

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Radar Uydu Sistemi

Bilimsel bir araştırmanın temel dayanağı veridir. Araştırma için gerekli bilgi, verilerin sistematik analizinden elde edilir... 1970'li yıllara kadar uygulanan geleneksel bilgi analiz yöntemlerinin (yer ve kısmen gökyüzü bazlı uçaklar) 1990'lardan sonra Radar Uzay Teknolojileri'nin günlük yaşama girmesi ile içeriği ve işleyişi değişmiştir. Radar teknolojileri bize yeryüzünün diğer bir renginin daha olduğunu gösterdi. Gece ve kötü hava koşullarında, geniş bölgeleri izleyebilme yeteneği ve üçüncü boyutta veriyi çalışma olanağı, radar teknolojisinin bilgi analiz sistemine getirdiği önemli katkısıdır. Bu teknoloji, yer ve gökyüzünden sonra uzayı kullanabilen bilimsel ve sanat bazlı yeni bir kuşak çalışma kültürünün de ortaya çıkmasını sağlamıştır.

YERYÜZÜ kaynaklarının uydu sistemleri kullanılarak incelenmesi daha çok 1972 Temmuzunu sonrasında yoğunluk kazanmıştır. Günümüzde bu sistemler ile orta deydaki cisimleri, olayları ve nesnelere (1:25 000 harita ölçeği) tanıyabilecek derecede mekansal (harita verileri) ve sayısal (istatistiksel veriler) bilgi edinilebilmekte, ayrıca hemen hemen her disiplindeki bilim adamı,

araştırmacı, uygulayıcı, hatta idareci tarafından bu veriler kolaylıkla kullanılabilir. Sistemlerin kolay kullanılabilirliğine karşın, bazı alanlarda; örneğin tarımsal ve yenilenebilir kaynak uygulamalarında istenilen bilginin istenilen zaman ve bölge için kolayca elde edilemediği yapılan çalışmalarda görülmüştür. Olumsuz hava şartları bunun başlıca nedenidir. Tarımsal ürünlerdeki verim belirlenmesinde arazi yüzeyindeki değişken-

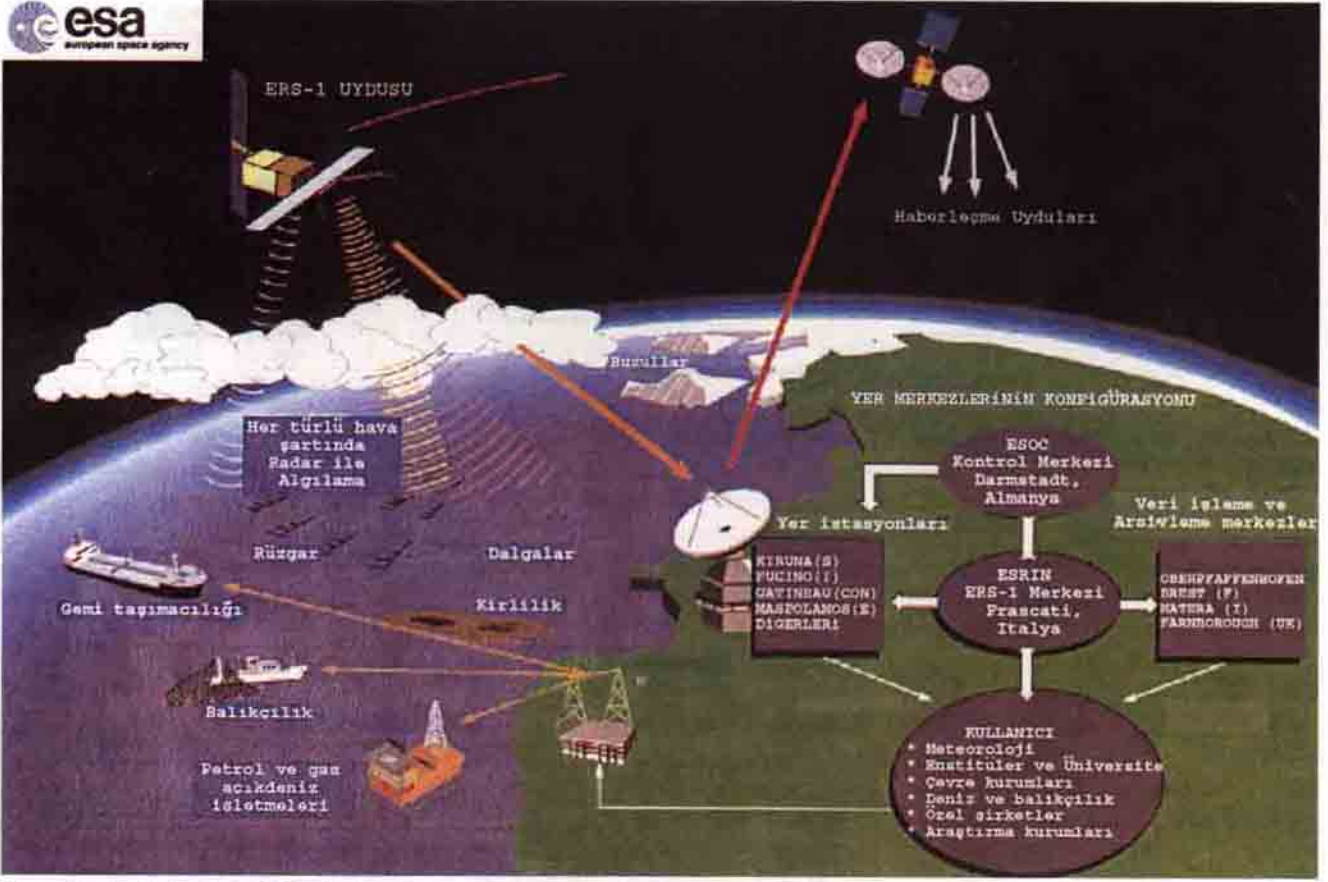
liği tesbit etmek ve ürünlerin olgunlaşma sürecini izlemek önem taşır. Normal hava şartlarında bu süreç rahatlıkla izlenebilir. Fakat kapalı hava koşullarına rastlayan zamanlarda arazinin uydulardan gözlenmesi hemen hemen imkansızdır. Bu problem, optik sistemlere sahip uyduların -Ör: SPOT (Fransa), Landsat (USA)- beraber kullanılması ile kısmen giderilmişse de, sistemlerin maliyetinin yüksekliği yüzünden, rasyonel ve ekonomik olmaktan hâlâ uzak durumdadır.

Günümüzde bu ihtiyacı karşılayabilmek için radar sistemlerine sahip uydular kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür sistemler ile güneş enerjisi ve ışığına bağlı kalmadan, her türlü hava koşulunda yeryüzü hakkında bilgi sağlanabilir. Gece ve gündüz yeryüzünü gözlemleyebilen bu sistemler tamamıyla kendi enerji kaynaklarını kullanırlar ve aktif görüntüleme sistemi olarak adlandırılırlar. ERS-1 radar sistemi, anteni yardımıyla ürettiği sinyalleri belirli bir eğik açıyla (gelme açısı:23°) yeryüzüne gönderir ve hedef yüzeyden yansıyan enerji miktarını kayıt eder. Daha sonra bu enerji sayılara dönüştürülür. Sonunda ölçeklendirilerek ortamında işlenebilecek radar görüntüleri elde edilir. Ayrıca coğrafi mekanı yansıtan 1: 50 000, 1: 100 000 ve 1: 500 000 ölçeklerinden fotoğrafik ve anlamlı (tematik) haritalar üretilebilir.

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



ERS-1 Uydusu



ERS-1 Radar Uydusu Sistemi'nin işleyiş mekanizmaları, yer istasyonu, dağıtım, kontrol, veri işleyiş ve arşivleme merkezlerinin kara, deniz ve uzaydaki bağlantılı bileşeklerini bir bütün olarak kullanıcılara da ulaştığını gösteren uydu ağı sistemi şeması.

1. Yeryüzü topografyasını ve morfolojisini, deniz ve karasal ortamlardaki morfolojik değişimleri çok hassas algılayabilmesi (örneğin; yüzeyin eğimi, bitki dağılımı ve formu, deniz dalgalarının dinamiği gibi)

2. Su ve bağıl nemli hassas olarak algılayabilmek (kar örtüsü, toprağın ekili alanlarının nem oranı gibi).

3. Güneş ışığından bağımsız olarak her türlü hava şartında yeryüzünü görüntüleyebilmesi.

Radar teknolojisi 1990 lardan itibaren Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) ait ERS-1 ve ERS-2 uyduları, Japonya'nın JERS-1 ve Kanada tarafından 1995 sonunda fırlatılan Radarsat ile birlikte yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Halen bu verilerin üzerinde birçok bilimsel proje, araştırma ve uygulamaya dönük çalışma devam etmektedir.

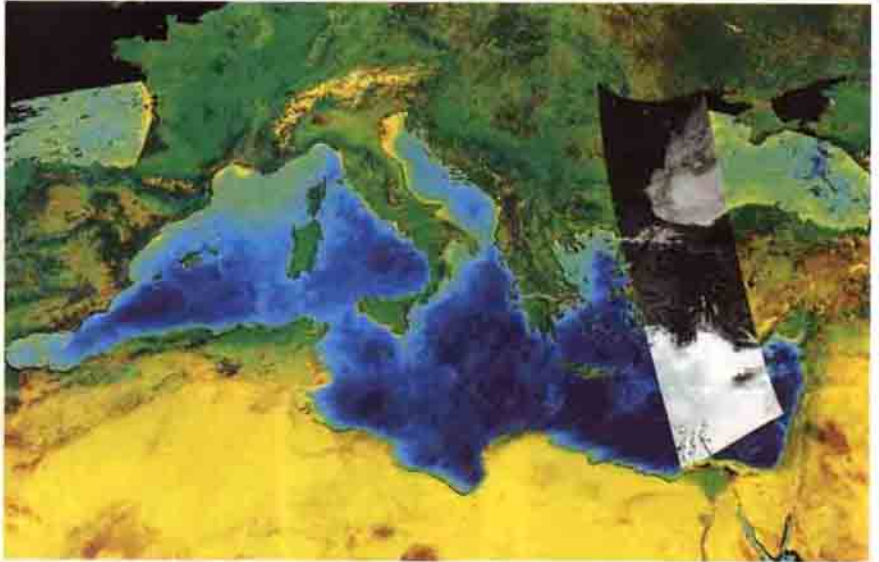
Elektromanyetik Radyasyon: Mikrodalgalar

ERS-1 radar anteninın gönderdiği mikrodalga sinyalleri yeryüzü ile etkişime girerek her yönde yansır. Antene geri dönen sinyallerin enerjisi

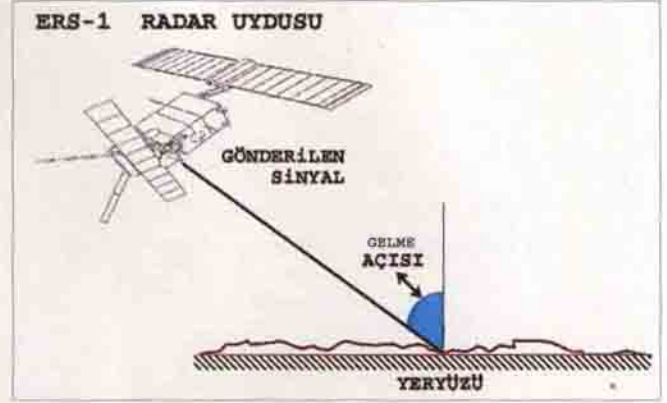
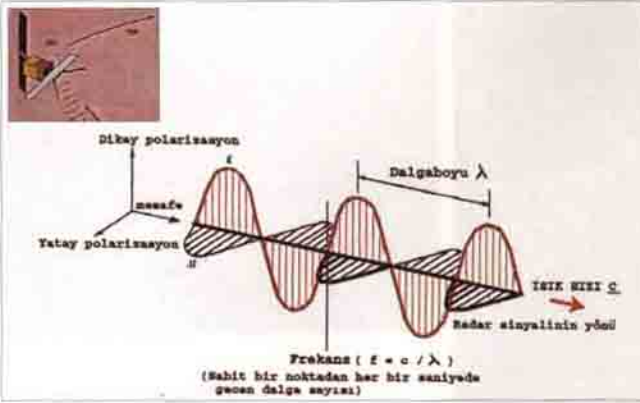
(radyasyon oranı olarak da tanımlanır) ve arada geçen zaman süresi hedef alan için hesaplanır. Elektromanyetik dalgalarla taşınan bu enerji, dalganın yönü, dalgaboyu, genliği, polarizasyonu ve fazı ile tanımlanır. Yeryüzü gözlemlerinde genellikle 1 cm ve 1m arasındaki mikrodalga bandları kullanılır.

Elektromanyetik Spektrum ve Dalgaboyu

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



3 farklı optik uydu algılayıcısı tarafından meydana getirilen bu fotoğrafta, renkler Akdeniz'i çevreleyen coğrafyadaki sıcaklık, klorofil konsantrasyonu ve bitki indeksini, siyah-beyaz kısım da sıcaklıktaki artışı göstermektedir.



ile yatay ve dikey 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, C_{HH}, C bandında (3 cm) yatay gönderilen sinyallerin (H) dikey olarak (V) geri alınmış olduğunu ve bu konfigürasyon üzerinden görüntünün meydana getirildiğini ifade etmektedir. Ay-

rica polarizasyon, yüzeyin farklı seviyelerinden bilgi edinilmesinde kullanılabilir. (Örneğin; bitki formları ve dağılımlarının anlaşılması)

3. Gelme Açısı

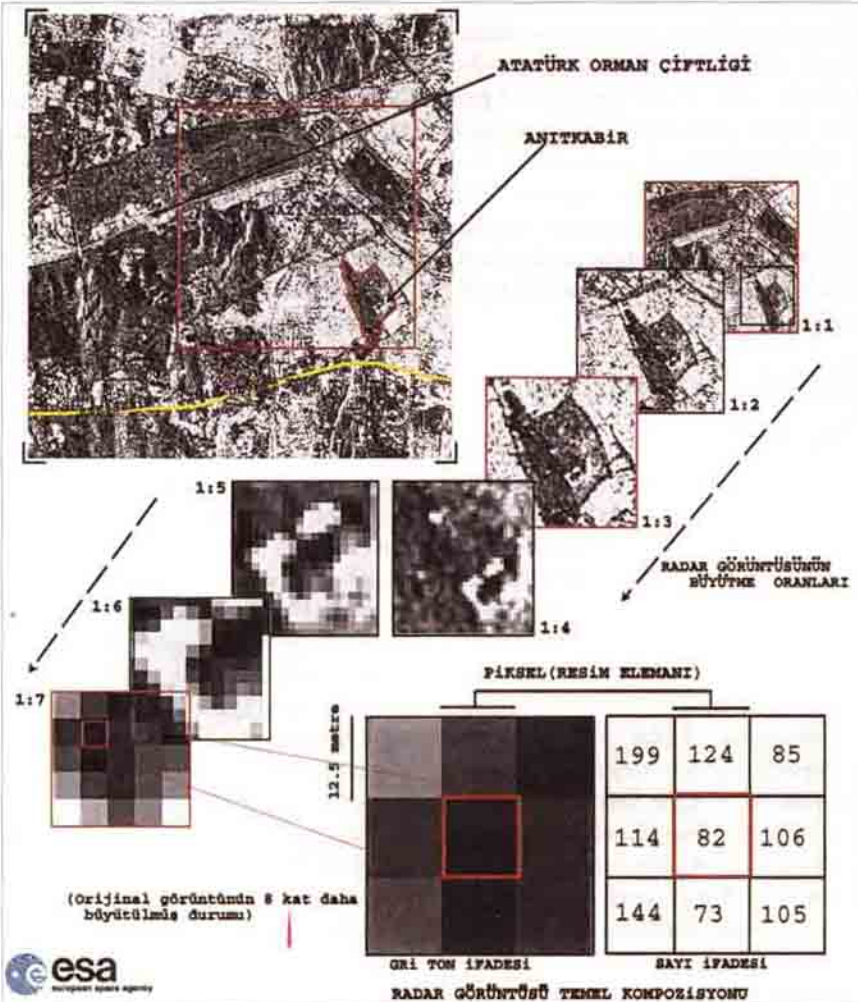
Bu açı, sinyallerin gönderilme yönü ve çarpma yüzeyinin normali arasındaki derece ile ifade edilir. Açının artması veya azalması yüzeydeki nesnelere yansıyan sinyallerin kuvvet değerlerinin de değişmesine neden olur.

4. Yüzeyin geometrisi ve pürüzlülük özelliği

Yüzeydeki pürüzlülük görece bir kavramdır ve radar anteni ile gönderilen mikrodalga sinyallerinin yüzeye yaptığı gelme açısıyla doğrudan ilişkilidir. Bu sinyaller yüzeyin geometrisi ve dielektrik özelliklerine bağlı olarak değişik yönlere 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 yansımaları fazlalaştırır, parlaklık artar ve neticede radar görüntüsünde açık gri tonlar belirli dokuda yaygın olarak gözükür.

5. Yüzeyin nemi ve ıslaklık özelliği

Yeryüzeyini kaplayan doğal örtü çeşitliliğinin (bitki-toprak, kayalar gibi) 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. Örneğin 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. Elekt-





Ankara'yı gösteren ERS-1 renkli radar görüntüsü.

romanyetik dalganın bir yüzeyin altına geçerek alt yüzeydeki nesneden yansiyabilmesi yüzeyin ıslaklık ve nem oranı ile ters orantılı olması anlamına gelir.

Radar Görüntüleme Sistemi Nedir?

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 merceği yardımıyla negatif film üzerine kayıt edilir. Radar sisteminde kameranın optik merceği ve filmi yerine radar anteni ve sayısal bilgisayar teypeleri kullanılarak hedefin görüntülenmesi yapılır.

Radar (Radio Detection and Ranging) 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 mikrodalgabo-

yları 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 sağlar. Yüzeyden yansıyan titreşimler sayısal kodlara çevrilir ve bilgisayarda işlemek üzere yüksek yoğunluktaki teyp bandlarına kayıt edilir.

Radar Görüntüsü Nedir?

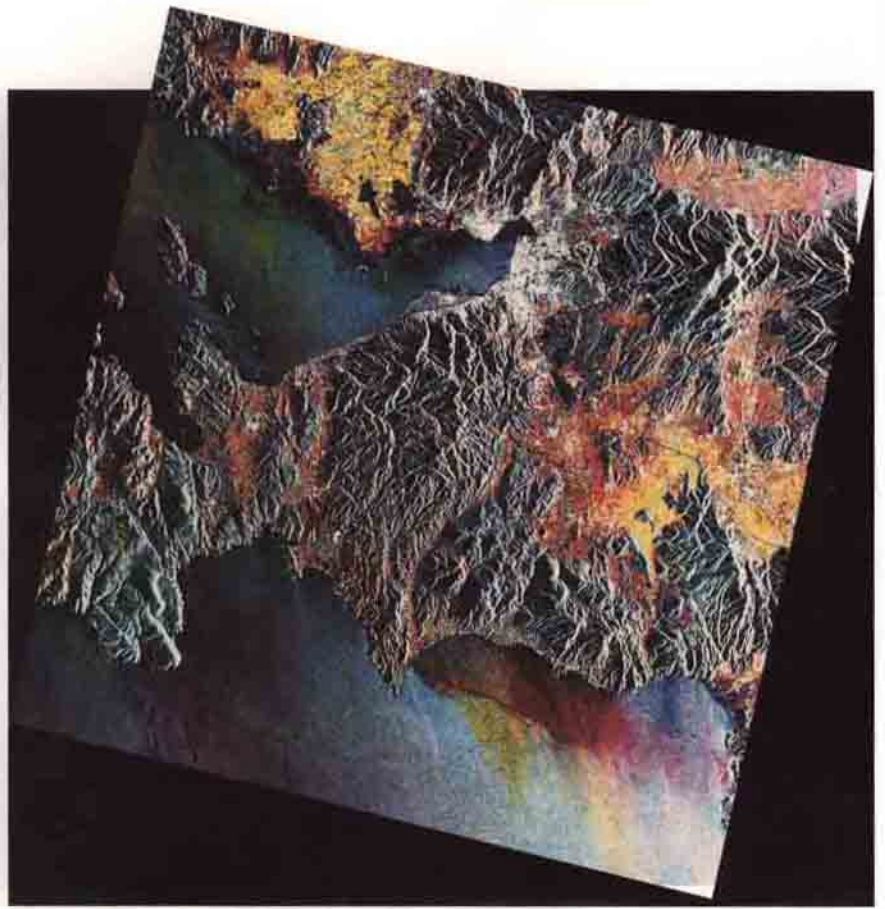
Sadeleştirilmiş anlamda radar görüntüsü belirli en ve boy aralığında tanımlanmış bir çok noktasal resim elemanından oluşan sayısal bir kompozisyonudur. Her resim elemanı (piksel olarak da ifade edilir) yüzey üzerindeki karşılığına denk düşen geri yansımanın sayısal kod değerlerinin bir ifadesidir. Radar 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. Dalgaboyundan 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 gözükürler. 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 yansıtırlar. Dolayısıyla radar görüntüsünde bu bölgeler karanlık gözükür. 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.

Bazı yüzeylere ise radar sinyalleri ulaşamaz. Bu tür yüzeyler genelde radar sisteminden bakıldığına göre yüksek dağlık bölgelerin arka kısımlarıdır ve tabiiyle karanlık gözükürler. Radar sinyalleri; caddeler, binalar,



Izmir Körfezi'ni gösteren bu ERS-1 renkli radar görüntüsü, 3 farklı mevsim içinde alınan görüntülerin kırmızı (ilkbahar), yeşil (yaz) ve mavi (kış) renk kombinasyonlarında üst üste sayısal olarak çakıştırılması ile meydana getirilmiştir.



insan yapımı düzgün şekilli yapılarda köşeli yüzeyler ile etkileşime girerler ve birden fazla kuvvetli geri yansıma aynı cisim üzerinde meydana gelir. Giden ve geri dönen sinyallerin kuvveti hemen hemen aynıdır ve beyaza yakın tonda aydınlanma verir. Otoyollar, şehirler arası karayolları düzgün yüzeylerdir ve karanlık gözükürler. Binalar şekilli ve köşe geometrisinde oldukları için geri yansıma yüksek kuvvette olur ve aydınlık gözükürler. Nemli ıslak alanlar açık tonda, kuru ve düzgün alanlar ise koyu karanlık tonda gözükür. Yapılan gözlemlerde eğer yüzey pürüzsüz ve düz ise nemli veya su ile kaplı dahi olsa sinyallerin geri yankılanmadığı ve yüzeyin karanlık yansıma verdiği gözlenmiştir.

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

Radar Görüntüsü Nasıl Yorumlanır?

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

Kullanıcının radar görüntüsünü yorumlarken yüzey nesnelere, olaylarını, oluşumlarını anlamada dikkatli olması gerekir. Yüzey engellerinin ve pürüzlülüklerinin artması, radar görüntüsündeki parlaklık derecesini (gri tonlama) artırır. Gölgeler gibi gözükürken alanlar güneş ışığının açısı ile değil radar sinyallerinin gönderilme açısı ile ilişkilidir. Gerçekte yüzey engellerinin geometrik yansımaları ifade eder.

Radar görüntüsünde yoğun olarak göze çarpan diğer önemli özellikler de, bir çok siyah beyaz ve gri tonlardaki tuz ve biber tanecek 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 in-

dirilmesi gerekir. Radar sinyallerinin etkisini 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.

Tamer Özalp

ESA/Avrupa Uzay Araştırmaları Enstitüsü

Kaynaklar
ESA, "ERS-1, European Remote Sensing Satellite", ESA, BR-36, 1989.
ESA, "Imaging Radar Applications in Europe", Illustrated Experimental Results (1978-1987), ESA TM-01, 1988
ESA, "Radar Imagery: Theory and Interpretation", Lecture Notes, 1993