



SERİ B  
SERIE

CİLT XXIII  
TOME

SAYI 2  
FASCICULE

1973

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
**ORMAN FAKÜLTESİ**  
**DERGİSİ**

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



## REMOTE SENSING

Yazan :

Dr. Alparslan AKÇA

### 1. Remote sensing nedir

Jeoloji, Hidroloji, Jeofizik, Meteoroloji, Oseonografi, Coğrafya, Madencilik, Ormancılık, Tarım v.s. gibi yer yüzü ve üzerindeki objelerle uğraşan bilimlerde, «REMOTE SENSING» deyimi ile son senelerde sık sık karşılaşılmaktadır. Birçok teknik eleman için şüphesiz çok yabancı bir deyim olan «remote sensing» ile aslında biz ormancılar uzun zamandan beri meşgul olmaktadır. İngilizcede uzaktan inceleme veya uzaktan algılama anlamına gelen bu terimden

«bir objenin uzaktan, yani ölçü veya inceleme aletlerinin veya kıymetlendiricinin (operatörün) obje ile doğrudan doğruya teması olmadan, bazı özelliklerinin ölçülmesi, anlamlandırılması ve sonuçlar çıkarılması»

anlaşılmaktadır. Yani memleketimiz amenajman çalışmalarında ötedenberi kullanılmakta olan hava fotoğraflarının değerlendirilmesi «remote sensing» tekniği içine girmektedir. Aynı şekilde hava fotoğraflarının topoğrafik harita yapmak için değerlendirilmesi (Topoğrafik Aerofotogrametri) de bu tekniğin uzun zamandan beri uygulanan bir dalını teşkil etmektedir.

«Remote sensing» tekniğinden objelerin bizzat yaydığı (emisyon = radyasyon), yansıttığı (remisyon), emdiği (absorbsiyon) veya içinden geçirdiği (transmisyon) ve çeşitli aletler ile saptanabilen bazı özelliklerinden faydalanılır.

Bunlar

- a) Kuvvet alanları (manyetik alanlar, ağırlık alanları vs.)
- b) Elektromanyetik ışınlar
- c) Akustik enerji
- d) Radyoaktiflik

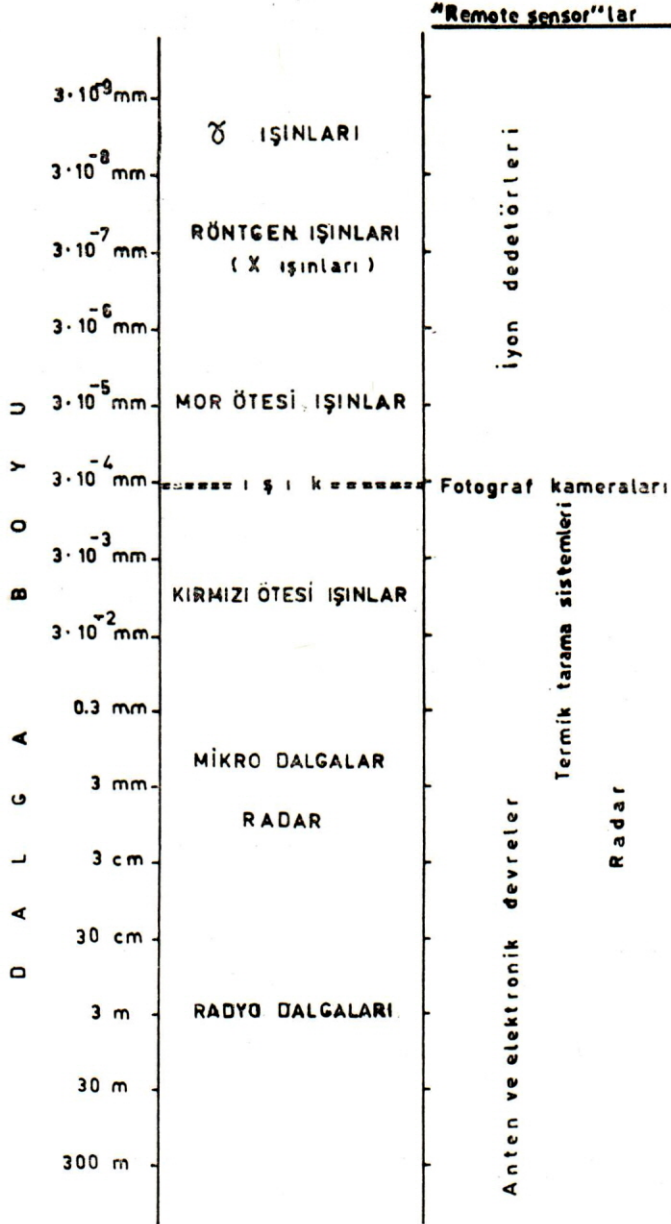
olmak üzere dört grupta toplanabilir (Haefner, 1966). Ormancılık, ziraat, jeoloji ve coğrafya gibi bilimlerde şimdilik sadece elektromanyetik ışınlardan faydalanma sözkonusudur. Bu nedenle burada sadece bu ışınlardan istifade eden «remote sensing» metotları «remote sensor» lar üzerinde durulacaktır.

## 2. Elektromanyetik ışınlar spektrumu

Elektromanyetik ışınlar, elektromanyetik alanın durumunda alternatif akımlar dolayısıyla husule gelen değişikliklerin, elektromanyetik salınımlar şeklinde etrafa yayılması ile doğarlar. Yayılım hızları da sanyede yaklaşık olarak 300.000 km dir.

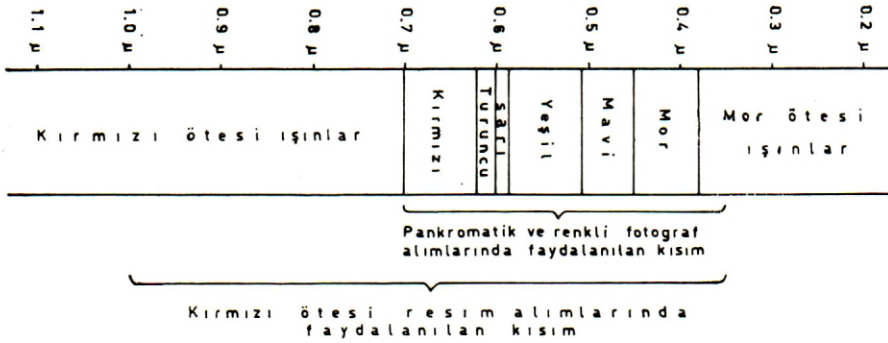
Elektromanyetik ışınlar spektrumu incelendiği takdirde (şekil 1) fotoğrafik alımlar ile spektrumun ancak pek küçük bir kısmından faydalanıldığı görülmektedir.

Bilindiği gibi gözle görülebilen ışınlar aşağı yukarı  $0.38 \mu$  dalga boyundan itibaren mor renk ile başlamakta yeşil, sarı ve portakal rengi üzerinden yaklaşık olarak  $0.70 \mu$  dalga boyuna kadar uzanan kırmızı ışınlarda sona ermektedir (Şekil 2). Hava fotoğrafçılığında halen en çok kullanılmakta olan pankromatik filimlerin hassasiyetleri de bu aralık içinde kalmaktadır. Ayrıca kırmızı ötesi ışınlara hassas filim emülsiyonları kullanmak suretiyle yakın kırmızı ötesi ışınlardan da faydalanılmakta ve halen pratik amaçlarla fotoğrafçılıkta kullanılmakta olan spektrumu,  $1.00 \mu$  (veya çok özel emülsiyonlar ile  $1.30 \mu$ ) dalga boyundaki ışınlar kadar uzatmak mümkün olmaktadır. Fakat buna rağmen pankromatik siyah - beyaz, normal renkli, kırmızı ötesi siyah-beyaz veya kırmızı ötesi renkli hava fotoğrafları ile, yine de elektromanyetik spektrumun pek az bir kısmından istifade edilmektedir. Halbuki elektromanyetik ışınlar spektrumu mikronun on milyonda birinden daha küçük dalga boylarına sahip gama ışınlarından kilometreler boyundaki radyo dalgalarına kadar uzanmaktadır. Bu nedenle askerî amaçlar ve uzay araştırmalarının öncülüğünde elektromanyetik salınımlar spektrumunun, fotoğrafçılıkta istifade edilen ışınların dışında kalan kısmından da faydalanma olanakları araştırılmış ve bazı sistemler geliştirilmiş bulunmaktadır. Son senelerde bu yeni sistemlerin sivil işlerde (özellikle Amerika Birleşik Devletlerinde) kullanılmasına başlanmış ve bu amaçla askerî makamlara bağlı teknik bürolar ve uzay araştırma enstitüleri, sivil teşkilâtlar ile sıkı bir işbirliğine girmiş bulunmaktadırlar. Amerika Birleşik Devletlerinde NASA (National Aeronautics and Space Administration =



Şekil 1. Elektromanyetik ışınlar spektromu

Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi) tarafından yeryüzü doğal kaynaklarını gözleme ve inceleme uyduları serisinden 1972 ve 1973 seneleri için ERTS (Earth Resources Technology Satellites) ve SYKLAB (Gök laboratuvarı) projeleri plânlanmış ve uygulamaya geçilmiştir. Hedef, uygun sensorların yapımı, elde edilen materyalden bilgi toplama ve en-terpretasyon tekniğinin geliştirilmesidir. NASA yöneticileri Amerika Birleşik Devletleri dışında diğer ülkelerin bilim adamlarını da bu pro-jeye katılmaya çağırmaktadır. Yeni sistemlerin ormancılık dahil sivil amaçlarla kullanılması büyük bir hızla yayılmaktadır. Bu arada IUFRO nun 25 inci seksiyonu içinde «remote sensor» ların ormancılığa uyu-lanması adı altında bir çalışma grubu kurulmuş ve 1971 senesinde Flo-rida'da (ABD) toplanan IUFRO Kongresinde ana konferanslardan bi-ri bu landa verilmiş bulunmaktadır (Hildebrandt, 1970).



Şekil 2.

Memleketimizde de «remote sensing» konusunda ön çalışmalar baş- lamıştır. Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumunun desteği ile bir çalış- ma grubu kurulmuş ve 1971 baharında Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan «Earths Resources Survey» konferanslarına Türkiye'den de de- legeler katılmıştır. Yine aynı yılın yazında Ankara'da CENTO üyesi milletlerin delegelerinin katılmasıyla aydınlatıcı konferanslar verilmiş bulunmaktadır.

Bu nedenle memleketimizde yer yüzü ve üzerindeki objelerle uğra- şan ormancı meslektaşlarımızın, jeologların, coğrafyacıların, jeofizik- çilerin ve ziraatçıların hızla gelişen «remote sensing» sistemlerini tanı- malarında fayda vardır. Yalnız hemen belirtmek gerekir ki, bu satır-

ların yazarı «remote sensing» tekniğindeki hızlı gelişmeyi takip edecek olanaklara tam sahip olmadığı gibi vereceği bilgilerin eksiksiz olacağı iddiasında da değildir. Esasen «remote sensing» sistemlerini kuran ve geliştiren teknik elemanlar ile bu teknikten kendi alanlarında faydalanma olanakları arayan bizler arasında kapanması pek kolay olmıyan bir uçurum bulunmaktadır. Yeni «remote sensing» sistemlerinin kullanılması ve ürünlerinin doğru olarak değerlendirilmesi büyük ölçüde teknik ve fizik bilgisini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca bu sistemleri kuran ve geliştirenler de onlardan istifade edecek olan bizlerin arzu ve problemlerini yeteri kadar tanımamaktadırlar. Bu yüzden aletlerin o yönde geliştirilmesinde zorluklar çıkmaktadır.

Fakat her şeye rağmen bu alandaki gelişmeyi titizlikle takip etmek, mevcut ve ortaya çıkacak olanaklardan faydalanma yollarını aramak, teknoloji yarışına çıkmış dünyamızda yerinde bir hareket olacaktır. Ayrıca şu anda çok karışık gibi görünen bu aletlerin ve sistemlerin zamanla basitleştirilmesi, bizlerin ve bizim gibilerin kullanıp faydalanabileceği duruma getirilmesi beklenmektedir. Nitekim Amerika Birleşik Devletlerinde NASA ile beraber çalışmakta olan ormancılar tarafından aşağıda bahsedeceğimiz yeni sistemlerden bazıları denenmekte ve kullanılmaktadır. (Committee on Remote Sensing for agriculture purposes, National Research on Council, 1970).

### 3. Remote sensing sistemleri

«Remote sensing» sistemlerinde elektromanyetik ışınlar spektrumunun bütün dalga boylarındaki ışınlarından faydalanma sözkonusudur. Bu ışınların yeryüzündeki objeler tarafından bizzat yayılmaları (emisyon veya radyasyon), gelen ışınların selektif olarak geriye yansıtılmaları, (remisyon), geçirilmeleri (transmisyon) veya emilmeleri (absorbsiyon), kameralar, kırmızı ötesi dedektörler, mikro dalga alıcıları ve radar sistemleri ile tesbit edilmektedir. Buna göre halen pratikte elektromanyetik ışınlardan istifade eden «remote sensing» sistemleri

- a) Fotoğrafik sistemler
- b) Uzak kırmızı ötesi ışınları tesbit eden sistemler (Termik resimler)
- c) Mikrodalga alıcıları
- d) Radar sistemleri

olarak dört grupta özetlenebilirler.

### a) Fotoğrafik sistemler

Bu sistem en eski «remote sensing» sistemi olarak ötedenberi kullanılmaktadır. Yer yüzünden ve üzerindeki objelerden selektif olarak yansıtılan ve insan gözüyle görülebilen ışınlar ve aynı zamanda gözle görülmeyen yakın kırmızı ötesi ışınlar ( $0.38 \mu$  ile  $1.3 \mu$  arasında dalga boylarına sahip ışınlar) kameralar yardımı ile fotoğrafik emülsiyonlar üzerine doğrudan doğruya tesbit edilir. Bunlardan pankromatik ve kırmızı ötesi siyah - beyaz ve normal renkli hava fotoğrafları klasik «remote sensing» sistemlerine dahil olup haklarında Türkçe'de de geniş literatür bilgisi mevcut bulunmaktadır (Eraslan, 1971) ve bu yazıya konu teşkil etmemektedirler. Buna karşılık «kırmızı ötesi renkli resimler» ile «çok bantlı alımlar», bunların özellikle ormancılık, tarım ve toprak ilimlerinde son senelerde kazandıkları büyük önem de göz önüne alınarak incelenecektir.

*Kırmızı ötesi renkli resimler (false color pictures = Falschfarbenbilder).* Gözle görünmeyen yakın kırmızı ötesi ışınlardan (dalga boyları  $0.7 \mu$  dan  $1.0 \mu$  ya kadar) faydalanmak suretiyle kuvvetli kontrastlar elde etmek ve çeşitli objelerin tanınmalarını imkân dahiline sokmak amacıyla renkli fotoğrafçılıkta yeni bir metot geliştirilmiştir. Bu husustaki çalışmalar, ikinci dünya harbi sırasında suni yeşil ve kesilmiş dallarla yapılan kamuflajları tesbit için başlamıştır. Kırmızı ötesi ışınların remisyon ve transmisyonlarının bitkilerin hayatiyetlerini iyi bir şekilde aksettirmesi böyle bir metoda olanak hazırlamıştır.

Resim üzerindeki renkler, alımı yapılan sahanın renklerinden farklı olduğu için bu ışınlardan faydalanılarak çekilen resimlere «yalancı renkli resimler» (False color pictures = Falschfarbenbilder) adı da verilmektedir. Halen kullanılmakta olan kırmızı ötesi renkli filminden «Kodak Ektachrome Infrared» kırmızı ötesi, yeşil ve kırmızı ışınlara duyarlı üç tabakadan (Şekil 3 B), Spektrozonalfilm SN - 2 de kırmızı ötesi ve yeşile karşı duyarlı iki tabakadan müteşekkildir.

Buna karşı çok tabakalı «normal» renkli film, örneğin «Kodak Ektachrome Aero Film» mavi, yeşil ve kırmızı ışınlara duyarlı üç tabakaya sahiptir. Poz vermeden sonra banyo esnasında mavi ışınların tesbit edildiği tabakada mavinin komplementar (tamamlayıcı) rengi sarı pozitif resim ortaya çıkar. Aynı şekilde yeşil ve kırmızı ışınlara duyarlı tabakalarda da bunların komplementar renkleri olan erguvan ve mavi yeşil pozitif resimler belirir (Şekil 3 A). Üst üste olan üç resmin karışımı olarak da «normal» renkli fotoğraf ortaya çıkar. Yani bu fotoğraflar üzerinde objeler tabiattaki renklerine uygun olarak görülürler.

Kırmızı ötesi renkli filmde ise poz verildikten sonra banyo sırasında duyarlı tabakalarda spektral kısımdaki komplementar renk yerine kontrastı artırmak için başka renkler oluşturulur. Böylece objeler hava fotoğraflarında tabiattaki gerçek renklerinden farklı renklerde görünürler. Kırmızı ötesi ışınlar karşı hassas olan bir renkli filmde renklerin doğada oldukları gibi verilmeleri esasen mümkün değildir. Zira bilindiği gibi yalancı renkli filimin kaydettiği kırmızı ötesi ışınlar insan gözüne etki etmezler.

(A)	
Çekimde	Banyodan sonra
Mavi ışınlar duyarlı	Sarı pozitif resim
Yeşil ışınlar duyarlı	Erguvan pozitif resim
Kırmızı ışınlar duyarlı	Mavi-yeşil pozitif resim
B A Z	B A Z

Filtre

(B)	
Çekimde	Banyodan sonra
Kırmızı ötesi ışınlar duyarlı	Mavi-yeşil pozitif resim
Yeşil ışınlar duyarlı	Sarı pozitif resim
Kırmızı ışınlar duyarlı	Erguvan pozitif resim
B A Z	B A Z

Şekil 3. A : Çok tabakalı bir renkli filimin (Kodak Ektachrome Aero Film)  
 B : Kırmızı ötesi renkli filimin (Kodak Ektachrome Infrared Aero Film) şematik olarak görünüşleri.

Renkli filmde mavi tabakanın altındaki filitre mavi ve daha küçük dalga boylu ışınların alt tabakalara ulaşmasını önler. Çekim esnasında mavi ışınlar birinci tabakada, yeşil ve kırmızı ışınlar da iki ve üçüncü tabakalarda tesbit edilirler. Banyo esnasında mavi ışınları saptamış olan tabaka sarı, yeşil ışınlar duyarlı tabaka erguvan ve kırmızı ışınlar duyarlı tabaka mavi - yeşil renklere boyanır.

Kırmızı ötesi renkli filmde ise mavi ışınlar duyarlı tabakanın yerini kırmızı ötesi ışınlar duyarlı bir tabaka almıştır. Çekimden son-



ra banyo esnasında kırmızı ötesi ışınları saptamış olan tabaka mavi-yeşil renk ile, yeşil ışınlara duyarlı tabaka sarı renk ile ve kırmızı ışınlara duyarlı olanı da erguvan rengi ile boyanır (Tarkington/Sorem, 1963).

Ormanlık yönünden yalancı renkli resimlerde kontrastın artması, renkli resimler üzerinde zaten kolaylaşmış olan ağaç türlerinin tanınmasını, meşcerelerin sınırlandırılmasını, sınıflandırılmasını, meşcere bonitet sınıflarının belirtilmesini vs. yi daha da kolaylaştırır. Ayrıca kırmızı ötesi ışınların remisyon ve transmisyonları bitkilerin hayatiyetlerini çok iyi karakterize ettiği için yalancı renkli resimler üzerinde hastalanmış veya gaz zararı görmüş bitki topluluklarında hasta veya zarar görmüş fertlerin tesbitleri, sınırlandırılmaları imkân dahiline girer (Hildebrandt/Kenneweg, 1968).

«Extachrome Infrared» filim üzerinde yazın yapılan alımlarda ağaçlar, türlere ve kullanılan filtreye göre değişmek üzere açık kırmızı ile mor arasında değişen renklerde görülmektedirler. Sonbaharda ise yapraklarını döken ağaçların resmine sarı ve yeşil renkler katılmaktadır. Ağaçlarda böcek, gaz vs. zararları bahis konusu olursa renkler kırmızıdan başlayarak yeşilimsi, mavimsi renklere doğru değişir. Ölmüş ağaçlar ise parlak yeşil olarak görünmektedirler (Hildebrandt/Kenneweg, 1968). Ağaçlardaki zarar derecelerini kolorimetre ve densitometre ölçmeleri ile objektif olarak ifade etmek te mümkündür (Steiner, Maurer, Kilchenmann, 1966; Doverspike, Flynn, Heller, 1965; Akça, 1971).

Federal Almanya'nın Ruhr endüstri mntikasında özellikle klor ihtiva eden fabrika dumanlarından zarar gören orman mntikalarını tesbit için Freiburg Üniversitesi Orman Fakültesinde halen devam eden geniş çaplı bir araştırma yapılmaktadır. Sağlam görünüşlü, fakat gaz zararına uğramış ve canlılıklarını kaybetmekte olan ağaçları, meşcere parçaları ve meşcereleri ayırmak bunların yerlerini mevcut haritalara geçirmek suretiyle ormanların ve dolayısıyla orman sahiplerinin fabrika dumanlarından uğradıkları zarar tesbit edilmektedir (Kenneweg, 1973).

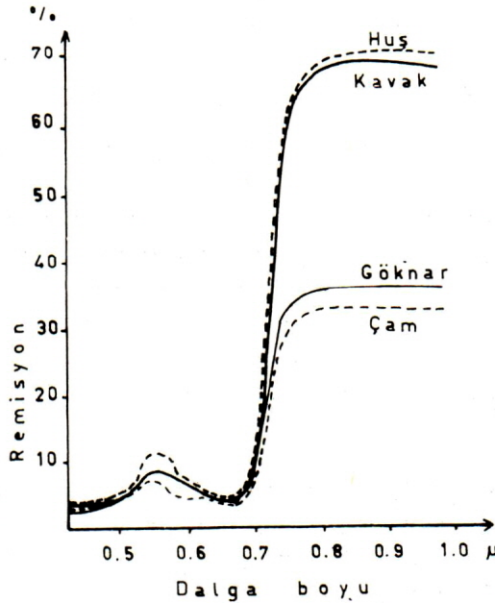
Aynı şekilde uydular ile yapılan kırmızı ötesi renkli alımlar üzerinde, kırmızı ötesi ışınların canlı, cansız farkını çok iyi aksettirmesi ve atmosfer tabakasındaki bulanıklıktan gözle görülebilen ışınlara nazaran daha az etkilenmesi nedenleriyle tarım sahalarının geniş alanlar üzerinde süratle tanınmaları, sınırlandırılmaları ve envanterleri mümkün olmaktadır

Kırmızı ötesi renkli alımların ormancılık, tarım, jeoloji vs. gibi bir

çok alanlarda uygulama olanakları üzerinde devam etmekte olan araştırmaların yeni kullanım yerleri açması, ve bu sistemin teknik ve mâli yönlerden sınırlı olanaklara sahip ülkelerde de faydalanılabilecek bir duruma getirilmesi beklenmektedir.

*Çok bantlı alımlar (=Multiband photography = Multispektral imageri = Multiband -- Aufnahmen)*

Son seenlerde yine Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilen diğer bir fotoğrafik sistem de çok bantlı alımlardır. Burada amaç, bir fotoğrafik filim emulsiyonunun duyarlılık spektrumundan dar kesitler almak suretiyle belirli bir objenin, resim üzerinde civarından keskin bir kontrast ile ayrılmasını temindir. Örneğin filim üzerine sadece bir rengin tesbiti gibi. Şekil 4 te Huş, Titrek Kavak, Gök nar ve Çam'a ait remisyon eğrileri görülmektedir. Yani bu dört ağaç türünde yaprak veya ibrelerin gözle görülen ışınlar ile yakın kırmızı ötesi ışınlar spektrumundaki ışınları geriye yansıtma yüzdeleri grafik olarak gösterilmiştir. Dalga boyları  $0.5 \mu$  (mor ve mavi ışınlar) a kadar olan ışınların yansıtma yüzdeleri her dört ağaç türünde de aynı olmasına rağmen, dalga boyu  $0.55 \mu$  dan  $0.60 \mu$  a kadar olan ışınlarda (yeşil ve sarı) Huş, Tit-



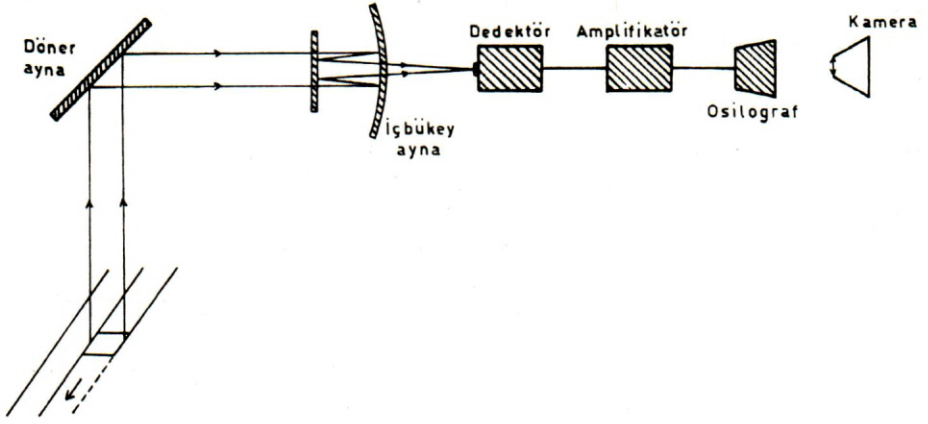
Şekil 4. Huş, Titrek Kavak, Gök nar ve Çama ait 1951 yazında tesbit edilen remisyon eğrileri (Backström und Welander).

rek Kavak - Gökmar ve Çam'da farklı remisyon değerleri görülmektedir. Bu farklılaşma dalga boyunun  $0.80 \mu$  u geçtiği kırmızı ötesi ışınlarda daha da belirli bir duruma girmektedir. Şayet film üzerinde sadece objelerin remisyon farklılaşmalarının maksimum olduğu spektral kısımlara ait ışınlar tesbit edilebilirse, bu objelerin hava fotoğraflarında birbirlerinden ayrılmaları garanti altına alınmış olur. Bu iş, yani hava fotoğrafları ile spektrumdan belirli kesitler almak, uygun film - filtre - kombinasyonları veya interferenz filtreler kullanmak suretiyle muhtelif şekillerde mümkündür.

En basit yol olarak, uçağa iki veya daha fazla kamera yerleştirmek ve her kamerada da uygun film - filtre - kombinasyonu kullanmak tavsiye edilebilir. Uçuş esnasında paralel bağlanmış bu kameralar yardımı ile aynı anda yer yüzüne ait resimler çekilir.

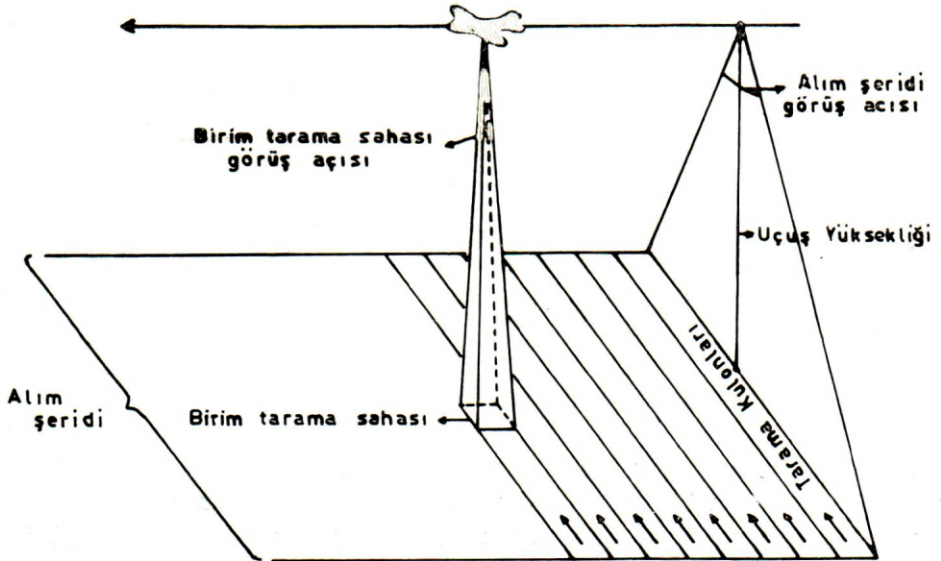
Birinci yolda uçağa konacak kameraların sayısı uçağın büyüklüğü ile sınırlı olduğu gibi, yüksek bir mâli külfet de şart koşulmaktadır. Zira bu kameralar hem oldukça büyük hem de bildiğimiz kameralar ile mukayese edilemeyecek kadar pahalıdır. Bunun yerine «Multispektral Aerial Camera Mark I» ve «İTEK 9 Linsen Multiband Kammer» de olduğu gibi çok mercekli kameralar yapılmıştır. Mark I ile mavi, yeşil, kırmızı ve kırmızı ötesi ışınlar aynı anda dört ayrı resim üzerinde tesbit edilebilmektedir. Diğerleri ile ise spektrumun  $0.30 \mu$  ile  $1.10 \mu$  arasında kalan kısmından çeşitli dalga boylarında 9 adet alım aynı anda yapılabilmektedir. Burada ve bundan önce tavsiye edilen metottaki en önemli sakınca, tam anlamıyla birbirinin aynı olan mercek yapmadaki imkânsızlıktır. Odak uzaklıklarındaki küçük farklar ve merceklerdeki düzeltilemeyen deformasyonlar fotoğraf ölçeklerinde ve görüntülerde küçük farklara sebep olur. Bu da, mukayeseli enterpretasyonu zorlaştırmaktadır (Olson, 1970).

Son yıllarda geliştirilen diğer çok bantlı bir alım sistemi de «Multispektral hat tarayıcılarıdır (Multispektral line scanner)». Fotoğrafik spektral hat tarayıcıları aslında «uzak kırmızı ötesi ışınları tesbit eden sistemler» in geliştirilmiş şeklidir. Fakat bu sistem ile gözle görülebilen ışınlar da tesbit edildiği için buraya dahil edilmiştir. Hat tarama sistemlerinde fotoğraf kamerasının yerini bir normal ayna, bir iç bükey ayna ve bir dedektör (spektrometre) almıştır. Dedektör iç bükey aynanın odak noktasında bulunur ve burada gelen ışık enerjisi elektrik enerjisine çevrilerek bir amplifikatör üzerinden kuvvetlendirilerek ya manyetik bantlara kaydedilir veya bir osilograf (örneğin bir televizyon alıcısı) na gelerek gözle görülebilen bir resime dönüştürülür (Şekil 5). Uçuş esnasında normal ayna bir motor tarafından döndürülerek ara-



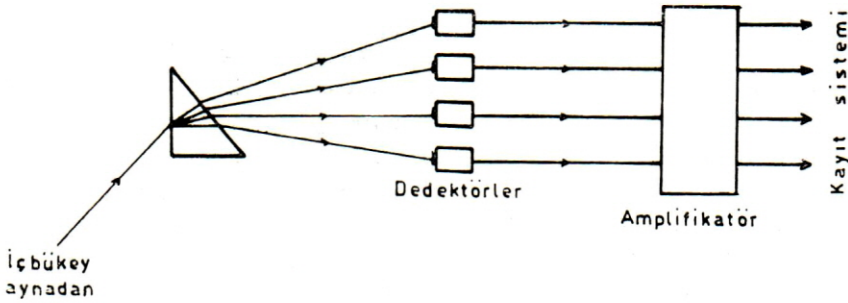
Şekil 5. Basit bir hat tarama sistemi.

zinin şeritler şeklinde taranması temin edilir (Şekil 6). Multispektral tarayıcılarda ise iç bükey aynanın odak noktasında dedektör yerine bir prizma veya ışığı dalga boylarına göre dağıtan bir sistem bulunur (Şekil 7). Gelen ışınlar prizmada veya dağıtıcı sistemde muhtelif dalga boylarına ayrılarak uygun dedektörlere dağıtılır ve burada elektrik



Şekil 6. Hat tarama sisteminde alım tekniği.

enerjisine çevrilir. Bundan sonrası yukarıda izah edilen hat tarama sistemlerinde olduğu gibidir. Halen 12, 18 ve 24 kanallı tarayıcılar pratikte kullanılmaktadır (Olson, 1970; Gunter, 1972). Çok bantlı alımlar metodu ile ormancılık, ziraat, biyoloji sahalarında münferit türlerin tanınmaları, dağılımlarının tesbiti, yetiştirme muhiti farklılıkları ve arazi kullanma sistemlerinin tesbiti, bitki hastalıklarının tesbiti, vejetasyona dayanarak toprak şartlarının, toprak tiplerinin, fosil toprakların tesbiti vs. imkân dahiline girmektedir.



Şekil 7. Multi spektral hat tarama sisteminde ışınların dalga boylarına göre ayrılması ve uygun dedektörlere sevkinin şematik görünüşü

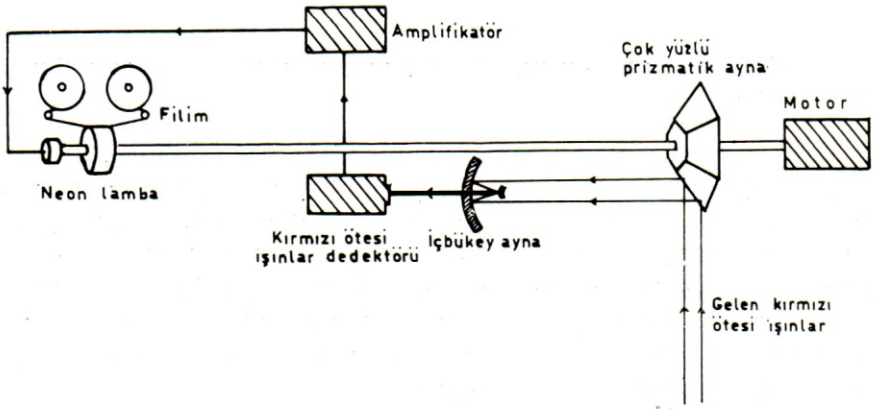
b) Orta ve uzak kırmızı ötesi ışınları tesbit eden sistemler (Termik resimler).

Kırmızı ötesi ışınlar kırmızı ışıklardan hemen sonra başlamakta ve dalga boyları  $0.7 \mu$  dan  $0.3 \text{ mm}$  ye kadar uzanmaktadır. Bilinen siyah-beyaz ve renkli kırmızı ötesi emülsiyonlar ile bu ışıklardan  $1.0 \mu$  dalga boyuna (özel emülsiyonlar ile  $1.3 \mu$ ) kadar olanları bir kamera yardımı ile doğrudan doğruya fotografik film üzerine tesbit edilmektedir. Bu şekilde alınan resimleri, Amerikalılar IR-Imagery (= Kırmızı ötesi görüntü) adını vererek, gözle görülen ışınlar yardımı ile alınan normal fotoğraflardan ayırmaktadırlar.

Dalga boyları  $1.5 \mu$  dan büyük olan kırmızı ötesi ışınlar orta ve uzak kırmızı ötesi ışınları adını almaktadırlar. Diğer bir deyimle bunlara ısı ışınları da denir. Bilindiği gibi mutlak sıfır ( $-273^\circ \text{C}$ ) üzerinde bir sıcaklığa sahip her cisim ısı ışınları yayar. Güneş ışınları içinde de mevcut olan bu ışınların yansıma kabiliyetleri dalga boylarının büyümesi ile azalır ve  $3 \mu$  dan sonra da ışın yayma kabiliyeti (emisyon = radyasyon) hakim olur. Yani cisimler tarafından emilen bu ışınlar, ışıma şeklinde tekrar geriye verilir.

Isı ışınlarında diğer bir husus da bu ışınların atmosfer tabakasındaki su ve karbondioksit molekülleri tarafından selektif olarak emilmesidir. Parker (1963) e göre  $7\mu$  ile  $14\mu$  arasında dalga boylarına sahip kırmızı ötesi ışınlar atmosfer tabakasıncı en az emilmektedir.

Yukarıda kısaca özetlenen orta ve uzak kırmızı ötesi ışınlar yakın kırmızı ötesi ışınların aksine bir kamera yardımı ile doğrudan doğruya fotoğrafik bir filim üzerine tesbit edilemezler. Ancak bir uçak içine yerleştirilmiş ve bir önceki kısımda kısaca anlatılmış bulunan hat tarama sistemlerine benzer bir sistemle yakalanır, ortaya çıkan enerji gözle görülen ışınlara çevrilerek yine uçakta bulunan bir sistem ile normal bir filim üzerine tesbit edilir. Şekil 8 de görüldüğü gibi bir motor ile döndürülen çok yüzlü bir ayna vasıtasıyla arazi taranır. Çeşitli cisimlerin ısı derecelerine ve yapılarına göre yaydıkları ışınlar (emisyon) ayna ile yakalanır ve bir optik sistemin yardımı ile de yansıtılarak dedektöre iletilir. Gelen enerji, dedektör tarafından elektrik enerjisine çevrilir ve bir kuvvetlendirici üzerinden neon lambasına ulaşır. Burada gözle görülebilen ışınlar haline dönüştürülen bu enerji normal bir siyah-beyaz filim üzerine düşürülerek «vasıtalı kırmızı ötesi resimler» veya diğer bir deyimle «termik resimler» elde edilir.



Şekil 8. Bir kırmızı ötesi ışınlar (termik) tarayıcısının şeması (Haefner, 1966)

Burada önemli olan, uçuş hızına, arazi üzerindeki uçuş yüksekliğine ve birim tarama sahasının görüş açısının büyüklüğüne göre aynanın rotasyonunun ayarlanmasıdır. Bu iş, düz arazide kolay olduğu halde arızalı arazide zorluklar gösterir. Özel olarak geliştirilen hız - yükseklik hesaplayıcıları ile bu problem çözülmüştür. Bunlar tarama

aletinin dönüş hızını, arazinin topoğrafik yapısına göre otomatik olarak ayarlar.

Vasıtalı kırmızı ötesi resimlerin, değerlendirilmesinde çok önemli olan ayrıntı verme yetenekleri, tarama aletinin birim tarama sahasının görüş açısı ile sınırlıdır (Şekil 6). Görüş açısı 0.03 radyan kadar küçük olan aletler pratikte halen kullanılmaktadır. Fakat bunun da altına inilerek tarama sahası görüş açısı 0.001 radyana kadar küçültülmeye çalışılmaktadır (Haefner, 1966). Halen pratikte kullanılan kırmızı ötesi ışınları tesbit eden sistemlerle alınan termik resimlerin detay verme yetenekleri hakkında bir fikir vermek üzere aşağıdaki örneği verelim:

10 km yükseklikten alınmış böyle bir resimde ancak 10 x 10 m büyüklükteki detaylar birbirlerinden ayrılabilir. Buna karşı yine aynı yükseklikten bir kamera ile ( $f = 155$  mm) normal pankromatik bir film üzerine alınan fotoğraflar da 2.2 m lik detaylar ayırdedilebilmektedir.

Sonuç olarak termik resimlerin detay verme yeteneklerinin normal bir pankromatik filimin çok altında olduğu görülmektedir. Oysa bazı pankromatik filimlerin uygun şartlar altında detay verme yetenekleri yukarıdaki filminden çok daha yukarıdadır.

Termik resimlerin enterpretasyonu bazı özelliklere sahiptir. Gün boyunca yer yüzünün ve üzerindeki objelerin sıcaklıkları, güneşin yüksekliği, bakı, rüzgâr durumu vs. gibi bir çok sebeplerle değişiklikler gösterir. Termik resimler için en iyi alım zamanı olarak güneşin hemen batışından sonraki saatler verilmektedir. Zira bu saatlerde bütün gün boyunca emilen güneş enerjisi en ayrıntılı bir şekilde tekrar geriye verilmektedir. Enterpretasyon bakımından değerlendiricinin unutmıyacağı bir husus da bu resimlerdeki gri tonların normal siyah-beyaz hava fotoğraflarından çok farklı ilişkilere bağlı olduğudur. Örneğin su yüzeyleri termik ışın radyasyonunun düşüklüğü dolayısıyla açık beyaz ton ile, stabilize yollar ve beton pistler ise koyu siyah tonda görünürler. Enterpretasyon kriterleri için geniş çapta, günün çeşitli saatlerinde ve yine bütün hava şartlarında yapılmış alımların incelenmesi zorunludur.

Termik resimlerin alım sırasında güneş ışığına ihtiyaç göstermemesi, sisli ve az bulutlu havalarda çalışılabilmesi ve alım aletinin nisbeten basit yapısı son senelerde bunların pratikte kullanılmasını hızlı bir şekilde artırmıştır. Başta askerî amaçlarla olmak üzere (bir-

liklerin durumu, endüstri alanlarının tesbiti, orman içinden yapılan atışların yerlerinin saptanması vs. gibi) meteoroloji, hidroloji, jeoloji, pedoloji, madencilik sahalarında kullanılmakta ve yeni kullanım olanakları aranmaktadır.

Ormancılıkta da henüz araştırma safhasında olmasına rağmen geniş kullanım olanakları mevcut bulunmaktadır. Örneğin, orman yangınlarında yangın yerinin lokalize edilmesi, gidişin tesbiti, duman teşekkülü sebebi ile ateşin görülmediği yerlerde yangın merkezlerinin saptanması gibi işlerde kullanılmaktadır. Orman içindeki hayvansal varlıkların envanterinde de termik resimler uygulanmaktadır. (Schürholz, G., 1972). Orman içindeki büyük ve küçük baş hayvanlar ile kuşların vücut ısıları dolayısıyla yer yüzü ve üzerindeki diğer objelere göre bilhassa geceleyin daha yüksek ısıya sahip olmaları bunların termik alımlar üzerinde iyi bir kontrast ile çevrelerinden ayrılmasını sağlar.

Toprak yapısı ve rutubetin değiştiği yerler, bunların toprak ısısına olan direkt tesiri sebebi ile termik resimler üzerinde bariz olarak belirirler. Termik resimlerin günün her saatinde çekilebilmeleri bunların ekolojik araştırmalarda yeni imkânlar açmasını sağlamıştır. Alım esnasında alımı yapılan sahanın çevresine göre ne kadar soğuduğu veya ısındığı tesbit edilebilir veya ölçülebilir.

### c) Mikro dalga alıcıları

Burada sözü geçen mikro dalgalar kırmızı ötesi ışıklardan sonra gelen ve 1 mm den büyük dalga boylarına sahip ışıklardır (Şekil 1). Kendilerine uzun dalga boylu ısı ışıkları olarak bakmak mümkündür. Mikro dalga sistemleri radar aletlerine benzemektedir. Termik resim alımlarındaki optik sistemin yerini bu sistemde anten ve mikro dalga alıcısı almaktadır. Bu alıcı ile hassasiyetinin yüksekliği dolayısıyla, termik alımlara nazaran daha zayıf olan emisyonları tesbit edebilmektedir. Ayrıca hava şartlarından da etkilenmez. Buna karşılık gerekli aletlerin çok pahalı ve karışık olması mikro dalga alıcılarının hemen hemen sadece astronomide kullanılmasına sebep olmuştur. Kurulan çok büyük antenlerle uzayın bilinmeyen yıldızlarından sinyaller alınmakta ve değerlendirilmektedir. Mikro dalgaların tesbitinde lüzumlu olan büyük antenlerin uçaklara monte edilmesindeki imkânsızlık, bu sistemin havadan keşif işlerinde kullanılmasını sınırlayan başlıca faktör olmaktadır.

Mikro dalga alıcılarında antenler ile arazi taranır. Antenler ken-



dilerine ulaşan enerjiyi alıcıya iletirler. Alıcıda sese dönüştürülen bu enerji bir kaç defa filitre edildikten sonra bir resme dönüştürülür. Bu resimlere «ısı basamakları haritası» (= thermal gradient map) veya «radyografik harita» adı verilir.

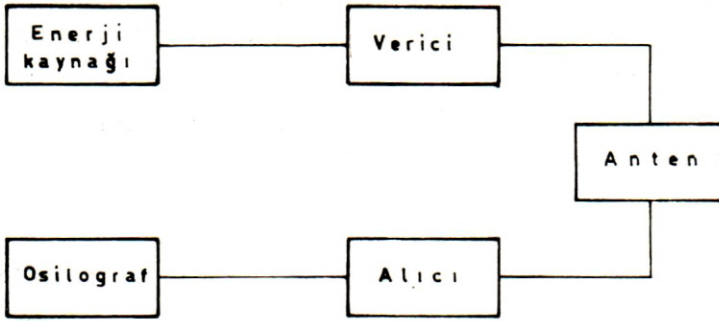
Radyografik haritalarda detay ayırma derecesi hakkında aşağıdaki örnek Haefner (1966 den alınmıştır.

Uçuş yüksekliği	:	100 m	500 km
Dalga boyu	:	1 cm	10 cm
Anten açıklığı	:	1 cm	30.5 m
Yer yüzündeki detay ayırma gücü	:	1 m	1.5 km
Pankromatik fotoğrafı ile detay ayırma gücü .....	:	2.2 cm	109 m

Radyografik haritaların kıymetlendirilmesi için yine önceden yapılacak, yerden kontrollü denemelere ihtiyaç vardır. Ancak çok sayıda yapılacak araştırmalardan sonra geçerli enterpretasyon metotları geliştirilebilecektir.

#### d) Radar sistemleri

«Remote sensing» sistemleri pasif ve aktif olmak üzere iki grupta toplanabilirler. Pasif sistemlerde enerji kaynağı doğaldır. Örneğin güneş ışınları. Aktif sistemlerde ise enerji kaynağı sistemin bir parçasını teşkil eder, yani sunidir. Enerji kaynağından belli bir dalga boyundan ışınlar neşredilir. Yeryüzü ve üzerindeki objeler tarafından yansıtılan ışınlar alıcı ve antenleri tarafından yakalanır. Buraya kadar saydığımız bütün sistemler birinci gruba girerlerken, radar sistemleri ikinci grubun temsilcisidirler. Böyle bir sistemde bir verici ve bir de alıcı mevcuttur (Şekil 9). Vericinin yaydığı ışınlar yeryüzünden geriye yansıtılır ve alıcı tarafından yakalanarak bir osilografa verilir. Yer yüzündeki objelerden yansıtılan ışınlar obje yüzeyinin yapısına göre değişir. Düz arazi bir ayna vazifesi görürken arızalı arazi ışınları dağıtarak yansıtır. Buna göre engebeli rölyefe sahip bir arazi yüzü radar görüntüsünde değişik gri tonlar ile belirecektir. Radar resimlerinde jeolojik strüktürler, tektonik ilişkiler fevkalâde bir şekilde görünürler.



Şekil 9. Bir radar sisteminin şematik görünüşü

Deniz ve hava trafiğinde kullanılan radar sistemlerine göre, detay ayırma gücünü artırmak için daha kuvvetli vericilere ve daha hassas alıcılara ihtiyaç vardır.

«Remote sensing» te kullanılan radar sistemleri ikiye ayrılmaktadır:

- 1) Yuvarlak radar görüntüsü veren 360°-Radarı (PPI: Plan position indikator)
- 2) Yan tarafa doğrultulmuş havai radar (SLAR: Side-looking airborne radar)

360°-Radarında uçağın altına yerleştirilen bir anten araziye daire şeklinde tarar. Neticede arazinin daire şeklinde bir görüntüsü osilografın ekranında belirir. Uçağın hareketi ve merkezden uzaklaştıkça ışınların daha uzun bir mesafeyi katetme mecburiyeti, elde edilen görüntünün deformasyonuna sebep olur. Özel olarak geliştirilen bir röresman aleti ile (radar presentation restitutor) deformasyondan arı görüntü elde etmek mümkündür. Radar görüntüsünün fotoğrafının çekilmesi ile «radar resimleri» elde edilir.

İkinci radar sistemnde (SLAR ) ise arazi birbirine paralel iki şerit şeklinde taranır. Yuvarlak görüntüler yerine arazinin şerit şeklinde görüntüsü elde edilir. Aynı anda paralel hareket eden bir film şeridi üzerine görüntü tesbit edilerek arazinin şerit şeklinde resimleri ve bundan sonra da daha önceden arazide signalize edilmiş noktalar yardımı ile deformasyondan arı resim şeritleri elde etmek mümkündür.

Radar resimlerinin gittikçe artan bir şekilde tatbikatta kullanılmasında, radar sistemlerinin aktif olması, yani güneş ışınlarına ihtiyaç göstermemesi, hava şartlarından etkilenmemesi kadar, ışınlarının atmosfer tabakasını rahatlıkla delmesi ve uzak mesafelerden alımlarda en ufak bir detay kaybına uğramaması baş rolü oynamaktadır. Orta Amerika'da Panama bölgesine ait bir radar resmi bu belirttiklerimize güzel bir örnek teşkil etmektedir. Bu muntıkada devamlı kötü hava şartları muntıkanın hava fotoğraflarının çekilmesine imkân vermemekteydi. İlk defa olarak radar resimleri ile muntıkanın alımı yapılmış ve mevcut haritalar bu resimlere dayanılarak önemli ölçüde düzeltilmiştir. Bu resimler üzerinde vejetasyonun kaba bir şekilde enterpretasyonu da mümkün olmuştur (Kenneweg, 1971).

Kullanılan radar ışınlarının dalga boylarının büyütülmesi ile bunların yer yüzü tabakalarına olan nüfuzunu artırmak da imkân dahilindedir. Bu şekilde kesif ormanlarla kaplı sahalarda yeryüzüne ait bilgiler elde etmek mümkün olmaktadır. Aynı zamanda toprak tabakalarına giren radar ışınları ile toprak altında kalmış bilinmiyen objelerin bulunmasında (arkeoloji) ve toprakta tabakalanma şekillerinin tesbiti gibi işlerde de kullanıldığı bildirilmektedir (Haefner, 1966).

## F A Y D A L A N I L A N E S E R L E R

- Akça, A. : Identification of land use classes and forest types by means of microdensitometer and discriminant analyses. Joint Report by Working Group «Application of Remote Sensors in Forestry» 1971, s. 147-164.
- Backström, H. : Eine Untersuchung des Rückstrahlungsvermögens von  
Welander, E. Blatt und Nadel verschiedener Holzarten. Norrlands Skogsvarvsförbning Tidskrift, Stockholm, 1953, Nr. 3.
- Committee on : Remote Sensing with special reference to agriculture  
Remote Sensing for and forestry  
agriculture purposes, Washington, 1970.  
National Research on  
Council
- Doverspike, G.E. : Microdensitometer applied to land use classification  
Flynn, F.M., and Photogrammetric Engineering 1965, s. 294 - 306.  
Heller, R. C.
- Eraslan, I. : Orman Amenajmanı, İ.Ü. Or. Fakültesi Yayını, No.:  
169, İstanbul, 1971.
- Günter, R. : Remote Sensing in Geologie.  
Bundesministerium für Bildung und Forschung,  
Forschungsbericht W 72 - 28 München 1972, 212  
Sayfa.
- Haefner, H. : Neue Verfahren der Lufterkundung und ihre An-  
wendungsmöglichkeiten.  
Erdkunde 1966, Bd. XX, s. 130 - 141.
- Hilderbrandt, G. : Remote Sensing - Luftbildinterpretation Photogram-  
metrie.  
Allgemeine Forstzeitschrift 1970, s. 723.
- Hildebrandt, H. : Einige Anwendungsmöglichkeiten der Falschfarben-  
Kenneweg, H. photographie im forstlichen luftbildwesen.  
Allg. Forst-und Jagdztg. 1968, Heft 9, s. 205-213.
- Kenneweg, H. : «Fernerkundung» (Remote Sensing) erschliesst neue  
Wege der Beschaffung von Informationen über die  
Erdoberfläche.  
Allg.-Forst-u. Jagdztg. 1971, s. 145-147.
- Kenneweg, H. Interpretation von Luftaufnahmen für die Erfor-  
schung und Gestaltung von Vegetationsbeständen in  
Westdeutschen Ballungsräumen.  
17 - 21 Eylül 1973 tarihlerinde Federal Almanya Frei-  
burg Üniversitesinde «IUFRO - Division 6 Subject  
Group S 6.05» tarafından düzenlenen «Remote Sen-  
sing incl. Aerial Photography» konulu simposiumda  
verilen tebliğ.

- Olson, Ch. E. : Multispektral Remote Sensing Symposium on Photo Interpretation Dresden 1970, 7 Sayfa.
- Parker, D. C. : Sensor Systems and Their Carriers and Factors Limiting Their Use. Report of Subcomm. II for Photo Interpret. Comm., Annual Meeting American Society of Photogrammetry 1963.
- Schurholz, G. : Der Einsatz von Luftbild und Flugzeug im Wildlife Management. Freiburg 1972, Doktora çalışması.
- Steiner, D., Maurer, H.,  
Kilchemann, A. : Quantitative Auswertung von Farbluftbildern zur Identifizierung landwirtschaftlicher Kulturen. Bildmessung und Luftbildwesen 1966, Heft 2, s. 47 - 56.
- Tarkington, R.G.,  
Sorem, A. L. : Color and False Color Films for Aerial Photography. Photogrammetric Engineering 1963, Vol. 29, S. 88-95.
-