yağ tabakası, çözülebilen bileşenlerine veya daha inatçı olan katran formuna parçalanmaktadır. Oksitlenme derecesi yağın cinsine bağlı olup çok yavaş olarak gerçekleşmektedir. Daha ağır olan yağlar genellikle, merkezi oldukça sıvı olan dışı kabuklaşmış katran toplarına dönüşme eğilimindedir. Bu form, içinde bulunan yağın inatçılığını arttırmaktadır.

#### **5.1.7 Çökme**

Yağ doğal olarak kendiliğinden batmamaktadır. Ancak kum veya organik materyaller gibi su bazlı tortuların yağ partikülleri ile etkileşime girmesi ile yağın ağırlığı artmakta bu da çökmeye sebep olmaktadır. Bu etki, askıda madde oranının yüksek olduğu yerler olan kıyılara veya kumsallara yakın bölgelerde kendini daha fazla göstermektedir .

#### **5.1.8 Biyolojik Parçalanma**

Deniz suyu, yağı parçalı ve bütün olarak ayrıştırabilecek çeşitli mikropları bünyesinde barındırmaktadır. Bu ayrıştırma süreci, bölgede bulunan besin yoğunluğuna ve yağın cinsine

göre değişiklik göstermektedir. Ağır yağlar, bünyelerinde mikroplara karşı yüksek dirençli bileşenlere sahip olduğundan biyolojik parçalanmaya daha az oranda maruz kalmaktadır.

## **5.2 Yağ Tabakasının Farklı Spektral Bölgelerde İncelenmesi**

### **5.2.1 Pasif Mikrodalga**

Uydularda bulunan pasif mikrodalga radyometreleri, global kapsama olanağı ve birçok mikrodalga frekanslarının buluta nüfuz etmesi nedeniyle özellikle açık okyanuslarda çok değerli bir veri kaynağıdır. Bu sistemler, yağ tabakasının davranışına ve tüm hava koşullarında taşınmasına etki eden deniz yüzeyi ve atmosferik özelliklerinin ölçülmesine olanak tanımaktadır. Uydu platformlarından yağ tabakalarının saptanması, mikrodalga radyometrelerinin geniş bakış alanına sahip olmaları (düşük mekansal çözünürlük) nedeniyle şimdilik imkansızdır. Ancak, bu sistemlerin uçak ve/veya gemi platformlarında kullanılması ile yağ tabakasının saptanması ve izlenmesine olanak veren yüksek mekansal çözünürlük sağlanmış olacaktır. Mikrodalga radyometre ile yağ tabakası saptanımındaki fiziksel dayanak, deniz yüzeyindeki temiz alanlar ile kirli alanlar arasındaki yayılım farkıdır. Genelde yağ tabakası, sudan daha güçlü mikrodalga yayılımı gösterdiğinden arka planda daha koyu görünen deniz yüzeyine nazaran yağ tabakası daha parlak bir şekilde gözükmektedir. Sakin deniz yüzeyleri için bu fark, yağ cisminin deniz suyundan daha düşük elektriksel geçirgenliğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Pürüzlü deniz yüzeylerdeki yayılım değişimleri de deniz yüzeyindeki pürüzlülük değişimlerinden kaynaklanmaktadır, diğer bir ifade ile yağ tabakaları küçük ölçekli yüzey pürüzlülüklerini bastırmakta, bu da arka plana göre yağ bölgelerindeki yayılımı azaltmaktadır . İnce yağ tabakaları (yağ tabakası kalınlığı  $d < 30-50$  mkm - düşük hacimli yağ deşarjlarında olan ayrıca geniş-hacimli deşarjların dış sınır çizgilerinde de gözlenen) sakin deniz yüzeyinde yayılımı değiştirmemektedir. Pürüzlülüğün olması durumunda kalın yağ tabakası alanları düşük yayılım ile karakterize edilmektedir. Kalın yağ tabakalarının ( $d > 50$  mkm) yayılımı, elektriksel geçirgenliğin ve kalınlığın ( $d$ ) bir fonksiyonudur. Bunun yanı sıra radyometrenin frekansına, polarizasyonuna ve geliş açısına bağlıdır. Yayılımın yağ tabakası kalınlığının bir salınım fonksiyonu (hava-yağ ve yağ-su sınırlarından yansıtılan dalgaların etkimesi nedeniyle) olması ve salınım periyodunun artan frekansa göre azalması nedeniyle, yağ tabakası kalınlığının tahmininde farklı frekanslarda çalışan 2 veya 3 mikrodalga radyometresi kullanılmaktadır. Etrafını çevreleyen temiz suya

karşın kirlı denız yüzeyindeki parlak (açık) kontrast, hem yağ cisminin parlaklığına hem de atmosferik parlaklık sıcaklığına ve yutulmaya bağlıdır .

### 5.2.2 Aktif Mikrodalga

SAR, günümüzde deniz yüzeyi kirlenmesini saptamada kullanılan etkin sistemlerdir. SAR sistemleri, kıyı bölgelerindeki kirlenme riskinin tahmin edilmesine olanak vererek yağ tabakalarını görüntülemektedir. Optik görüntülerden farklı olarak SAR görüntüleri, günün herhangi bir saatinde, her tür hava koşulunda, hatta bulut olmasına rağmen elde edilebilmektedir . SAR sistemleri, düşük özgül ağırlıklı küçük dalgaların değişimlerini algılamaktadır. Bu dalgalar, atmosferik sınır tabakasının ve üst deniz tabakasının oldukça değişken dinamiğine çok duyarlıdır. Bu yüzden SAR görüntüleri deniz yüzeyindeki bu dinamiğin anlık izi olarak dikkate alınmaktadır. Tek bantlı SAR görüntülerinde, yanal değişimler de gri renk tonu değişimleri olarak yorumlandığından, insan kaynaklı yağ tabakalarının tanınmasında karışmaya neden olabilen farklı görüntüler de elde edilebilmektedir. Bu açıdan yorumlayıcının deneyimi ve özellikle görüntülerdeki farklı özelliklerin nedenini kavrama yeteneği çok kritik bir faktör olmaktadır. Böyle bir deneyim fazla mevcut olmadığından, insan kaynaklı yağ tabakalarının saptanması ve tanınmasını kolaylaştıracak yarı otomatik veya tam otomatik sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır .

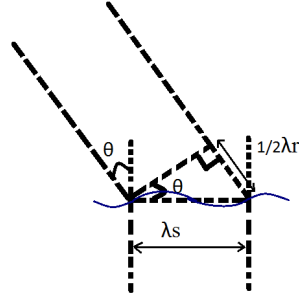
SAR algılayıcıları, kısa dalgaların varlığından dolayı deniz yüzeyinde etkindir. Denizin üzerinde esen rüzgar, dalga boyu ( $\lambda$ )  $<5\text{mm}$  olan kılcıal dalgalar meydana getirmektedir. Rüzgar, kılcıal dalgaları tetiklemeye devam ettiği sürece, kılcıal dalgalar enerjiiyi, uzun ( $\lambda$  : bir kaç yüz metre), orta ( $\lambda$  : onlarca metre) ve kısa ( $\lambda$  : metreden daha az) olmak üzere, daha büyük dalgalara dönüştürmektedir. Bragg rezonansı, radar geri saçılımı için temel mekanizmadır (Şekil 28). Bragg saçılımı, deniz yüzeyi dalga boyu, radar dalga boyu ve geliş açısının bir fonksiyonudur. Eğer herhangi bir uzun dalga yokken deniz yüzeyi hafif bir esinti ile dalgalanıyorsa, radar geri saçılımı, radar dalga boyu ile rezonansta olan dalga spektrumunun bileşenlerine dayanmaktadır.

$$\lambda_s = \lambda_r / 2 \sin \theta \quad (4.1)$$

$\lambda_s$  = Deniz yüzeyi dalga boyu

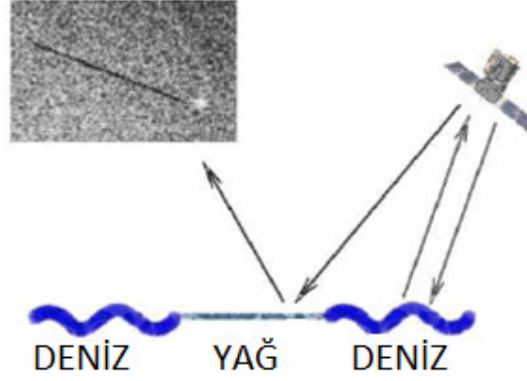
$\lambda_r$  = Radar dalga boyu

$\theta$  = Geliş açısı



**Şekil 28** Bragg saçılımı mekanizması.

Deniz yüzeyindeki petrol atığı, hava deniz etkileşimini azalttığından, normal koşullarda temiz denizlerde var olan kılcal dalgaları azaltmaktadır. Kılcal dalgalar, mikrodalga enerjii yansıtarak radar görüntülerinde deniz gürültüsü olarak isimlendirilen parlak bölgeler meydana getirmektedir. Olası bir petrol atığı, deniz gürültüsünün sönmümlendirilmesiyle meydana gelen koyu bölgeler ile saptanabilmektedir. Bu sönmümlendirme etkisi, Marangoni dalga teorisiyle açıklanmaktadır. Yağdaki aktif yüzey bileşenleri, yağ tabakasının elastik özelliğini etkilemektedir. Bu ise, dalgalar yağ ile kaplı suya doğru yayılırken yüzey geriliminin değişimine sebep olmaktadır. Meydana gelen yüzey gerilimi, Marangoni dalgası olarak isimlendirilen boyuna dalgaların yükselmesini sağlamaktadır. Yüzeysel hareket dalgaları ile etkileşime geçen Marangoni dalgaları, kılcal dalgalarda azalma, bastırma etkisi yaratmaktadır. Sonuç olarak, radar geri saçılımı azaldığından, yağ tabakası, SAR görüntülerinde koyu alanlar şeklinde gözükmektedir (Şekil 29).



**Şekil 29** Marangoni dalgalarının sönümlendirme etkisi ve SAR sistemlerinde algılanması.

Bragg saçılım teorisine göre, temiz ( $\sigma_0$ ) ve yağ kaplı ( $\sigma_s$ ) deniz yüzeyi arasındaki normalize edilmiş çapraz kesit (NRCS) oranı aşağıdaki gibi formülize edilmiştir.

$$\frac{-\sigma_0}{-\sigma_s} \approx \frac{\Delta^s S_s T_{ij}^0}{\Delta^o S_s T_{ij}^s} \quad 4.2$$

Formülde  $\Delta(s)$  ve  $\Delta(o)$  akıcılık sönümlenme katsayısını ifade etmektedir. S ise, rüzgar girdisini, farklı dalga bileşenleri arasındaki lineer olmayan enerji aktarımını ve dalga kırılmasından kaynaklanan dağılmayı tanımlayan kaynak fonksiyonudur. T, Bragg katsayısı ve A da radar modülasyon iletimi fonksiyonudur. “i” ve “j” indeksleri de farklı radar polarizasyonlarını (YY, DD, YD, DY) belirtmektedir. Orta dereceli rüzgar hızları için, birinci dereceden sönümlenme oranı aşağıdaki şekilde basitleştirilebilmektedir.

$$\frac{-\sigma_0}{-\sigma_s} \approx \quad 4.3$$

Marangoni sönümlenme teorisine göre, sönümlenme oranı  $\Delta(s)/\Delta(o)$ , dalga sayısının, yüzey dalgasının açılal frekansının, yüzey geriliminin, yağ ile kaplı su yüzeyinin yoğunluğunun ve dinamik akıcılığının bir fonksiyonudur. SAR görüntülerinde yağ tabakasının görünümü koyu bölgeler olarak görülse de yağ tabakaları haricinde bu tip koyu bölgelerin oluşmasına neden olan birçok doğal etmen bulunmaktadır. Bunlar denize karışmış taze sular, durgun bölgeler,

karaların veya yapıların arkasında kalmış rüzgar gölgeleri, üzerindeki suyun durulmasına sebep olan bitki veya ot yatakları, biojenik yağlar, balina ve balık spermi şeklinde sıralanabilir. Yine de tüm sınırlamalara karşın radar günümüzde geniş alanların hava koşulları ve gün ışığından bağımsız olarak algılanmasını sağlayabilen tek algılayıcı olma özelliğine sahiptir.

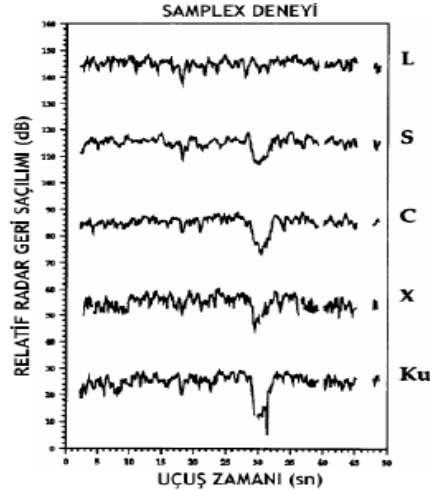
### 5.3 SAR ile Yağ Tabakası Tespit Parametreleri

#### 5.3.1 Dalga Boyu

Yağ tabakası tespitinde, her bir frekans bandı farklı tepki karakteristiğine sahiptir. En yüksek kontrast oranına sahip olan bantlar C, X ve Ku bantları olup, L ve S bantları yağ tabakasından en az etkilenen bantlardır (Şekil 30). Bu sonuç, Almanya’da kontrollü olarak gerçekleştirilen, denize dökülen yağ deneyi SAMPLEX ile doğrulanmıştır. Şekil 30’te de görüldüğü gibi, L bandının zaman serisinde, yağ tabakasına bağlı hiç bir ayırt edici değişim mevcut değildir. Bu da L bandının yağ tabakası tespitinde kullanılmayacağını göstermektedir. Bragg dalga sayısı olan KB aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$KB = \Pi / \lambda r \sin \theta \quad (4.4)$$

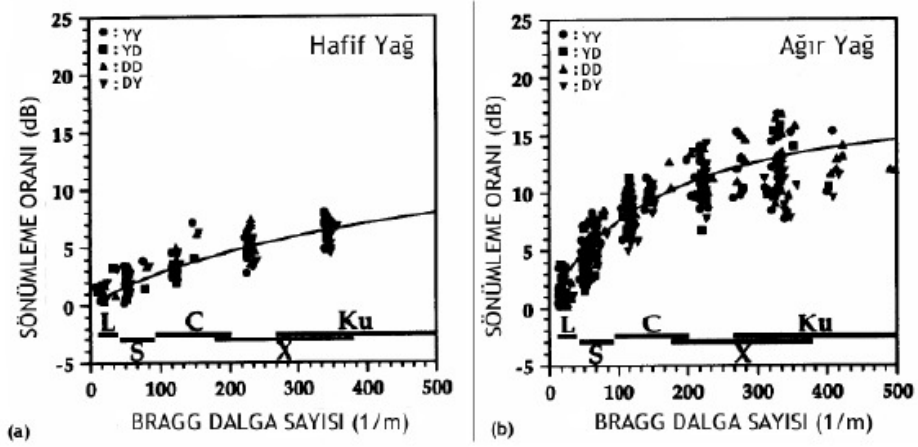
Formülasyonda,  $\lambda$  radar dalga boyunu,  $\theta$  ise geliş açısını temsil etmektedir.



Şekil 30 DD polariasyonda ve 25°'lik bakış açısıyla 5 farklı radar bandının rölatif

geri saçılımı zaman serileri.

Dalga boylarının sönümlenme oranları KB'nin bir fonksiyonu olarak hesaplanırsa, L ve S bantlarının hem hafif hem de ağır yağ tabakası için düşük sönümlenme oranına sahip olduğundan, bu bantların yağ tabakası tespitinde kullanılması olanaksızlaşmaktadır (Şekil 31). C, X ve Ku bantlarının kullanılması durumunda, hafif yağ için 5 dB, ağır yağlar içinse 10 – 15 dB kontrast gözlenmektedir.



Şekil 31 (a) Hafif yağ ve (b) ağır yağ kaynaklı sönümlenme oranının KB'nin bir fonksiyonu olarak gösterimi.

### 5.3.2 Polarizasyon ve Geliş Açısı

Bazı deneyler, yağ tabakası tespitinde, DD veya YY polarizasyon arasında bir fark olmadığını göstermektedir. Yağ tabakası tespitinde, polarizasyon arasındaki yansıtım farkı sadece düşük rüzgar hızlarında ve küçük geliş açılarında oluşmaktadır. Ancak, arka plan ile meydana gelen kontrast ve gürültü sinyal oranı nedeniyle DD polarizasyonu yağ tespitine daha uygundur (Tablo 4). Bununla beraber, DD polarizasyon ve 20 - 70° arasında geliş açısının kullanılması durumunda, YY polarizasyondan daha geniş bir normalize edilmiş çapraz kesit (NRCS) elde edilmektedir. Rüzgar kısıtlamaları ve kullanılan radar frekansına bağlı olarak, geliş açısının 20 - 45° arasında olmasının daha uygun olduğu öne sürülmektedir.



**Tablo 4** Farklı polarizasyonlar için varsayımsal SAR geri saçılımları.

Polarizasyon	Su	Yağ ile kaplı su	SAR gürültü tabanı	Kontrast
DD	-20 dB	-28 dB	-30 dB	-8 dB
YY	-24 dB	-32 dB	-30 dB	-6 dB
YD	-30 dB	-38 dB	-30 dB	0 dB

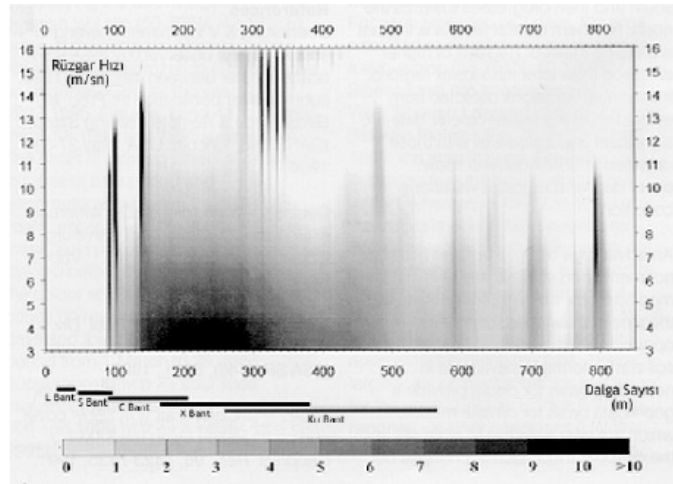
### 5.3.3 Rüzgar Hızı

Radar görüntüleri ile yaşanan bir başka sınırlama ise denizin fiziksel durumudur. Rüzgarın olmayışından dolayı yağ atığını çevreleyen sularda yeterli deniz gürültüsünün olmayışı ile etkili kontrast farkı elde edilemediğinden saptama yapılması olanaksızlaşmaktadır (Şekil 32). Bu etki genellikle adaların rüzgar altı tarafları gibi korunaklı bölgelerinde meydana gelmektedir. Korunaklı boğaz bölgelerinin deniz trafiği açısından yoğun bölgeler olması yağsal atık olasılığını daha da arttırmaktadır. Bu nedenle, bu tip bölgelerden veri elde edilememesi problem yaratabilmektedir. Buna ek olarak, fazla rüzgarın neden olacağı fazla deniz gürültüsü normalden daha fazla radar enerjisinin dağılımına sebep olup kontrastı arttırdığından, yağ tabakasından kaynaklanan kılcal dalga sönümlenmesinin etkisi ayırt edilebilir derecede olmamaktadır. Hızlı rüzgar etkisi, yağ tabakasının deniz suyunun daha alt tabakalarına doğru hareket etmesini sağladığından, yağ tabakasının görüntülerde tespitinde de negatif rol oynamaktadır.



**Şekil 32** ERS-1 görüntüsünde rüzgar hızı eşik değer değişimleri.

1995 yılında yapılan teorik bir inceleme C, X ve Ku bantlarındaki radar görüntülerinin, 9-10 m/sn rüzgar hızına kadar saptanabilir bir kontrast sinyali sağladıklarını göstermiştir (Şekil 32). Aynı çalışma, doğrusal olmayan olgularla ilgili deniz yüzeyi dalga gelişiminin, yağ tabakasının varlığına tepki olarak, deniz yüzeyi dalga alanının ayrık spektral bölgelerdeki duyarlılığını arttırdığını göstermektedir. Bu tip doğrusal olmayan etkilerin en güçlüsü, C bandında algılanan radar görüntülerinde mevcuttur. Şekil 33'deki dar ve koyu bölgeler bu etkinin gözlemlendiği bölgelerdir. Bununla beraber, deniz yüzeyi dalga spektral formunun tekilliğine bağlı olan, bu bantlardaki anormal dalga sönümlenmesi, yüksek rüzgar hızlarında daha da güçlenmektedir.



**Şekil 33** Rüzgar hızının ham petrol üzerindeki radar geri saçılım kontrastına dB cinsinden etkisi ve radar algılayıcılar tarafından algılanan bölgeler.

Bu sebeplerden dolayı kılcal dalgaların oluşabilmesi için gerekli rüzgar hızı, en az 2- 3 m/sn ve uygun koşulların devamlılığı için en fazla 10-14 m/sn olmalıdır.

#### 5.4 Yağ Tabakası Tespitindeki Benzer Olgular

Petrol atıkları haricinde bu tip koyu bölgelerin oluşmasına sebep olan birçok doğal etmen bulunmaktadır. Bunlar doğal yağ filmleri, denize karışmış taze sular, durgun bölgeler, karaların veya yapıların arkasında kalmış rüzgar gölgeleri, üzerindeki suyun durulmasına sebep olan bitki veya ot yatakları, biojenik yağlar, balina ve balık spermi şeklinde sıralanabilir (Tablo 5).

**Tablo 5** SAR Görüntülerindeki bazı yağ benzeri olgular.

<b>Jeofiziksel olgu</b>	<b>SAR görüntülerindeki görünümleri</b>	<b>Coğrafi oluşum</b>	<b>Hava durumu sınırlamaları</b>
Doğal yağ tabakası	Dalga ile etkileşiminde yeniden şekillenir	Kıyı bölgeleri ve dip sularının yüzeye çıktığı bölgeler	7 m/sn'den fazla rüzgar hızlarında çözünür
Yağimsı buz	Geniş siyah bölgeler	Genelde buzul kenarları olmak üzere açık sular	Kış ayları veya soğuk gecelerde buz kenarlarına yakın
Rüzgar hızı eşiği	Geniş koyu bölgeler	Herhangi bir bölge	3 m/sn'den az rüzgar hızları
Rüzgardan korunaklı bölge	Karaların yakınındaki koyu bölgeler	Kıyı sınırlarında ve fiyortlarda	Yüksek rüzgar hızları (15 m/sn)
Yağmur damlaları	Koyu merkezli parlak hücreler	Astropikal bölgeler	Şiddetli yağmur ve güçlü rüzgar
İçsel dalgalar	Seri olarak paralel parlak - koyu sıralar	Sığ bölgeler	8 m/sn'den az rüzgar hızları
Dalga akıntı etkileşimi	Dar, parlak veya koyu kavisli işaretler	Güçlü dalgaların olduğu bölgeler	10 -12 m/sn'den az rüzgar hızları
Dip sularının yüzeye çıkması	Koyu bölgeler	Sahil yakınlarında, yüzey dalgalarının ayrıldığı bölgeler	6 -8 m/sn'den az rüzgar hızları

Bu oluşumların sıklığı ve özellikleri, doğalarına ve meydana geldiği andaki coğrafi bölgenin çevresel koşullarına bağlıdır. Doğal yağ tabakaları ve rüzgarlı alanlardaki değişimlerin eşik değerleri radar görüntülerinde en çok hataya neden olan etmenlerdir. Tüm bu etmenler nedeniyle, yağ tabakası tespit sisteminin, ele alınan bölgedeki olguların tekiliği ile uyumlu olması gerekmektedir. Yağ tabakası tespiti aşamasında yapılan çalışmalarda yağ

tabakası olupta benzer olgular ile en çok karışabilen yağ tabakaları üç ana katagoride toplanmaktadır;

- İnce parçalı lineer (Bu tür yağ tabakası görüntüleri hareket halinde ve yön değiştiren gemilerden veya durgun haldeki kirleticiden yapılan deşarjın rüzgar ve dalgalar sebebiyle etkilenmesiyle ortaya çıkmaktadır.),
- Homojen denizlerdeki düşük kontrastlı yağ tabakaları,
- Heterojen denizlerdeki yağ tabakaları.

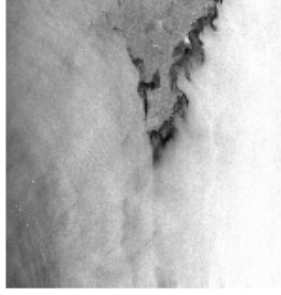
#### **5.4.1 Doğal Yağ Tabakaları**

Bu tip yağların balık veya planktonik türler tarafından salgılanan organik varlıkların oluşturduğu tek molekül kalınlığındaki film tabakalarıdır. Denizde geniş bir alan kaplamakla beraber, genellikle biyolojik aktivitenin çok olduğu kıyı bölgelerde gözükmektedir. Doğal yağ tabakaları, aşırı rüzgarlara ve dalgalara karşı hassas bir yapıya sahiptir. Yüzey dalgalarıyla etkileşime girdiğinde, dalga dolaşım deseninin mekansal varyasyonları şeklinde yapılanmaktadır. Bu da, genel dolaşım deseninde sıralanan doğal yağ tabakalarının tespitinde kolaylık sağlamaktadır. Aşırı rüzgar alan bölgelerde, doğal yağ tabakaları çözüneceğinden tespit edilmesi olanaksızlaşmaktadır. Tersine, düşük rüzgar hızlarında doğal yağ filmleri yüzeye çıkmaktadır. Deniz yüzeyindeki ortalama rüzgar hızındaki alanlar, doğal yağ tabakaları nedeniyle meydana gelen yanlış alarmların ortadan kalkmasını sağlamaktadır. Deşarj edilen yağ tabakasının onu çevreleyen deniz suyunda meydana getirdiği sönümlendirme 0,6 dB ile 13,0 dB arasında değişmekte iken doğal yağ tabakalarında 0,8 dB ile 13,0 dB arasında değişmektedir. Bu sebeple gemilerden boşaltılan yağın, doğal yağ filimlerinden ayırt edilmesinde normalize edilmiş çapraz kesit ayırt edici bir özellik olarak kullanılamamaktadır.

#### **5.4.2 Yağimsı Buz**

SAR algılayıcıları, buz kütlelerini tespit edebilmektedir. Ancak, buzun, SAR görüntülerindeki görünümü, farklı bileşenlere, büyüklüğüne ve yaşa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Hava sıcaklığı donma noktasına ulaşmadığı halde, aşırı soğumuş haldeki akan veya durgun su tabanlarında kar kütesine benzeyen, ince uzun kristaller halinde veya küçük tabakalar halinde, “curuf buz” da denilen buz tabakası oluşmaktadır. Zaman geçtikçe bu buz

tabakası yoğunlaşp bir kaç cm lik kalınlığa ulaşmasıyla, dalgaların üzerinde hareket etmeye başlayan “yağımsı buz” tabakası görölmektedir (Şekil 34). Yağımsı buz, bir kaç gün içinde daha da büyüyerek, “krep buz” halini almaktadır. Bunlar genelde, 10 cm kalınlığında ve 30 cm -3 m çapında yuvarlak buz formlarıdır. SAR görüntülerinde, karakteristik sınırlar ve yüksek geri saçılım gösterdiklerinden tespiti mümkündür.



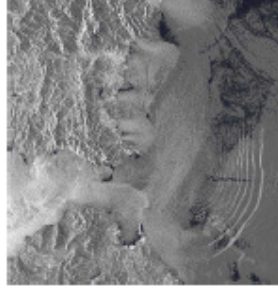
**Şekil 34** ERS-2 görüntüsünde rüzgar sebebiyle açık denize sürüklenmiş yağımsı buz görüntüsü.

Yağımsı buz tabakası, küçük yüzey dalgalarını sönmüldürdüğünden, daha az geri saçılım değerlerine sahiptir. Bragg dönüşümüne katkıda bulunan kılcak dalgaların eşik değerine ulaşmaması nedeniyle saptanabilir bir radar geri saçımı oluşturmamaktadır. Bu sebeple, yağımsı buz, SAR görüntülerinde genellikle buz kenarları boyunca koyu bölgeler olarak gözükmektedir (Şekil 34). Bununla beraber, yağımsı buz, açık denizlerde, buz kenarlarından kilometrelerce uzakta da bulunabilmektedir. Rüzgar hızının 10 m/sn.yi aşığı durumlarda, dalgalardan dolayı yok olduğundan tespit edilmesi olanaksızdır.

### **5.4.3 İçsel Dalgalar**

İçsel dalgalar, tabanla yüzey arasında oluşan dalgalardır. Bu dalgalar yerçekimi dalgaları olup okyanus suyu yoğunluğunun dikey değişimleri ile deniz yüzeyinden 10 – 200 m derinlikte meydana gelmektedir. İçsel dalgaların yüzeydeki deniz seviyesi yüksekliğindeki etkisi ihmal edilebilir olmasına rağmen, kısa yüzey dalgaları ile etkileşime geçen önemli yüzey akıntıları oluşturmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, yüzey pürüzlülüğünü arttıran yakınsak akıntı bölgeleri ve iki dalga arasındaki çukurların sebep olduğu yüzey pürüzlülüğünü azaltan iraksak akıntı bölgeleri oluşmaktadır. SAR görüntülerinde, koyu ve

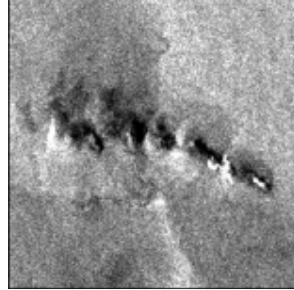
parlak bandların oluşturduğu, genellikle kavisli ve birbirinden km.lerce ayrılmış bir görünüme sahiptir (Şekil 35).



**Şekil 35** ERS-2 görüntüsünde içsel dalgalar.

#### **5.4.4 Yağmur Damlaları**

Radar sinyalleri genelde, hacim ve yüzey saçılımından meydana geldiğinden, yağış etkisinin geri saçılımı kompleks bir yapıya sahiptir. Yüzeysel saçılım, öncelikli olarak, Bragg dalgalarını sönmülendirmekle beraber, birçok farklı faktörün bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu sebeple, SAR görüntülerinde yağmurlu bölgeler genellikle, yağışın az veya hiç olmadığı parlak bölgelerin çevrelediği koyu lekeler şeklinde gözükmetedir (Şekil 36). Bununla beraber, deniz yüzeyine düşen damlaların sıçraması ve yuvarlak halka halinde dalga yaratmaları yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadır.

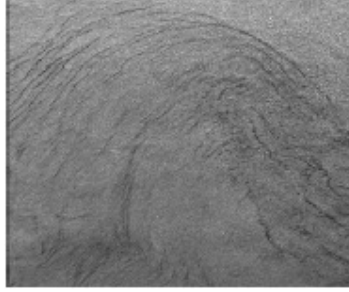


**Şekil 36** SAR görüntüsünde rüzgar ve yağmur deseni.

#### **5.4.5 Girdaplar**

Kıyı bölgelerine ait SAR görüntülerinde genellikle, orta ölçekli girdapların etkisi iki farklı formda oluşmaktadır. Bunlar, koyu spiral bölgeler ile yüksek rüzgar hızından kaynaklanan

kavisli dalgalardır (Şekil 37). Ancak, anlık okyanus sirkülasyonunu temsil eden bu yüzey formları, daha kompleks olan rüzgar ve yüzey akıntıları ile karıştırılmamalıdır. Orta ölçekli girdaplar, 50 – 500 km uzunluğa ve 100 günlük bir periyoda sahiptir.



**Şekil 37** ERS-1 görüntüsünde girdap etkisi.

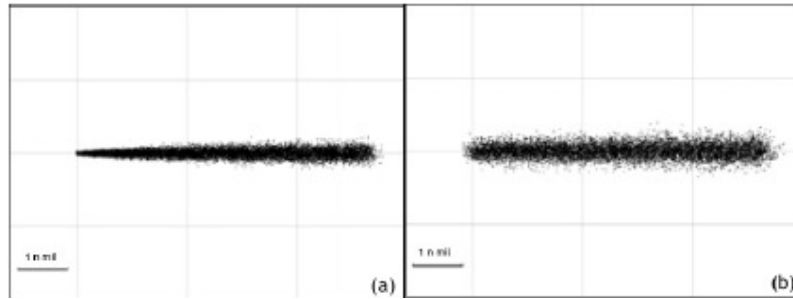
Girdaplar, tüm okyanuslarda görülebildiği gibi, en çok Gulf Stream’de buz bölgeleri boyunca ve kıyı akıntılarının olduğu bölgelerde görülmektedir. Buz bölgeleri boyunca olan girdaplar, buz kenarlarındaki yüksek okyanus ve atmosfer etkileşiminden dolayı kolayca tespit edilebilmektedir. Örneğin, kışın buzun genişleyip büyüdüğü yazında tamamen kaybolduğu bölgelerde girdaplar genellikle kışın ve baharın erken zamanlarında gözlenmektedir.

#### **5.4.6 Gemilerden Boşaltılan Yağın Görünümü**

Uzaktan algılama teknolojisi ile gemilerden boşaltılan yağ tabakasının gözlenmesinde en önemli aşamalar, dökülen yağın boşaltımından sonra üzerinde dominant etki gösteren etmenlerdir. Bunların başında, dökülme anından itibaren tüm yönlere doğru ince bir tabaka halinde dağılıma sebep olan yayılım etkisi gelmektedir. Ancak, yağ tabakasının yayılım gösterip dağılacağı limitli alan dökülen yağın cinsine ve miktarına bağlıdır. Fazla miktarlarda yağ, genelde boşaltımdan sonraki kısa zaman içinde geniş yağ tabakaları meydana getirecektir. Ancak aynı miktarda olmasına rağmen, yüksek uçuculuğu olan ve deniz suyunda çözülebilen maddeler içeren yağ atıkları daha az alana yayılmaktadır. Yağ tabakasının en geniş haline ulaşması, yağın yayılma oranına dayanmaktadır. Farklı yoğunluklarda olmalarına rağmen çoğu yağ çeşidi deniz yüzeyinde aynı oranda yayılmaya eğilimlidir. Ancak, Bancor C gibi yüksek yoğunluğa sahip yağlar özellikle soğuk sularda, daha az yoğunluğa sahip olanlara

oranla daha yavaş yayılmaktadır. Yayılma her yöne homojen bir şekilde gerçekleşmemektedir. Özellikle yüksek yoğunluğa sahip yağlarda sıkça yanal kalınlaşmalar gözlenmektedir. Yağ tabakasının yanal kalınlığı üzerinde rüzgar ve deniz koşullarının büyük etkisi bulunmaktadır. Bununla beraber, yağın okyanus suyu üzerindeki aktif maddeler ile karışması da yağ tabakasının bazı bölümlerinin farklı yayılmasına yol açmaktadır. Hollinger ve Mannela'nın 1984'de farklı yağ cinsleri üzerinde yaptığı kontrollü bir açık deniz deneyinde, boşaltımdan saatler sonrasında bile yağın %90'ının kalın olan bölgede geri kalan %10'unun ise toplam yayılım bölgesinde olduğu saptanmıştır. Deşarj edilen yağın durgun hava ve akıntı olmayan deniz koşullarındaki hızı  $0.6 \text{ m}^2/\text{sn}$  iken, kalın bölgenin hızının  $0.2 \text{ m}^2/\text{sn}$  olduğu saptanmıştır.

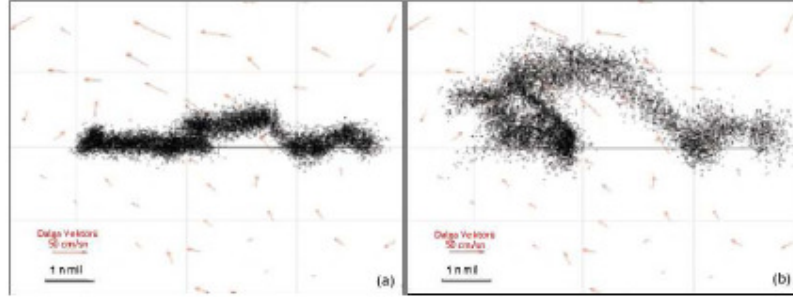
Yasa dışı yağ bırakımı çoğunlukla gemi hareket halindeyken gerçekleştirildiğinden, geminin arkasından lineer bir iz bırakmaktadır. Bu lineerlik SAR görüntüsü yorumlayıcılarına yağ tabakası tespitinde önemli bir kolaylık sağlamaktadır. İdeal koşullarda, yani dalgasız ve sakin deniz koşullarında deşarjın geometrisi geminin rotasını seyretmektedir. Örneğin düz giden bir geminin bıraktığı yağ tabakası düz bir deşarj şeklini alırken, manevra anında kıvrımlı açısız bir deşarj olarak gözükmektedir. Eğer yağ tabakası boşaltım devam ederken görüntülenmiş ise, en yeni olan kısım deşarj boyunca geçen farklı yayılma zamanları sebebiyle uzatılmış dar bir "V" harfi şeklinde gözükmektedir (Şekil 38). Ancak yayılma hızlı bir evre olduğundan deşarjdan kısa bir süre sonra yeni boşaltılan kısmın sivriliği kaybolmaktadır. Böylece gemi rotasında seyrederken meydana gelen boşaltımlarda, sabit boşaltım oranıyla ve düz bir rota ile, deşarjın şekli yaklaşık olarak bir paralelkenar şeklini almaktadır.



**Şekil 38** 15 deniz mili hızla giden bir gemiden boşaltılan 7 ton fuel yağın simülasyonu (a) Boşaltımın sonuna doğru, (b) Boşaltımdan 2 saat sonrası.



Rüzgar ve akıntı olması durumunda bile, deşarjın meydana geldiği geniş bölge üzerinde yağ tabakası, yanlamasına düzenli bir şekle sahip olmakla beraber boşaltım süresi boyunca sabittir. Yağ döküntüsünün ilk genel şekli, boşaltımdan sonraki bir kaç saat boyunca önemli bir değişikliğe uğramamaktadır. Ancak, yanlamasına düzenli rüzgar ve dalga alanları, boşaltımı yapan geminin rotasıyla orantılı olarak, deşarj pozisyonunun sapmasına neden olmaktadır. Deşarj edilen yağ tabakasının yanlamasına varyasyonlardaki rüzgar veya akıntı alanlarını geçme durumlarında, yağ tabakasının genel geometrisi değişmektedir (Şekil 39). Ancak, değişen deşarj geometrisindeki olası lineerlik, yorumlayıcıya ayırt edici bir özellik olarak yardımcı olmaktadır. Bu, bozucu elemanların gücüne ve yağ atığının yaşına bağlıdır (Şekil 40). Gemilerden boşaltılan yağ tabakaları için bozucu akıntı ve dalga alanlarının özellikleri büyük önem taşımaktadır.



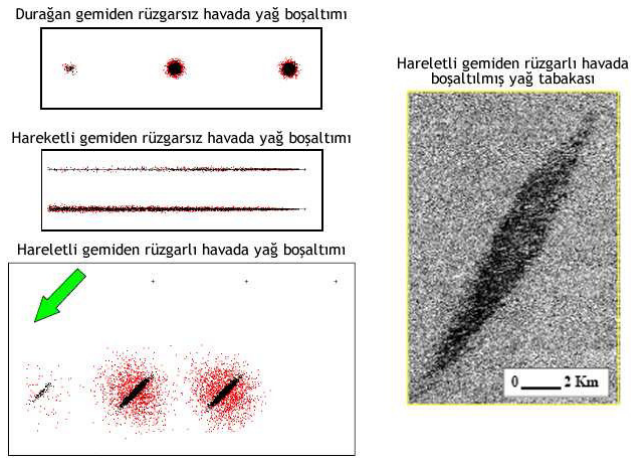
**Şekil 39** Rasgele bir dalga alanı sebebiyle bozulmaya uğrayan yağ tabakası.

simülasyonu (a) Boşaltımdan 1 saat sonra, (b) Boşaltımdan 3 saat sonra



**Şekil 40** Dış etmenler ile zamanla değişen gemi bazlı farklı yağ tabakaları.

Akıntısız, sakin deniz koşullarında, durağan bir gemiden yapılan boşaltımda, yayılmadan dolayı yuvarlak geometriye sahip bir yağ deşarjı görünümü oluşmaktadır (Şekil 41). Rüzgar ve akıntı durumu, bu koşullarda oluşan yağ tabakası üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Rüzgarın ve akıntının gücüne bağlı olarak, deşarj geometrisi lineerleşebileceğinden, hareket halindeki bir gemiden boşaltılmış izlenimi verebilmektedir. Bunun gibi durumlarda, boşaltım anındaki rüzgar ve akıntı varyasyonlarının uydu görüntüleri ile beraber kullanılması, tespit edilen kırıklığın yorumlanmasında önemli bir role sahiptir.



**Şekil 41** Farklı gemi ve hava koşullarındaki yağ tabakası.

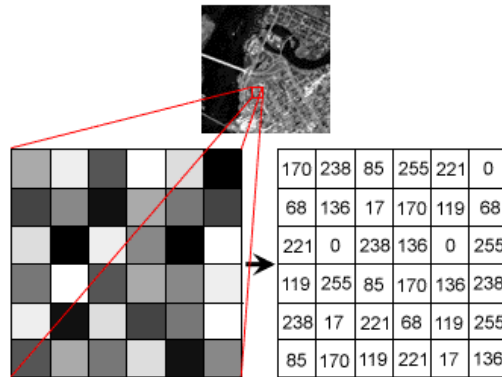
Rüzgar ve akıntılar yağ tabakasının sadece geometrik şeklini değil aynı zamanda iç yapısını da etkilemektedir. Özellikle rüzgar etmeni, hem doğrudan hem de dolaylı olarak büyük bir etkiye sahiptir (Şekil 41). Rüzgar etkisi ile yağ tabakasının sürüklenerek rüzgar yönünde toplanması rüzgarın direkt, denizin üst tabakasında meydana getirdiği dinamik işlemlerden etkilenmesi ise rüzgarın dolaylı etkisidir. Bunlar arasında en önemlisi, rüzgar yönünde yüzeye yakın girdap benzeri Langmuir dolaşımıdır. Langmuir dolaşımı, yağ tabakasında, konverjans boyunca yoğunlaşmasını sağlarken diverjans noktasında azaltmakta, inceltmektedir. Bunun sonucunda yağ tabakası çizgiler halinde dereceli olarak yayılmaktadır. Oluşan çizgili geometrik yapı, en çok zayıf olan, rüzgara karşı tarafta kendini göstermektedir.

## 6. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Günümüzün gelişen teknolojisi, uzaktan algılanan verilerin pek çoğunun sayısal formatta kayıt edilmesini sağlamış, kıymetlendirme analizlerine ve sayısal işlemlerin bazı unsurlarına bağımlı hale getirmiştir. Klasik kıymetlendirmenin veya hedeflerin otomatik olarak sınıflandırılmasının daha iyi bir tarzda yapılması için; formatlama, verinin düzeltilmesi ve geliştirilmesini içeren sayısal görüntünün işlenmesi hususu tamamiyle bilgisayarlar vasıtasıyla yapılabilmektedir. Uzaktan algılanan sayısal görüntüleri işlemek için veri; kayıt edilmeli ve bilgisayarda kullanılacak bir formatta diskte veya CD’lerde depolanmalıdır. Görüntü verisinin işlenmesini sağlayan uygun donanım ve yazılımları içeren bilgisayarlar “ Görüntü Analiz Sistemleri” olarak anılmaktadır.

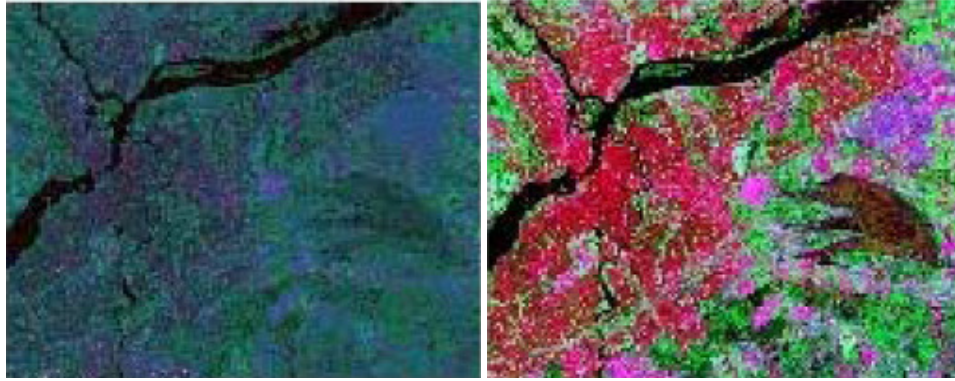


Şekil 42 Görüntü işleme sistem ve bileşenleri.



Şekil 43 Dijital görüntü gösterimi.

Görüntü analiz sisteminde kullanılan sayısal görüntünün işlenmesi “görüntü işlemenin ön hazırlıkları”, “görüntüyü geliştirme (Enhancement)”, “görüntüyü dönüştürme (Transformation)” ve “görüntüyü sınıflandırma ve analiz” olarak ifade edilen 4 safhada yapılmaktadır. Görüntü işlemenin ön hazırlıkları safhası, ana verinin analizi ve bilgi çıkarılması için başlangıçta yapılacak işlemleri içermektedir. Bu safha genel olarak “Radyometrik düzeltme” veya “Geometrik düzeltme” yi kapsamaktadır. Radyometrik düzeltme; sensörün düzensiz algıladığı ve istenmeyenleri ayıklama veya atmosferik parazitleri azaltma işlemleridir. Böylece sensör tarafından ölçülen yansıyan veya yayılan enerjinin doğru olarak temsil edilmesi sağlanır. Geometrik düzeltme ise, meydana gelen geometrik bozulmaları giderme, verinin gerçek dünya koordinat sistemine (meridyen ve paralel) dönüştürme işlemlerini kapsar. Görüntüyü geliştirme safhası, klasik kıymetlendirme ve analize yardım etmek için görüntünün görünüşünü daha iyi hale getirmeye yönelik işlemleri kapsar. Bu safhada; değişik özelliklerin ayırt edilmesi için mevcut tonların artırılması sağlayan “Kontrast yayılımı” ve özel mekansal paternleri geliştiren veya maskeleyen “Spatial filtreleme” işlemleri yapılır.

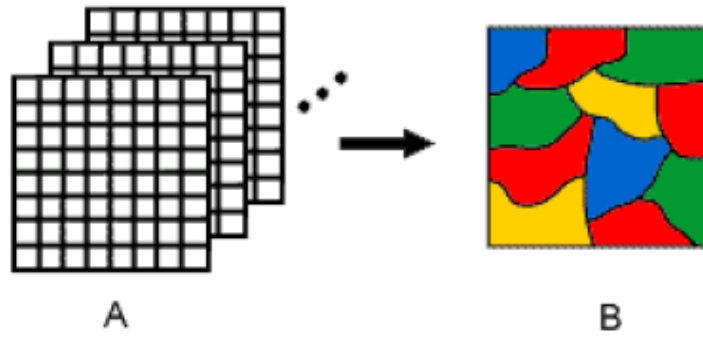


**Şekil 44** Orijinal (sol) ve geliştirme işlemi uygulanmış (sağ) görüntüler.

Görüntünün dönüştürülmesi safhasındaki işlemler, görüntüyü geliştirme safhasındaki işlemlere benzemektedir. Bununla beraber, görüntü geliştirme sadece bir kanallı (bandlı) veriye uygulanırken, görüntünün dönüştürülmesi işlemleri çok banlı görüntülere tatbik edilmektedir. Çıkarma, ekleme, çarpma ve bölme gibi aritmetik işlemlerin icra edilmesi

sonuçunda, orijinal bandlar çok daha iyi görünüş veren veya bazı özelliklerin ön plana çıktığı yeni bir görüntüye dönüşür.

Görüntüyü sınıflandırma ve analiz safhasında; sayısal tanıma ve verideki her bir pixeli sınıflandırma işlemleri yapılır. Sınıflandırma çok bantlı veri setlerine (A) tatbik edilir ve bu işlemle görüntüdeki her bir pixel parlaklık değerlerinin istatistiki özelliklerine bağlı olarak özel bir sınıfa veya bir konuya (B) atanır. Sayısal sınıflandırma için değişik metodlar mevcut olup “Kontrollü” ve “KontROLSÜZ” olarak adlandırılan sınıflandırmalar yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 45 Veriyi sınıflandırma.

## 6.1 Görüntü İşlemenin Ön Hazırlıkları

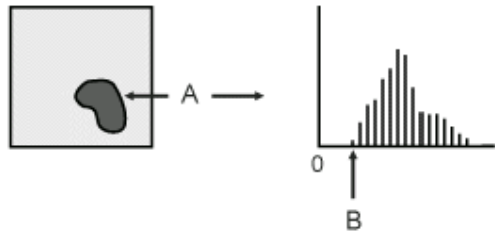
Görüntü işlemenin ön hazırlıkları, bazen görüntünün restorasyonuna ve rektifiyesine işaret etmektedir. Genellikle verinin sensör ve platformdan kaynaklanan radyometrik ve geometrik bozukluklarının düzeltilmesine gereksinim bulunmaktadır. Radyometrik düzeltme ihtiyaçları; görüntü alanındaki aydınlatma farklılığı, görünüş geometrisi, atmosferik şartlar ve sensörün yarattığı parazit'ten (gürültü) kaynaklanmaktadır. Bu sorunların herbiri veriyi algılayan sensör ve platformun özelliklerine, algılama esnasındaki şartlara bağlıdır. Veriler arasındaki karşılaştırmayı kolayca yapabilmek için mutlak yayım veya yansıma birimleri olarak bilinen verinin değiştirilmesine ve/veya kalibre edilmesine gereksinim duyulmaktadır. Optik sensörler tarafından sağlanan görüntüler arasında aydınlatma ve geometrik farklılıklar; geometrik model ilişkileri, görüntülenen dünya sathı, güneş ve sensör arasındaki mesafelere dayanılarak düzeltilmektedir. Bu düzeltme için; farklı tarih ve zamanlarda farklı sensörler

tarafından algılanan görüntülerin karşılaştırılmasına veya tek düze aydınlatma şartlarını içeren bir sensörün sağladığı mozaik tarzındaki çoklu görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır.



**Şekil 46** Bir sensör tarafından algılanmış mozaik tipi görüntü.

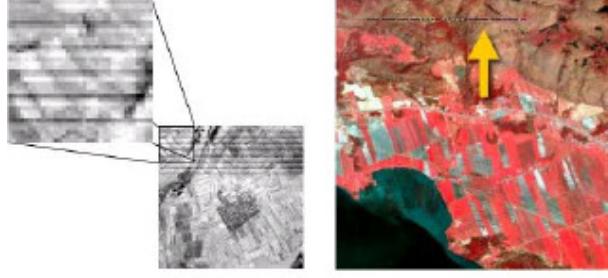
Daha önceki kısımlarda açıklandığı gibi dağılan enerji, atmosferin engellemesi ile karşılaşmaktadır. Bu dağılmanın engellenmesi sonucunda sathın aydınlanması azalır veya engellenir. Atmosfer ayrıca, hedeften yayılan sinyallerin sensöre ulaşmasını da engellemektedir. Değişik metodlar kullanılarak atmosferin engellemesinden kaynaklanan yetersizlikleri ve bozukluklulukları düzeltmek olarak dahilindedir. Gözlenen parlaklık değerlerinin (sayısal numara) incelenmesini içeren metod vasıtasıyla, örneğin gölgeli sahalara veya büyük göller (A) gibi çok koyu tondaki hedefler kullanılarak bunlara ilişkin asgari değerler (B) karşılaştırılabilir.



**Şekil 47** Gözlenen parlaklık değerleri.

Düzeltilme işlemi, her bir bantdaki tüm pixel değerlerinden, belirlenen her bir bantın gözlenen asgari değerinin çıkarılması ile yapılmaktadır. Bu metod, özelliklerin yapacağı yansıma faraziyesine dayanmaktadır. Şayet atmosfer açık ise dağılma sıfır olmayacak bir değerde çok küçüktür. Şayet gözlenen değerler sıfırdan çok büyükse, sorun atmosferik dağılımdan kaynaklanmıştır.

Görüntüler üzerindeki parazitler (gürültüler), sensörün gayrimuntazam algılama veya cevap verme kabiliyeti ve/veya veri kaydı ve aktarımındaki hatalar nedeniyle meydana gelmektedir. Görüntüler üzerindeki bu parazitler, şeritler (bandlar) ve düşen hatlar şeklindedir. Bu parazitler, görüntünün geliştirilmesi veya sınıflandırma safhalarına ilişkin işlemlere geçmeden önce giderilmelidir.



**Şekil 48** Şeritler ve düşen hatlar şeklindeki parazitleri içeren görüntüler.

Landsat MSS'in ilk görüntüleri üzerinde şerit halindeki parazitlere rastlamak olağan idi. Bu sorun, yörüngedeki değişiklikler ve MSS sensörünün 6 dedektörünün cevap verme süresinin uygun olmayışından kaynaklanmaktaydı.

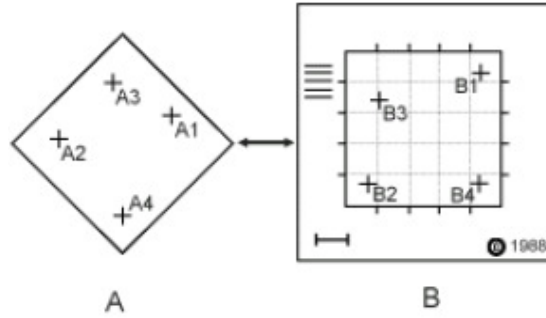
Dedektörler arasında yapılan nisbi düzeltme işlemleri sonucunda, bu sorun giderilmiştir. Düşen hatlar şeklindeki parazitler, tarama hatları boyunca kaybolan veya eksilen veri nedeniyle meydana gelmektedir. Bu hatlar yerine pixel değerlerini içeren hatların girilmesi ile sorun çözümlenmektedir.

Uzaktan algılama görüntülerinin nicel uygulamaları için veri; satıhtan yansıyan ve yayılan gerçek enerjiyi temsil eden ve birimsel ölçümlerin yapılmasına olanak veren sayısal numaralara dönüştürülür. Bu dönüşüm, sensörün cevap verme kabiliyeti ve analog sinyal tarzına ilişkin detay bilgileri kullanılarak sağlanmaktadır.

Geometrik bozukluklara; sensör optiklerinin perspektifi, tarama sisteminin hareketi, platformun hareketi, platformun yüksekliği, hızı, arazinin reliefi, dünyanın kavsı ve dönüşü, sebep olmaktadır. Bu varyasyonların pek çoğu "sistemik" veya "tahmin edilebilir" bozulmalar, sensörün ve platformun hareketini ve platform ile dünyanın geometrik ilişkisini kapsayan doğru bir modelleme ile düzeltilenmektedir. "sistemik olmayan" veya "rastgele" meydana gelen bozulmalar ise, modellenemez ve bu yöntem ile düzeltilemez. Bu yüzden

görüntüler, “Geometrik Kayıt” diye tanımlanan işlemlerle, bilinen yer koordinat sistemleri ile techiz edilir.

“Geometrik Kayıt” işlemleri; görüntünün sıra ve sütunlarına ilişkin koordinatların, meridyen ve paralel tarzındaki yer koordinat sistemine adaptasyonunu içerir. Bu işlemler için, görüntü (A) üzerinde kolayca ayırt edilebilecek özelliklere sahip (Yol kavşakları gibi) “Yer kontrol noktaları (GCP)” (A1, A2, A3, A4) tesbit edilir. Bir harita (B) üzerinde, bu noktaların (B1, B2, B3, B4) karşılıkları belirlenir. Harita üzerindeki bu noktaların koordinatları tesbit edilerek, görüntüdeki karşılıklarına ithal edilir. “Görüntü-Harita Kayıt” olarak adlandırılan bu işlemler sonucunda görüntü, doğru ölçüm yapılabilen gerçek dünya koordinat sistemine sahip olur. Bu işlemler görüntü işleme yazılımına sahip bilgisayarlar vasıtasıyla süratle yapılabilmektedir. Geometrik kayıt işlemleri; coğrafik koordinatları kullanmaksızın veya kullanarak, “görüntü-görüntü kayıt” olarak adlandırılan, iki görüntü arasında da yapılabilmektedir.



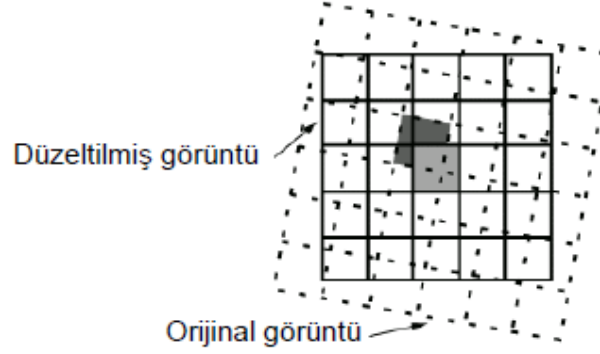
**Şekil 49** Geometrik kayıt işlemleri.

Yer koordinat sistemini içermeyen orijinal görüntüler “Örnekleme” olarak adlandırılan geometrik düzeltme işlemleri ile düzeltilmektedir. Örnekleme işlemi, bir raster matristen alınan pixellerin diğer bir matrise uydurulmasıdır. Bu işlemlerle, orijinal görüntüdeki sayısal pixel değerleri, coğrafik koordinat cinsinden hesaplanarak yeni pixel değerleri belirlenir. Örneklemede; “Enyakın komşuluk”, “Bilinear enterpolasyon” ve “Kübik katlama” olarak tanımlanmış örnekleme metodları kullanılmaktadır.

“Enyakın komşuluk” metodu örneklemede, orijinal görüntüden alınan pixeller sayısal olarak düzeltilmiş görüntüdeki en yakın pixel mevkiilerine apadte edilir. Basit bir metod olup orijinal değerler değişmemektedir. Bununla birlikte sonuçta, bazı pixellerin değerleri çift

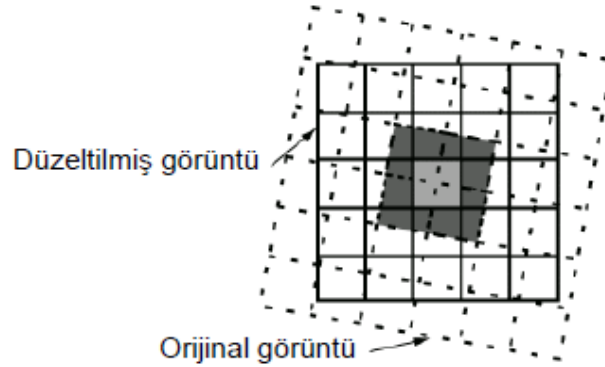


olarak ortaya çıkmakta bazıları ise kaybolmaktadır. Bu metod genelde, arazi örtüsü tipleri vb. hususları içeren tematik veride uygulanmaktadır. Bu metodun dejavantajı ise, görüntülerin parçalı veya eşit dağılmamış ışığı ve gölgeleri kapsamasıdır.



**Şekil 50** Enyakın komşuluk metodu örnekleme.

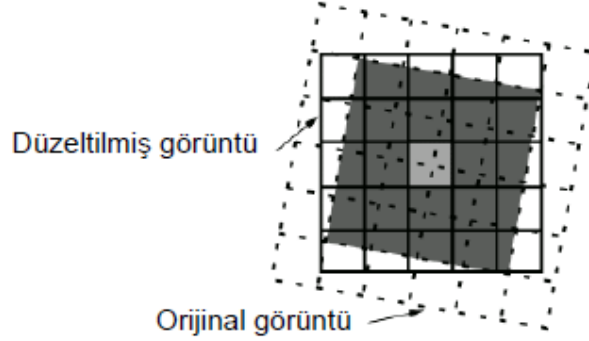
“Bilinear enterpolasyon” metodu örneklemeinde, orijinal görüntüden alınan 4 pixelin ağırlıklı ortalaması alınır ve yeni pixel mevkiilerine apadte edilir. Ortalama işlemleri sonuçunda orijinal pixeller değişir ve görüntü çıktısının tamamıyla yeni olan sayısal değerleri üretilir. Bu husus arzu edilmemekle beraber, tayfsal tabana dayalı sınıflandırma gibi uygulama ve analizlerde en iyi sonucu sağlar.



**Şekil 51** Bilinear enterpolasyon metodu örnekleme.

“kübik katlama” metodu örneklemeinde ise, orijinal görüntüden alınan 16 pixel bloğununun ağırlıklı ortalama mesafesi hesaplanır ve yeni çıktı pixel mevkiine apadte edilir. Bilinear interpolation ve kubik katlama convolution metodları tamamıyla yeni pixel değerlerini

üretmektedir. Bu iki metodun kullanımı ile elde edilen görüntüler, daha keskin bir görünüş verirler ve nearest neighbour metodunda meydana gelen parçalı ve eşit olarak dağılmamış ışık ve gölgeleri içermezler.



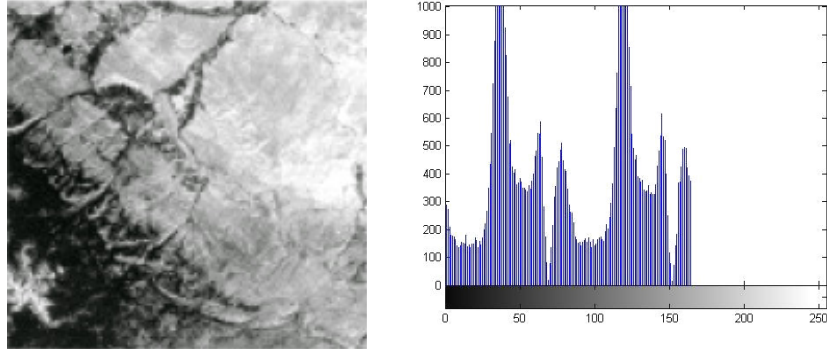
Şekil 52 Kübik katlama metodu örnekleme.

## 6.2 Görüntüyü Geliştirme

Geliştirme işlemleri, görüntünün daha anlaşılmasını ve klasik kıymetlendirmesini kolaylaştırmak için yapılmaktadır. Sayısal görüntülerin avantajı, görüntüdeki sayısal pixel değerlerinin ustalıkla yönetilmesine olanak sağlamasıdır.

Her ne kadar aydınlatma ve atmosferin etkileri ve sensörün özellikleri radiometric düzeltme ile giderilse de, görüntü görecelik olarak yapılacak kıymetlendirmeye tam olarak hazır değildir. Uydu platformlarındaki uzaktan algılama sensörleri, hedef/zeminin yaydığı enerjiyi birleştirecek tarzda dizayn edilmişlerdir. Orman, çöl, kar ve su gibi muhtelif aralıklardaki hedeflere, elektromanyetik tayfın verdiği cevaplar çok değişiktir. Bu sebepten tüm hedeflerin optimum parlaklığını ve kontrastlığını sağlayan generik radyometrik düzeltme yoktur. Böylece, herbir görüntü için parlaklık değerleri aralığının ve dağılımının ayrı ayrı ayarlanması gerekmektedir.

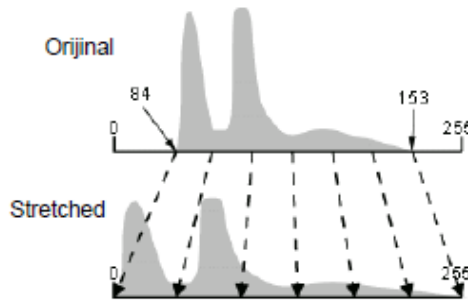
Ham görüntülerde, sayısal değerlere (umumiyetle 8 bit veya 256 renk seviyeli) ilişkin uygun aralıkların küçük bir kısmını içeren faydalı bilgiler bulunmaktadır. Kontrastlığı geliştirmek, orijinal değerlerin değiştirilmesini kapsamaktadır. Daha uygun aralıkların kullanılması ile hedef ve onun bulunduğu zemin arasındaki kontrastlık farkı artırılmaktadır. Kontrastlığın geliştirilmesi konusunun daha iyi anlaşılmasına ilişkin anahtar, görüntülere ait histogram konseptinin bilinmesidir.



**Şekil 53** Histogram, görüntü kapsamındaki parlaklık değerlerini belirten bir grafikdir.

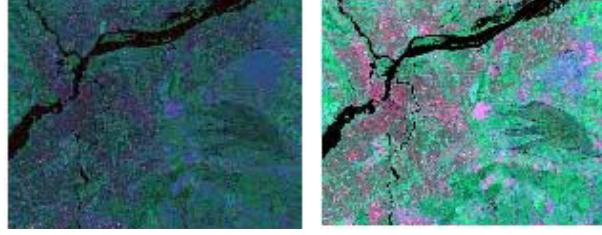
Parlaklık değerleri (0-255) grafiğin x eksenini, bu değerlerin herbiri için oluşan frekanslar ise grafiğin y eksenini üzerinde gösterilmiştir. Histogram üzerinde grafiksel olarak gösterilmiş görüntüye ait sayısal değerlerin aralıkları, arzu edilen şekilde düzenlenerek, görüntünün kontrastlık durumu geliştirilmektedir. Görüntünün kontrastlığını ve detaylarını geliştirmek için bir çok farklı teknik ve metod mevcuttur. Bunlardan en basiti “doğrusal kontrast yayma” olarak bilinmektedir.

Doğrusal kontrast yayma metodu, görüntünün asgari ve azami parlaklık değerlerine ait alt ve üst sınırların bir histogram üzerinde gösterilmesini sağlamaktadır. Yapılan uygulama sonucunda görüntü tüm mesafeyi dolduracak tarzda esner. Aşağıdaki örnek histogramda asgari değer 84 azami değer ise 153’dür. İkisi arasındaki 69 seviyelik fark, 256 seviyelik tüm aralığın 1/3’ünden daha azdır. Linear stretch uygulaması ile, bu küçük seviye farkı doğrusal olarak 0-255 değerleri arasını tam dolduracak tarzda yayılır.



**Şekil 54** Doğrusal kontrast yayma.

Bu kontrastlık geliştirilmesi ile görüntüdeki açık tondaki sahalarda daha açık tonda, koyu sahalarda ise daha koyu tonda görünecek duruma gelir. Böylece meydana çıkan detaylar nedeniyle görüntünün kıymetlendirmesi de kolaylaşır.

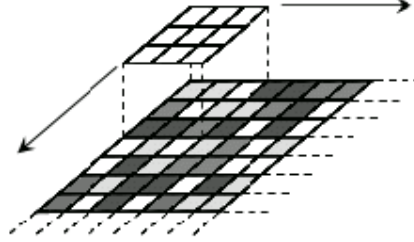


**Şekil 55** Aşırı kontrastlıdaki orijinal görüntü (sol) ve Doğrusal kontrast yayma uygulanarak kontrastlık seviyesi geliştirilmiş görüntü (sağ).

Şayet girdi aralıkları muntazam dağılmamış ise, “doğrusal kontrast yayma” metodu uygun bir gelişme sağlamayabilir. Bu durumda “Histogram-eşitlenmiş yayılım” metodunun tatbiki ile daha iyi neticelere erişilir. Bu uygulama ile, detaylar daha iyi gelişmekte ve histogramın sadece özel kısmındaki bir sahanın kontrastlığıda geliştirilebilmektedir. Örneğin; şayet görüntü bir nehir ağzını içeriyor ve bu sulardaki birikinti veya tortuların incelenmesi isteniyorsa, Histogram-eşitlenmiş stretch metodu bu isteği karşılamaktadır. Suyun histogramdaki değerleri 40-76 dır. Bu değer 0-255 aralığını tam dolduracak şekilde görüntü esnetilir. Sonuçta tüm sahaya ilişkin detaylar kaybolurken, suyu içeren sahanın detayları, birikinti veya tortuları belirtecek tarzda gelişir.

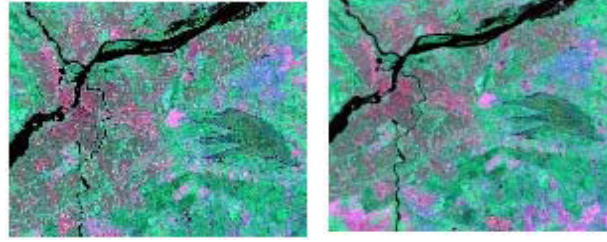
“Mekansal filtreleme”, görüntünün geliştirilmesi için kullanılan diğer bir methodur. Görüntüdeki özelliklerin kendilerine özgü mekansal frekanslara dayalı olarak, göze batacak veya gizlenecek tarzdaki görünümünü sağlamak için mekansal filtreler kullanılmaktadır. Mekansal frekans, görüntünün dokusu konsepti ile ilişkilidir. Küçük alanlar üzerinde birbirini tutmayan ton değişikliklerini içeren kaba dokulu sahalarda, yüksek mekansal frekansa sahiptir. Küçük ton değişikliklerini içeren düzgün dokudaki sahalarda ise, düşük mekansal frekansa işaret etmektedir. Filtreleme işlemi, görüntünün geliştirilmesine yönelik olarak; görünüşü keskinleştirme veya yumuşatma ve özelliklerin kenarlarını keskin hale getirmek için yapılmaktadır. Matriks tarzındaki pixellerin merkezindeki pixele bir ağırlık değeri verilir ve otomatik hesaplamalar sonucunda bu değer azalarak veya artarak görüntünün gelişmesi sağlanır. Örneğin özelliklerin kenarlarını belirginleştirmek için kullanılan “Katlama özü”

teknikinde kullanılan 5x5'lik matrisin merkezindeki değer 3 ise, uygulama sonucunda 2'ye dūşer. Keza görüntünün görünüşünü keskinleştirmede bu değer 3'den 4'e yükselmektedir. Böylece görüntüdeki farklı özelliklerin geliştirilmesi veya gizlenmesi sağlanmaktadır.



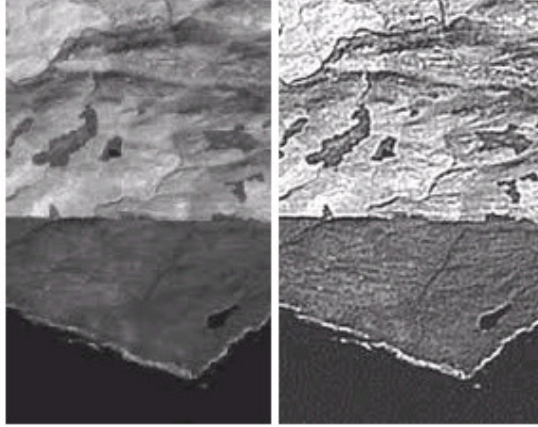
**Şekil 56** Filtreleme işlemleri.

“Alçak geçiren filtre” tekniği, radar görüntüleri gibi benzer tondaki tek düze görüntü sahalarını geliştirmek ve görüntü üzerindeki parazit vb. küçük detayları azaltmak için kullanılmaktadır.



**Şekil 57** Alçak geçiren filtre uygulanmış görüntü.

“yüksek geçiren filtre” tekniği ise, “alçak geçiren filtre” tekniğinin aksine, görüntünün keskinleştirilmesini ve detayların daha iyi bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamaktadır. “Yöneltmeli veya kenar arama filtreler” tekniği, yollar veya tarla sınırları gibi doğrusal özelliklerin daha belirgin olarak görünmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Bir istikamete yönelmiş özelliklerin geliştirilmesi amacıyla düzenlenmiş bu filtreler, doğrusal jeolojik yapının tesbitinde faydalı olmaktadır.



**Şekil 58** Yöneltmeli veya kenar arama filtreler uygulanmış görüntü.

### 6.3 Görüntüyü Dönüştürme

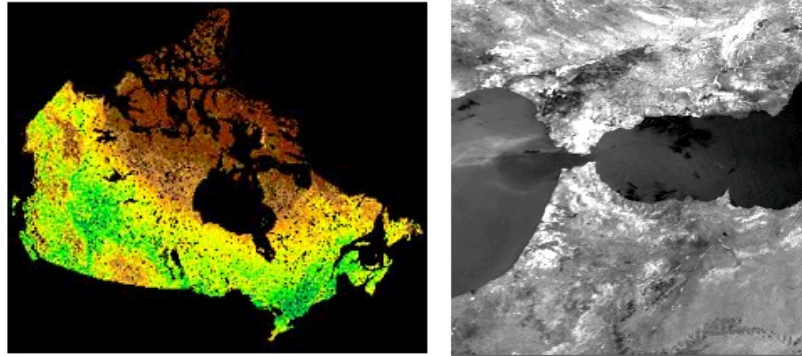
Görüntüyü dönüştürme, çok bantlı bir görüntünün veya farklı zamanlarda aynı bölgeyi içerecek şekilde algılanan 2 veya daha fazla görüntü bandlarının yönetimini kapsamaktadır. Her iki tarzda da, iki veya daha fazla kaynaktan alınan verilerden yeni bir görüntü üretilir. Böylece, muhtelif özelliklerin veya ilgi alanlarını kapsayan yeni görüntünün, orijinal görüntülerden daha iyi olarak görünmesi sağlanır. Temelde görüntünün dönüştürülmesi, aritmetik işlemlere dayanmakta olup, “görüntü çıkarma” olarak adlandırılmış bir teknik yapılmaktadır. Bu teknik, farklı tarihlerde algılanan görüntüler arasındaki meydana gelmiş değişikliklerin ortaya çıkarılmasını sağlar. Geometrik olarak rektifiye edilmiş iki görüntüden birincisindeki pixelin parlaklık değeri, ikincisindeki aynı pixelin parlaklık değerinden çıkarılır. Takiben 0-255 renk seviyesinin ortalaması olan orta gri tondaki 127 sabit değeri eklenerek uygun farklılıktaki yeni görüntü üretilir. Bu tip görüntü dönüşümü, yerleşim sahalarındaki değişikliklerin ve yok olan orman alanlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

$$\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{|c|c|} \hline \text{■} & \text{■} \\ \hline \end{array}} - \boxed{\begin{array}{|c|c|} \hline & \text{■} \\ \hline \end{array}} \\ = \boxed{\begin{array}{|c|c|} \hline & \text{■} \\ \hline \end{array}} \end{array}$$

**Şekil 59** Görüntü çıkarma.

Görüntülere çok yaygın olarak uygulanan dönüştürme tekniklerinden biriside “görüntünün bölünmesi veya tayfsal oranlama” olarak anılanıdır. İki farklı tayf bandından alınan verinin tayfsal oranlama ile görüntünün geliştirilmesine yönelik konsept aşağıdaki örnekte açıklanmıştır. Sağlıklı bitkiler; elektromanyetik tayfın yakın infrared bölgesinde güçlü bir yansıma yaparken, göünen kırmızı band da ise güçlü bir emme yapmaktadır. Toprak ve su gibi diğer satıh örtüsü özellikleri ; yakın infrared ve görünen kırmızı bantlarda hemen hemen birbirine yakın değerlerde yansıma yaparlar. 7 bandlı Landsat MSS görüntüsünde; yakın-infrared 0.8-1.1  $\mu\text{m}$ , Band 5 deki kırmızı kısım ise 0.6-0.7  $\mu\text{m}$  dalga uzunluklarına sahiptir. Yakın kızılötesi band değerlerinin kırmızı band değerlerine bölünmesinden ortaya çıkan oran; bitkiler için 1.0 değerinden daha büyük, toprak ve su için ise takriben 1.0’dır. Bitkilerin diğer satıh örtüsünden olan bu oransal farklılığı, onların tanınmasında önem taşıyan bir özelliktir. Diğer taraftan sağlıklı bitkilerin yakın infrared bölgedeki yansıması yeşil bitkilere göre daha düşüktür. Bu hususa dayanarak canlı (yeşil) bitkiler ile sağlıklı veya kamuflaj için kesilmiş bitkileri birbirinden ayırt etmek olanak dahilindedir.

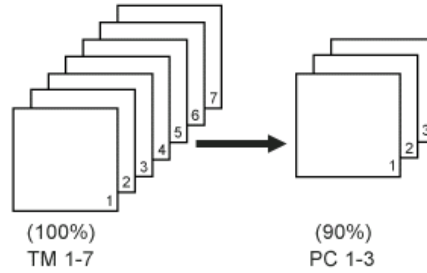
Bitkilerin durumlarına ilişkin analizlere yönelik olarak; muhtelif sensörlerin tayf bantları arasındaki farkları ve bunların tümünü göz önüne alarak daha kompleks tayfsal oran uygulamaları yapılmaktadır. Bunlardan yaygın olarak kullanılan ve gelişmiş olanı, “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) isimli yöntemidir. AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) ve benzeri sensör görüntülerinin içerdiği, kıtalar ve küresel seviyedeki bitkilerin durumu, NDVI yönteminin uygulanması ile tesbit edilebilmektedir.



**Şekil 60** Kanada (sol) ve Cebelitarık bölgesindeki (sağ) bitki örtüsü görüntüleri (Cebelitarık görüntüsündeki parlak sahalar, sağlıklı bitkileri göstermektedir).

NDVI değerlerini hesaplamada, farklı bandların sayısal numara (Digital Number: DN) değerleri kullanılır. Bir DN değeri, veri bandındaki bir pixelin sayısal değeridir. Bu değer, atmosferin ve yer yüzünün ne kadar enerji emdiğini ve sensöre ne miktar yansımayı gönderdiğine bağlı olarak değişmektedir. Hesaplama,  $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$  formülüne göre yapılmaktadır. Burada IR kızılötesi bandı R ise görünen kırmızı bandı belirtmektedir. Hesaplamalar sonucunda bitkiler için 0.1-0.6 pixel değerleri elde edilmektedir. Yüksek değer, yoğun bitki örtüsüne işaret etmektedir. Bulutlar, kar ve su görünen tayfın kırmızı bandında çok kuvvetli yansıma yaparlar ve negatif (-) index değeri verirler. Kayalar, çıplak arazi ve insan yapısı nesnelerin index değeri takriben sıfırdır. Çok bantlı verinin farklı bandları, birbiri ile oldukça ilişkili ve benzer bilgileri içerirler. Örneğin Landsat MSS'in 4 ve 5 nci bandlarında (yeşil ve kırmızı), aynı tipdeki yüz örtüsü tiplerine ilişkin yansımalar, hemen hemen birbirine eşit ve benzer görüntüdür.

Çok bantlı veri setlerinin istatistiksel özelliklerine dayalı görüntü dönüşümü; veri bandlarının azaltılmasını veya bandlar arasındaki ilişkiyi kullanan metodlarla sağlanır. Bu dönüşüm metodlarından birisi de "temel elemanların analizi" dir. Bu tarz dönüşümün amacı veri setindeki bandları azaltmak ve böylece daha fazla bilgi sağlamaktır. Örneğin 7 bantlı Tematik Mapper (TM) veri setindeki ilk 3 band, tüm bilginin %90'nını içermektedir. Bu 3 bandın bilgileri kullanılarak dönüştürülen görüntü, daha kolay ve etkin kıymetlendirmeye olanak sağlar.

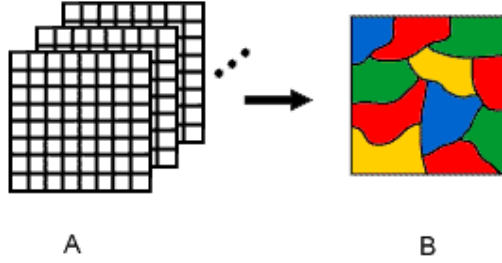


**Şekil 61** Temel elemanların analizi (bandları indirgeme).



#### 6.4 Görüntüyü Sınıflandırma ve Analiz

Görüntüyü sınıflandırma, bir görüntü veri setinden anlamlı sayısal konu haritalarını üretme işlemidir. Klasik anlamda görüntüyü sınıflandırmak ve analiz etmek için, kıymetlendirme unsurları kullanılmaktadır. Sayısal görüntünün sınıflandırılmasında ise, bir veya daha fazla tayf bandındaki sayısal numaralarla temsil edilen tayfsal bilgiler kullanılır. Bu tipdeki sınıflandırma “spectral pattern recognition” olarak bilinmektedir. Su, iğne veya yayvan yapraklı ağaçlar, mısır ve buğday gibi özel sınıflar veya konular, görüntüdeki pixel değerlerine atandırılarak istenen sınıflandırma yapılır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntü, pixellerin oluşturduğu bir mozaik’i (B) içermekte ve “tematik harita” olarak anılmaktadır.



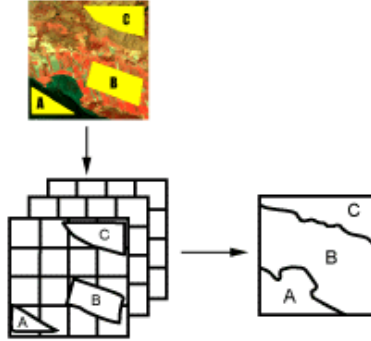
Şekil 62 Sayısal görüntüyü sınıflandırma ve tematik harita(B).

Sınıflandırma ve analiz için, “bilgi sınıfları” ve “tayfsal sınıflar” arasındaki farkın bilinmesi gerekmektedir. Bilgi sınıfları; farklı ürün çeşitleri, orman tipleri ve kaya tipleri gibi jeolojik yapı bilgilerini kapsamaktadır. Tayfsal sınıflar ise, verinin farklı tayfsal bantlardaki parlaklık değerlerini temsil eden pixel gruplarını içermektedir. Sınıflandırma, verideki tayfsal sınıflar ile ilgi duyulan özelliğe ait bilgi sınıfının karşılaştırılması ile yapılmaktadır.

Görüntüyü sınıflandırmada; tek bir görüntü veri seti, muhtelif zamanlarda algılanmış birçok görüntü veya yükseklik değerleri gibi ilave bilgilerden istifade edilir. Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan “kontrollü sınıflama” ve “kontROLSÜZ sınıflama” olarak adlandırılmış 2 metod bulunmaktadır.

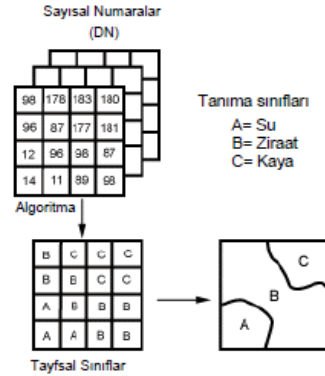
Kontrollü sınıflandırma, analizcinin kontrolünde uygulanan bir methodur. Bu methodda, analizci tarafından tanınan veya hava fotoğrafları, yer bilgileri veya haritalar gibi diğer kaynaklardan sağlanan bilgilerin yardımı ile tesbit edilen paternleri veya arazi örtüsü

özelliklerini temsil eden pixeller seçilir. Tesbit edilen paterne göre bilgisayar benzer özellikleri ortaya çıkararak sınıflandırmayı yapar. Birkaç özelliğin sınıflandırması istendiğinde bu metod kullanılmalıdır.



Şekil 63 Supervised sınıflandırma.

Kontrolsüz sınıflandırma, görüntüdeki veriye aşına olunmadığı zamanlarda kullanılan bir metoddur. Başlangıçta arazi örtüsü tipinin bilinmesi gerekmemektedir. Yapılacak ilk iş, sınıf sayısının belirlenmesidir. Düşünüldenden daha fazla sınıf adedi verilmesi daha iyi bir sınıflandırma için uygun bir usuldür. Bu sınıflandırma, veri bandlarındaki yansıma değerlerine bağlı olarak ve benzer pixellerin otomatik olarak tesbit edilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Takiben bu pixeller sembollere, değerlere veya etiketlere atanır ve istendiği takdirde, aynı tip sınıflar birleştirilerek işlem tamamlanır.

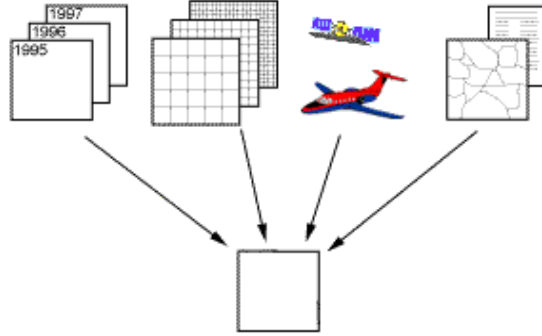


Şekil 64 Kontrolsüz sınıflandırma.

Kontrollü sınıflandırma, unsupervised sınıflandırma sonucunda üretilen veri setlerini de kullanabilmektedir. Özellikle çok büyük veri setlerinin sınıflandırılmasında her iki sınıflandırma metodunun beraberce kullanılması en iyi neticeyi vermektedir. Müşterek kullanımda kontrolsüz sınıflandırma ile temel sınıflar ortaya çıkarılırken, takiben yapılacak kontrollü sınıflandırma ile unsupervised sınıflandırma ile tesbit edilmiş sınıfların alt kısımları da belirlenmektedir.

### 6.5 Veriyi Bütünleme ve Analiz

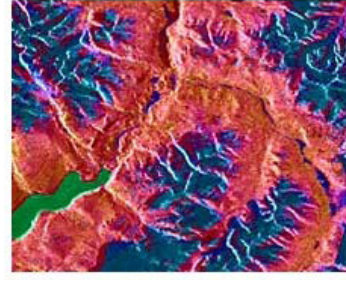
Hava fotoğraflarının uzaktan algılamanın analog veri kaynağı olduğu dönemlerde, bunların muhtelif kaynaklardan sağlanan veriler ile bütünleştirilmesi sınırlıydı. Günümüzde, birçok sensörden algılanan sayısal formattaki veriyi bütünleme, kıymetlendirme ve analiz için kullanılmakta ve fayda sağlamaktadır. Veriyi bütünleme temelde, daha iyi ve/veya daha fazla bilgi temin etmektedir. Veri bütünleme; "farklı zamanlarda algılanan görüntüler", "farklı çözümlenmedeki görüntüler", "farklı sensör görüntüleri" ve "farklı veriler)" bir araya getirilmektedir.



Şekil 65 Veri entegrasyonu.

Farklı zamanlarda algılanan görüntülerin bütünleştirilmesi ile, dönem içersinde meydana gelen değişiklikler tesbit edilmektedir. Muhtelif çözümlenmelere sahip görüntülerin biraraya getirilmesi ile, çeşitli uygulamalara imkan sağlanmaktadır. Yüksek mekansal çözümlenmeli bir veri ile, düşük mekansal çözümlenmeli bir verinin bir araya getirilmesi sonucunda; görüntüdeki mekansal detaylar keskinleşmekte ve özelliklerin ayırımı kolaylaşmaktadır. Örneğin SPOT görüntülerinden 10 metre çözümlenmeli pankromatik bir görüntü ile 20 metre çözümlenmeli

çokbandlı bir görüntü bütünleştirildiğinde, elde edilen yeni görüntünün mekansal çözümü 10 metre olmakta ve detaylar gelişmektedir.

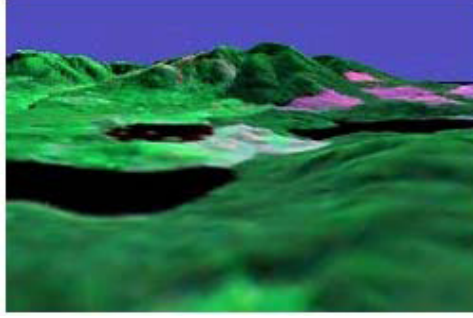


**Şekil 66** Bütünleştirilmiş 10 ve 20 metre çözümü SPOT görüntüsü.

Bütünleştirilmiş çok bandlı optik veri ve radar görüntüsü.

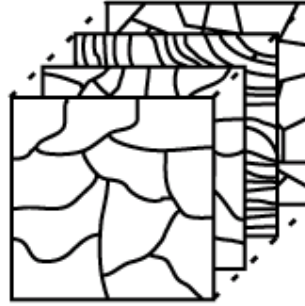
Farklı sensör verilerinin birleştirilmesi ile; ilave bilgiler, arazi örtüsü tiplerini daha kolay ayırt etme ve özelliklerin bünyesel detaylarının ön plana çıkması sağlanmaktadır. Çok bandlı optik veri ile radar sensörü görüntülerinin bütünleştirilmesi bu olanağı gösteren iyi bir örnektir. Birçok sensör verisinin birleştirilmesinde, her bir verinin aynı coğrafik koordinat sistemine göre rektifiye edilmesi gerekmektedir. Kayıt aynı zamanda diğer yardımcı veri kaynaklarının, uzaktan algılama verisine entegre edilmesine de imkan vermektedir.

Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) veya Sayısal Arazi Modeli (DTM); yüksekli ilişkin sayısal yükseklik verisi ile uzaktan algılanan görüntünün bütünleştirilmesinden oluşmakta ve arazinin model tarzındaki gerçek durumunu ve eğim değişikliklerini yansıtması açısından büyük önem taşımaktadırlar. Bu modeller, bir taraftan sınıflandırmanın doğruluk seviyesini arttırırken, bundan istifade ile oluşturulan “3 boyutlu perspektif görünüş”, arazinin muhtelif yönlerden analiz edilmesini sağlamakta ve sivil / askeri amaçlı muhtelif uygulamalara temel teşkil etmektedir.



**Şekil 67** 3 boyutlu perspektif görünüş.

verilerin birleştirilmesi hususu, bütünleme ve analizin can alıcı noktasıdır. Bu veriler sayısal ortamda rektifiye edilerek; haritaları güncelleştirme, sayısal toprak tipleri haritası, arazi örtüsü sınıfları, orman türleri, yol şebekesi gibi uygulamalar için Coğrafik Bilgi Sistemleri olarak adlandırılan veri tabanlarında depolanırlar.



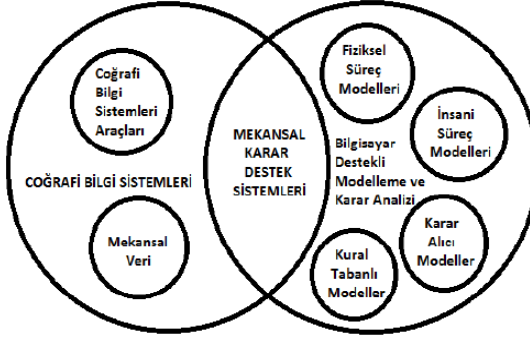
**Şekil 68** Coğrafik bilgi sistemi (GIS).

## **7. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ**

Karar Destek Sistemleri, bir yöneticiye karar alma sürecinde yardımcı olmak için, kararların ve işlenen verinin prosedür kümesine dayanan bir model olarak tanımlanır. Karar destek sistemleri, karmaşık problemleri çözebilmek için tasarlanmış olup, insan zekâsından, bilgi teknolojilerinden ve bilgisayar yazılımlarından faydalanarak sonuç üretirler. Karar destek sistemlerinde esas olan kararın alınması değil, kararın alınmasına destek olmaktır. Bilgilerin toplanması, işlenmesi ve analizine odaklanan sistemlerdir. Karar destek sistemlerini otomatikleştirmek için yapay zekâ teknikleri (optimizasyon algoritmaları) kullanılabilir. Karar destek sistemlerinin işleyişi şu şekildedir. Değişik veri kaynaklarından bilgi toplar. Topladığı bu bilgiler içinden gereksiz verileri süzer ve geriye kalanlar üzerinde düzenlemeler yapar. Ardından karar alma sürecine etki edecek fonksiyonu oluşturur. Veriler bu fonksiyona göre değerlendirilir. Değerlendirme sonuçları sunularak, karar mercilerine karar alma sürecinde bilgisayar destekli bir sistem aracılığıyla yardım sağlanmış olur.

### **7.1 Mekânsal Karar Destek Sistemleri**

Çok kaynaklı mekânsal veri ve onun analiz sonuçlarına dayalı mekânsal ilişkili problemlerin çözümünde kullanılan karar vermeye yardımcı sistemlerdir. Mekânsal karar destek sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri ile karar destek sistemlerinin entegrasyonu olarak değerlendirilebilir. Mekânsal karar destek sistemleri ile problemleri tanımlamak, çözmek ve karar vermek için fiziksel süreç modellerini, insani süreç modellerini, kural tabanlı modelleri ve karar alma modellerini kullanarak, karar vericiye yardımcı olmak için alt sistemler tasarlanır. Şekil 69'da karar destek sistemleri ile coğrafi bilgi sistemleri arasındaki ilişki gösterilmektedir.

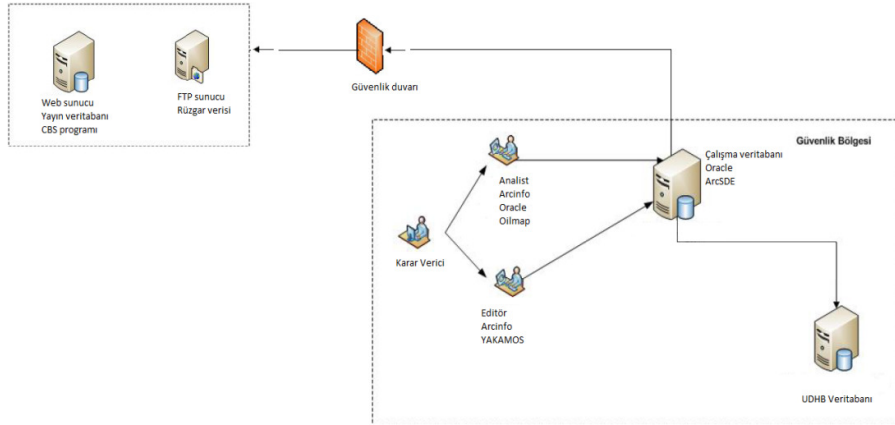


**Şekil 69** Coğrafi bilgi sistemleri ve karar destek sistemleri arasındaki ilişki.

## 7.2 YAKAMOS Karar Destek Sistemi

YAKAMOS(Yardım Arama Kurtarma ve Acil Müdahale Otomasyon Sistemi) masaüstü ve internet uygulamalarından oluşan bir karar destek sistemidir. Masaüstü uygulaması kurum içinde görevlendirilecek editör ve analist kullanıcı grupları tarafından veri düzenleme ve analizleri için kullanılırken, internet uygulamaları kurum tarafından istenilen kurum içi ve dışı kullanıcılara açılarak daha çok sorgulamalar ve hazırlanan raporların paylaşımı için tasarlanmıştır.

Deniz kazaları sonrasında oluşacak petrol kirliliği, o bölgedeki ekoloji ve sosyo ekonomik aktivite üzerinde kalıcı ve uzun süreli etkilere yol açan önemli bir çevre felaketidir. Bu tür çevre felaketlerinin en az zarar ile atlatılmasında, karar vericilere yönelik olarak güncel ve doğru veriler ile kurulmuş coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı bir karar destek sisteminin önemi büyüktür. Üç tarafı denizlerle çevrili olması ve stratejik konumu gereği oluşan yoğun gemi trafiği nedeniyle, kaza olma olasılığının yüksek olduğu ülkemizde bu amaca yönelik olarak YAKAMOS sistemi oluşturulmuştur.



**Şekil 70** YAKAMOS sistem mimarisi.

### 7.2.1 CBS Masaüstü Yazılımı

YAKAMOS için hazırlanan masaüstü uygulama yazılımı Visual Basic programlama dilinde ArcObjects nesneleri kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen fonksiyonların genel mantığı ArcGIS desktop uygulamasında yer alan eklentiler (extension) mantığı ile aynıdır. Yani YAKAMOS modülü bir ArcGIS eklentisi olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra geliştirilen ve arayüzde bir buton veya menu linki aracılığı ile ulaşılabilen her fonksiyon ArcObjects ortamında tekrar kullanılabilen modüler sınıflar (class) olarak geliştirilmiştir. Dolayısıyla bu fonksiyonları sadece YAKAMOS araç çubuğunda değil ArcGIS yazılımının herhangi bir yerinde veya VBA ortamında kullanmak mümkündür. YAKAMOS eklentisi, IExtension ve IExtensionConfig interface'leri üzerine kurulmuş olup ayrıca IYakamosExt interface'i üzerinden YAKAMOS uygulamasına özel metod ve property'ler sunmaktadır. Bu genel şemsiye altında aşağıdaki ana sınıflar (araç çubuğu ve menüler) tanımlanmıştır:

### 7.2.2 Veritabanı

YAKAMOS kapsamında hazırlanan tüm mekansal ve mekansal olmayan veriler ESRI file geodatabase formatında hazırlanmıştır. Bakanlık bünyesinde sağlanacak Oracle kullanıcı lisansı ile istenildiğinde SDE geodatabase formatına dönüştürülebilir. Petrol yayılım modeli için gerekli olan rüzgar ve akıntı verileri bu veritabanına dahil edilmeyerek ve belirlenen klasör yapısında saklanmaktadır.



### **7.2.3 FTP Sunucu**

FTP sunucu petrol yayılımı modelinde yer alacak verilerin transferi için kullanılacaktır. Rüzgar bilgileri NETCDF formatında 8 saat aralıklarla Devlet Meteoroloji Müdürlüğü tarafından bakanlığın belirlediği FTP adresine Şekil 64'te verilen mimariye uygun olarak gönderilecektir.

### **7.2.4 Petrol Yayılım Modeli**

Petrol yayılım modeli olarak ASA tarafından geliştirilen ve ArcGIS masaüstünün bir eklentisi olarak çalışan oilmap adlı yazılım kullanılmaktadır. Bu model üzerinde herhangi bir düzenleme yapılmayacaktır. FTP sunucudan gelecek olan meteorolojik veriler ile daha önceden tüm denizlerimiz için aylık ortalamalar halinde hazırlanan akıntı bilgileri modele girdi sağlayacak şekilde ilgili klasörlere toplanmıştır.

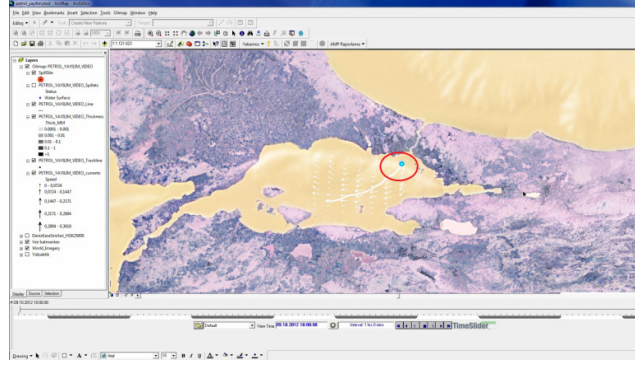
### **7.2.5 Güvenlik**

Masaüstü ve internet uygulamalarının her ikisinde kullanıcı adı ve şifre ile çalışmaktadır. Bunların dışında gerekli olan güvenlik mekanizmaları özellikle de internet uygulamaları için, Bakanlığın güvenlik sisteminden ve uygulamalarından yararlanılacaktır. Gerçek sistem Bakanlığın çalışma ortamında kurulurken dağıtık yapıda bir mimari ve bunu destekleyecek güvenlik mekanizmaları kullanılması gerekir.

### **7.2.6 Raporlar**

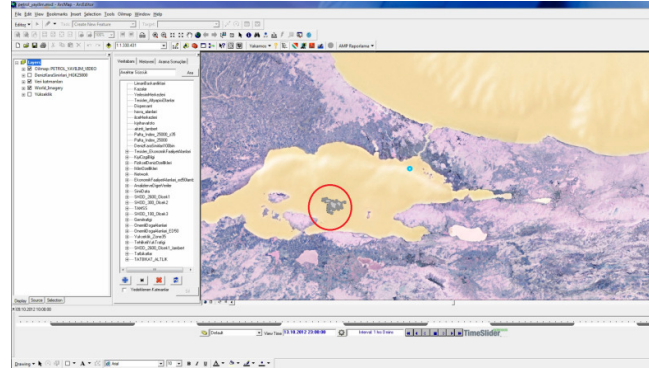
YAKAMOS sisteminde statik ve dinamik raporlar olmak üzere iki farklı yapıda rapor bulunmaktadır. Statik raporlar, proje kapsamında tek seferliğine üretilmiş (genellikle klavuzlar) değişmeyen raporlar olup, pdf formatında saklanacak ve masaüstü ve internet uygulamalarından ulaşım sağlanacaktır. Dinamik raporlar ise, CBS ortamında oluşturulmuş ve güncellenen verilere ve oluşan kazalara göre farklılık gösteren değişken raporlar olacaktır.

Karar destek sistemi ile uzaktan algılama sisteminin birlikte kullanılması sonucu meydana gelen kirliliklerin daha hızlı tespit edilmesini sağlayacak bu da denizlerimizdeki kirlilik oranının azalmasına olumlu katkıda bulunacaktır. Uzaktan algılama sisteminden alınan veriler YAKAMOS sistemine aktarılarak dökülmenin simülasyonu yapılabilir ve müdahale edilecek nokta önceden tahmin edilebilir.



**Şekil 71** Kirliliğin meydana geldiği nokta.

Şekil 71'de görüldüğü gibi Marmara denizinde boğaz yakınlarında meydana gelen bir petrol türevi sızıntısı tespiti yapıldıktan sonra YAKAMOS karar destek sistemi ile etkileyeceği alan tahmini yapılmaktadır. Bu tahminin doğruluğunda en önemli parametreler boğazdaki akıntı bilgisi, deniz suyu sıcaklık bilgisi, rüzgar bilgisi, dökülen yağın cinsi ve miktarıdır. Dökülen yağın cinsi ve miktarı alınan radar görüntüsünden ve radar sistemini destekleyen sistemlerle elde edilebilir.



**Şekil 72** Kirliliğin yayılımının durduğu yer.

tahmin işlemi tamamlandıktan sonra kirliliğin ne yönde ilerleyeceği ve nereleri etkileyeceği tahmini tamamlandıktan sonra raporlama araçları kullanılarak etkilenen doğal koruma alanlarına ait yada ekonomik tesisler ve faaliyet alanları gibi alanlara ait raporlar alınabilir ve buraların korunmasına yönelik tedbirler ivedilikle alınabilir.

Petrol Yayılm Analiz Formu		Form kodu: YA
Tarih: 09.10.2012	Sayı: 2012-YA0003	
<b>T.C. BAŞBAKANLIK DENİZLİK MÜŞEŞARLIĞI ACIL MÜDAHALE MERKEZİ</b>		
		<b>Kaza Bilgileri:</b> Kaza Zamanı: 9/10/2012 10:00 Kaza Lokasyonu: 28 9149 D 40 9056 K Kaza Nedeni: Kaza Türü: Çatışma
<b>Kaza bölgesinde bulunan önemli doğa alanları:</b>		<b>Kirişici Bilgileri:</b> Kirişici Adı: HEAVY CRUDE OIL Sızdı Miktarı: 10000 lit Sızıntı Süresi: 24 saat
<b>Önemli BkA Alanları:</b>		

**Şekil 73** Etkilenen alanları içeren raporlar.

Durumun kritikliği göz önünde bulundurularak tercih edilecek alanlar arasında öncelik sıralaması yapıp doğabilecek zararlar en aza indirilebilir.

Ayrıca konu ile ilgili kurum ve kuruluşlarla gerekli verilerin paylaşılması amacı ile sonuç raporları internet ortamında daha önceden tanımlı kullanıcılara iletilebilir.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda, tüm dünyada olduğu gibi, deniz kirliliği ve kıyıların kullanımı ile ilgili sorunlar ülkemizde de gittikçe artmaktadır. Deniz ve iç sularımız gerek yanlış yapılaşma, endüstriyel, evsel ve akarsuların taşıdıkları atıklar, gerekse deniz ulaşımı ve kazaları nedeniyle sürekli kirlenmektedir. Denizlerimizin başta balıkçılık olmak üzere kullanım olanaklarını azaltan veya kalitesini negatif yönde etkileyen yağ tabakası kirliliğinin engellenmesi, azaltılması ve mücadele edilmesine yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve operasyonel izleme sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak başta gelişmiş ülkeler olmak üzere son yıllarda yağ tabakalarının izlenmesi ve yönetiminde uzaktan algılama teknolojisi başarıyla kullanılmaktadır. Yeryüzü gözleme sistemleri deniz kirliliğinin gerek operasyonel (rutin) izlenmesi, gerekse geniş alanları gözleme imkanı veren sinoptik kapsama alanına sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir. Özellikle bulut ve aydınlanma koşullarından bağımsız olarak görüntü alabilen Yapay Açıklıklı Radar (SAR) sistemleri, doğrudan kirlilik izlemesinin yanı sıra, dolaylı olarak elde edilen dinamik özellikler (akıntı, iç dalgalar, girdaplar vb.) veya deniz yüzeyi rüzgar alanına ait (saptanan kirleticilerin değişiminin ve takibinin modellenmesinde gerekli olan) bilgiler nedeniyle etkin bir araç olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde henüz uydu teknolojisinin yeteri kadar gelişmemiş olması, özellikle gözlem uydularının azlığı, başlangıç yatırım maliyetlerinin yüksek olması(140 milyon TL), fırlatma teknolojisine sahip olunmaması, çeşitli nedenlerle iletişimin kesilmesi veya çok düşük bir ihtimalde olsa kullanılamaz duruma gelmesi, arıza durumunda tamirinin imkansız denilecek derecede olması, kullanılacak optik algılayıcıların üretiminin yurtiçinde yapılamıyor olması, petrol sızıntısının olduğu anda uydunun konumu gibi nedenlerden dolayı denizlerimizdeki kirliliğin tespitinde tek başına kullanılmasını neredeyse imkansızdır. Maliyetlerin düşürülmesi için hava araçlarına monteli SAR kullanımı, bu radarların askeri amaçlarla dahi olsa ülkemizde üretilebiliyor olması, petrol sızıntısını algılayabilecek şekilde yeniden tasarlanabilecek olması ve geliştirilmeye müsait olması, dışa bağımlılığı azaltacak olması, bakım ve ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, diğer algılayıcılar ve sistemlerle uyumlu çalışabilir olması gibi nedenler SAR ların tercih edilmelerini artırır.

Ülkemizde kullanılacak sistemde; EMSA'nın Radarsat-2 ve Cosmo-SkyMed-2 gibi SAR radar uydularından ücretsiz olarak sağladığı uydu görüntüleri kullanılmalıdır, ancak bu

uyduların ülkemiz denizlerini kapsayan görüntü sayısı ayda 8 ila 16 arasında değişmekte olup, eğer bir kirlilik varsa görüntüler 30 dk ile 1 saat arasında ilgili birimlerimize ulaşmaktadır. Bundan dolayı tek başına kullanılması yetersizdir. Gerekli protokol ve çalışmalar yapılarak Sahil Güvenlik Komutanlığı'nın denizlerdeki güvenliği arttırmak amacıyla envanterine dahil etmiş olduğu üzerinde SLAR radarların, IR/UV algılayıcıların, kamera sistemlerinin bulunduğu Meltem uçakların sisteme dahil edilmesi ve uçuş planlarını EMSA' dan görüntü alınamayan günlerde yapılacak şekilde ayarlanması tespit edilen kirlilik sayısını artıracaktır. Meltem uçaklarının sayısı sınırlı olduğu için ve farklı bölgelerde görev yapmalarından dolayı bu uçaklarla tüm denizlerimizdeki kirliliklerin tespit edilmesi imkansızdır. Sisteme kirlilik tespitini arttırmak amacıyla SAR radar, IR/UV algılayıcılar ve optik kameralar monte edilmiş uçaklar eklenmelidir, tercih edilecek bu hava araçlarında ANKA gibi yerli üretim insansız hava araçları da kullanılabilir. Son olarak sisteme GTYS'nde test aşamasında olan kirlilik algılayıcı özelliğe haiz kule monteli seyir radarlar da entegre edilerek gelişmiş bir sistem elde edilmiş olacaktır. Böylece kirlilik tespiti, kirliliğin yayılımının izlenmesi, yoğunluğunun ve türünün tespit edilmesi mümkün olacaktır. Bu da petrol sızıntısına müdahale planlarının yapılmasında hayati bir kavram olan sürenin kısılmasını ve daha başarılı bir müdahalenin yapılmasını sağlayacaktır. Ayrıca sisteme CBS tabanlı sistemler de eklenerek petrol sızıntısı risk haritaları, petrol sızıntısı konum haritaları, petrol sızıntısı rota haritaları oluşturulabilecektir.

Gelecekte sistemin geliştirilmesine yönelik olarak; her tür hava koşulunda ve her zaman kesintisiz görüntü elde etmek için uçakların uçuş periyotlarının optimum olacak şekilde belirlenmesine yönelik, kirlilik haritaları çıkarılarak sistemin daha verimli ve düşük maliyetli çalışabilmesini sağlayan yeni algoritmalar geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılabilir. Başlangıçta petrol sızıntısının tespiti için kullanılacak sistem zamanla diğer unsurlarla tespit edilen petrol sızıntılarının doğrulanması içinde kullanılabilir, bu konuda üzerinde çalışma yapılabilecek başka bir alandır. AIS sistemi sisteme entegre edilerek kirlilik kaynağı olası gemiler tespit edilerek karasularımızda olması durumunda bu gemilere gerekli cezai işlemin uygulanmasında sistemin caydırıcılığını artıracaktır. Karasularımız dışına çıkmış olan gemilerin ise bir sonraki varış noktalarında denetlenmeleri için idareler arası işbirliğinin arttırmasına yönelik çalışmalar gerekmektedir.

Meydana gelen yasa dışı yağ deşarjlarının günümüzde kayıtlarının olmaması, bu konuda çok yararlı olabilecek ve veri bankası olarak kullanılabilir hiçbir istatistiksel verinin olmayışına ve aynı zamanda kirleticilere hiçbir yaptırımın uygulanamamasına neden olmaktadır.

Meksika körfezinde meydana gelen ve resmi açıklamalara göre yaklaşık 5 milyon varil, resmi olmayan kaynaklara göre ise tahminen 20 milyon varil petrolün körfeze dökülmesine neden olan kaza erken uyarı sistemlerinin ve sonrasında yapılacaklar konusunda analistlere yardımcı olması bakımından karar destek sistemlerinin ne kadar önemli sistemler olduklarını birkez daha göstermiştir. Üç tarafı denizlerle çevrili ve yoğun deniz trafiğinin olduğu ülkemizde de yasal olmayan yağ deşarjlarının saptanması ve izlemesine yönelik operasyonel uzaktan algılamalı sistemlerin kurulmasına yönelik çalışmaların başlatılması gerekmektedir. Konulacak bir erken uyarı sistemi ile gerek yasal olmayan deşarjlar gerekse tanker kazaları nedeniyle oluşan çevre kirliliğine en kısa sürede müdahale sağlanarak olası maddi ve dolaylı olarak manevi zararların önüne geçilmesi sağlanacaktır. Bununla beraber, yağ deşarjının erken saptanımı, kirleticinin de tespit edilmesi yönünde bilgi sağlayabileceğinden bu yöndeki caydırıcılık etkisi yasal olmayan yağ deşarjlarının azalmasını sağlayacaktır.

Bakanlığımız bünyesinde kullanılmakta olan karar destek sistemi ile entegre edilmiş bir radar uzaktan algılama sistemi sayesinde meydana gelen kirlilik olaylarının verileri tutulabilecek böylece gerekli istatistik ve analiz çalışmalarına alt yapı sağlanacaktır. Ayrıca bu verilerden yola çıkılarak mevcut denizlere ait canlı bilgileri, türler, ekonomik tesis ve faaliyet alanları, doğa koruma alanları gibi bilgiler güncellenebilecektir. Denizlerimize ait sayısal kirlilik haritaları oluşturulabilecek ve diğer verilerin ışığında deniz taşımacılığında yapılacak düzenlemerde duyulacak çevre koruma içerikli ihtiyaçlar tespit edilebilecektir.

Bu tez çalışmasında da görüldüğü gibi çok sayıda gerçek zamanlı farklı radar verilerinin kullanımı ile denizlerdeki olası yağ tabakasını belirlemek mümkündür. Bu bağlamda hava araçlarına monteli SAR radar bazlı hibrit operasyonel izleme sisteminin acil kurulması ülkemiz içinde büyük önem taşımaktadır. Bu sistem, turizm açısından önemi her sene artmakta olan ülkemize hem ekonomi ve sosyal açılardan önemli yararlar sağlayacak, hem de hız ve geniş görüş alanı nedeniyle konvansiyonel yöntemlerle yapılması sık ve kolay olmayan denetimleri mümkün kılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Allan, T.D. 1983, Satellite microwave remote sensing, Chichester, West Sussex: E. Horwood ; New York. 526 pages.
2. Aranof, S. 2005. Remote Sensing for GIS Managers, ESRI Press, California, USA
3. Bertacca, M., Berizzi, F., Mese,E. D. 2005, A FARIMA-Based Technique for Oil Slick and Low-Wind Areas Discrimination in Sea SAR Imagery, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 43, No. 11, pp.2484- 2493.
4. Brekke C., Solberg A. H.S. 2005, Oil spill detection by satellite remote sensing, Remote Sensing of Environment, Vol. 95, pp. 1–13. Espedal, H. A., Johannessen, O. M. 2000, Detection of oil spills near offshore installations using synthetic aperture radar (SAR). International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No. 11, pp. 2141–2144.
5. Cumming, I. G., 2005. Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data, Artech House, Boston. Ferraro, G., Bernardini, A., David, M., Meyer-Roux, S., Muellenhoff, O., Perkovic, M., Tarchi, D., Topouzelis, K., 2007. Towards an operational use of space imagery for oil pollution monitoring in the Mediterranean Basin: a demonstration in the Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin 2007 (54), 403–422.
6. D. Lindberg and T. Wahl., 1995. “Automatic screening of SAR images for slick detection,” Tech. Rep., Norwegian Defence Res. Establishment,
7. Gough, P. T., and Hawkins, D. W., 1997. Imaging Algorithms for a Strip- Map Synthetic Aperture Sonar: Minimizing the Effects of Aperture Errors and Aperture Undersampling, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 22, 27 – 39.
8. Gonzalez, R. C., Richard E. W. 1992, Digital Image Processing, Addison- Wesley Publishing Co, 716 pages. Lee, Jong-Sen. 1980, Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-2, No.2, pp. 165-168.
9. Gürmen, G., 2003. Yapay Açıklıklı Radar (SAR) ile Görüntü Oluşturma, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
10. K. Weisteen, A. Solberg, and R. Solberg. Aug. 1993, “Detection of oil spills in SAR images using a statistical classification scheme,” in Proc. IEEE Symp. Geosci. Remote Sensing (IGARSS), Tokyo, Japan, , pp. 943–945.
11. Kent, S., 2000. Uzaktan Algılama.

12. Lennon, M.; Thomas, N., Mariette, V., Babichenko, S., Mercier, G. 2005, Oil slick detection and characterization by satellite and airborne sensors: experimental results with SAR, hyperspectral and lidar data, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International, Vol. 1, pp. 1-4.
13. LILLESAND, T. M. 1990: Remote Sensing and Geographic Information Systems, Forest Science, Chapter 13
14. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons. Inc., USA
15. Nirchio, F., Sorgente, M., Giancaspro, A., Biamino, W., Parisato, E., Ravera, R., Trivero, P., 2005. Automatic detection of oil spills from SAR images. International Journal of Remote Sensing 26 (6),1157–1174.
16. Solberg, A., Storvik, G., Solberg, R., Volden, E., 1999. Automatic detection of oil spills in ERS SAR images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 37 (4),1916–1924
17. Sziebig, G. Solvang, B., Korondi, P. (2008). Image Processing for Next-Generation Robots, Computer Vision, 429-440.
18. Tarchi, D.; Bernardini, A.; Ferraro, G.; Meyer-Roux S.; Muellenhoff, O.; Topouzelis, K. Satellite Monitoring of Illicit Discharges from Vessels in the Seas around Italy 1999-2004. European Commission Report EUR 22190 EN, 2006.
19. Taşkın,K; Çölkesen,İ Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları.
20. T. I. Bern, T. Wahl, T. Anderssen, and R. Olsen, 1993., “Oil spill detection using satellite based SAR; Experience from a field experiment,” Photogramm. Eng. Remote Sensing, vol. 59, pp. 423–428, 1993.
21. Topouzelis, K., Karathanassi, V., Pavlakis, P., & Rokos, D. (2008). Dark formation detection using neural networks. International Journal of Remote Sensing, 29, 4705–4720
22. Wu, W., Yang, J. (2009). Semi-Automatically Labeling Object in Images, IEEE Transactions on image processing,18(6), 1340-1349.
23. Xiaojing, L., Linlin G., Zhe,H., Hsing-Chung, C., The 2009 Montara Oil Spill in The Timor Sea As Observed By Earth Observation Satellites
24. Yang, X.Q., Li, M. (2002). Using Hopfield Neural Network and 2D Evolutionary Operators to Detect Image Edge,Proceedings SPIE: International Society for optical Engineering, 4221, 292-295.



## İNTERNET KAYNAKLARI

1. <http://blogs.mathworks.com/loren/2010/05/06/oilslick/>
2. <http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest.html>
3. <http://emsa.europa.eu/operations/cleanseanet.html>
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL\\_73/78](http://en.wikipedia.org/wiki/MARPOL_73/78)
5. <http://sea-hawk.com/cases/Captains-experience/>
6. <http://www.amstat.org/publications/index.cfm>
7. <http://www.asascience.com/software/oilmap/index.shtml>
8. <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>
9. <http://www.imo.org/Publications/Pages/Home.aspx>
10. [www.istanbul.edu.tr/eng2/jfm/UA/4.pptx](http://www.istanbul.edu.tr/eng2/jfm/UA/4.pptx)
11. <http://www.mam.gov.tr/CE/index.html>
12. <http://www.seadarq.com/en/products/products-2>
13. <https://csndc.emsa.europa.eu>
14. [www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/](http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/)
15. [www.mdpi.com/journal/sensors](http://www.mdpi.com/journal/sensors)
16. [www.miros.no/sider/miros.asp?NodeID=805&PlaID=](http://www.miros.no/sider/miros.asp?NodeID=805&PlaID=)

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Doğum Tarihi:** 15/02/1980

**Doğum Yeri:** Sivas

**Lise:** (1994-1998) Sivas Anadolu Öğretmen Lisesi

**Lisans:** (2000-2006) İstanbul Üniversitesi Elektronik Mühendisliği

**Çalıştığı Kurum:** (2007-2010) Türk Telekom A.Ş Genel Müdürlüğü

(2010- devam ediyor) Ulaştırma Denizcilik Haberleşme Bakanlığı