

REMOTE SENSING — — UZAKTAN DUYARLANMA

Yazan : Müh. Kd. Bnb.
Halil GİRAY

Son zamanlarda Remote Sensing yani Uzaktan Duyarlanmadan sık sık bahsedildiğini duymaktayız. Acaba üzerinde ısrarla durulmakta olan bu Uzaktan Duyarlanma nedir? Hangi ihtiyaçlardan doğmuştur? Hangi alanlarda ve ne şekilde uygulanmaktadır?

Yazıda, bu soruların cevapları verilmeye çalışılacaktır.

Evvelâ Uzaktan Duyarlanmanın bir tarifini yapalım :

“Dünya yüzeyi ve atmosferinin, uçaklara, uzay araçlarına, veya satalitlere yerleştirilen cihazlar yardımı ile elde edilen görüntü veya kayıtlarının analizi ve kıymetlendirilmesi suretiyle, objelerin fiziki ve kimyevi karakteristiklerinin meydana çıkarılmasına Uzaktan Duyarlanma, bu gaye ile kullanılan cihazlara da Sensör denilir”.

Bu tariftten de anlaşılacağı gibi bizim yaptığımız foto interpretasyon ve stereoskopik kıymetlendirme de basit bir Uzaktan Duyarlanma çalışmasıdır. Nitekim, ileride daha geniş bir şekilde belirtileceği gibi, objelerle direkt temas kurmadan onların fiziki ve kimyevi karakteristiklerini detaylı olarak ayırdedebilmek için sensörler yardımı ile elde edilen fakat normal hava fotoğraflarından farklı olan görüntüler de değerlendirilmekte ve yanlış teşhisi önlemek için bunlar aynı bölgeye ait standart hava fotoğrafları ile kıyaslanarak neticeye varılmaktadır.

Bu kısa girişten sonra, şimdi de bu bilim kolunun hangi ihtiyaçlardan doğduğu üzerinde duralım :

Bilindiği ve her geçen gün daha da iyi anlaşıldığı gibi bizim uzaktan duyarlanma organlarımız, yani göz, kulak ve derimiz, bu konuda hayret edilecek derecede yetersizdirler. Gözlerimiz, elektromanyetik spektrumun ancak 400 ilâ 700 milimikron (4000—7000 Angstrom) dalga boyları arasındaki ışığa karşı duyarlıdır. Kulaklarımız, saniyede 16.000 ilâ 20.000 arasında titreşim yapabilen seslere, derimiz ise oldukça büyük ısı değişikliklerine karşı hassastır, bunların dışında kalan hadiseler ise bizim haberimiz bile olmadan vukubulmakta, geçip gitmektedir.

Bunu önlemenin tek yolu kendi duyu organlarımıza yardımcı olacak cihazların yapılıp geliştirilmesiydi, nitekim elektromanyetik radyas-

yonu zapdedebilmek için kamaralar, infrared dedektörler ve radio alıcıları, akustik enerjiyi kaydetmek için sismometreler, radioaktiviteyi ölçmek için sintillasyon sayaçları, uzaktan görülemeyen objeleri teşhis edebilmek için de radar ve sonar gibi cihazlar yani sensörler yapılmıştır.

Birçok icatlarda olduğu gibi, sensörlerden ve Uzaktan Duyarlanmadan da ilk yararlananlar askerler olmuştur, tabiatıyla ilk gelişmeler de Silâhlı Kuvvetlerin istekleri istikametinde yapılmış, kamufle edilmiş hedeflerin tesbiti için film – filtre kombinasyonları, uçakların tesbiti için radarlar kullanılıp geliştirilmiştir.

Bu tekniğin ilmi ve ekonomik alanlara tatbiki ise daha yenidir ve halen birçok dallarda yararları denenmektedir. Eskiden, yukarıda değinildiği gibi, yalnız kamufle edilmiş askerî hedeflerin bulunmasında kullanılan film-filtre kombinasyonları, şimdi topraktaki nem miktarlarının ölçülmesinde, fay hatalarının tesbitinde, denizlerdeki sıcak ve soğuk su akıntılarının ve bunların etki alanlarının tesbiti ve haritalanmasında, hastalıklı ekin veya ağaçların zamanında tesbit edilmesinde ve daha birçok insanî gayelerde kullanılmaktadır. Diğer taraftan infrared sensörler de orman yangınlarının daha başlangıçta keşfedilip önlenmesinde, microwave cihazları buz kalınlıklarını gösterir haritaların hazırlanmasında yardımcı olmakta ve böylece Ziraatten Hayvancılığa, Jeolojiden Hidrolojiye kadar ekonomik ve ilmi birçok alanlarda insanlığın hizmetine girmektedir.

Şimdi uzaktan duyarlanma tekniğinden hangi alanlarda ve ne şekilde yararlanıldığını, ileride tekrar temas etmek üzere, bir tarafa bırakıp sensörlerin, doğanın hangi karakteristiğinden ve ne yolla faydalandıkları üzerinde duralım :

Bilindiği gibi bütün cisimler çevrelerine enerji yaymaktadırlar, gündüz güneşten aldıkları enerjinin bir kısmını yansıtmakta diğer bir kısmını ise bünyelerinde saklayarak geceleri vermektedirler. Biz bunların hepsine radyasyon diyoruz. Emilen, yansıtılan ve verilen bu enerji her cismin kimyasal yapısına göre farklı miktarlardadır. İşte her obje için bu ölçülüp bilinirse, uzaktan tesbit edilecek radyasyon yardımı ile istenen objenin cinsi ve kimyasal bileşimi pekalâ meydana çıkarılabilir.

Yine biliyoruz ki tayfın (spektrumun) görülebilen bandı 4000–7000 Angstrom (400–700 m) dalga boyları arasındadır. Bunun sol tarafı ultraviyole yani mor ötesi bandına dayanmaktadır ki bunun devamında, sırasıyla X ışınları, gamma ışınları ve kozmik ışınlar vardır. Sağ tarafı ise infrared yani kırmızı ötesi bandına dayanmaktadır. Bunun ötesinde ise radyo dalgaları bulunmaktadır.

Gözle görülebilen ışınların, bildiğimiz kamara ve filmlerle zaptedilmesinde büyük ilerlemeler sağlanmıştır, hatta son zamanlarda 200 Km. uzaklıktan net fotoğraflar çekilebilmekte ve bunlar, hassasiyetlerinden fazla birşey kaybetmeden 25—30 defa büyütülebilmektedir.

Görülebilen ışınların emülsiyon üzerinde ve bunun neticesinde de fotoğraflar üzerinde meydana getirdikleri görüntünün 7 karakteristiğinden, yani ton, şekil, büyüklük, tekstür (yüzey belirginliği), düzen, durum ve gölgeden faydalanmak suretiyle, operatör veya foto—interpretasyon yapacak şahıs, objelerin tanımını bir dereceye kadar yapabilmektedir. Fakat spektrumun görülebilen bandının dışında kalan ışınlarla belirlenebilecek özellikler, normal emülsiyon bu ışınları zaptedemediği için, bizce bilinmez olarak kalır. Halbuki bu ışınların, hiç olmazsa görülebilen tayf bandına yakın dalga boyunda olanlarını, tesbit etmek mümkün olursa pekâlâ başka detaylarla kapanmış objeler tefrik edilebileceği gibi, detayların istenen bazı özellikleri de, farklı ton veya renk vermek suretiyle; belli olacaktır.

İşte bu düşünceler de film—objektif kombinasyonları ile multi-spektral kamara sistemleri ve infrared ile renkli infrared yani false colour (yanıltıcı renk) filimlerinin yapılp geliştirilmesini sağlamıştır.

Yukarıda multi—spektral kamara sistemi ile false colour filimlerden bahsedildi, birkısmımıza yabancı gelebileceği düşüncesi ile, bunların üzerinde biraz durup ne olduklarını görelim :

Multi Spektral Kamara Sistemi, adından da anlaşılacağı gibi, spektrumun birden fazla bandına ait ışınları zaptedebilecek şekilde teçhiz edilmiş kamara topluluğudur. Bu kamara sistemleri iki değişik şekilde bulunurlar :

- 1 — Her band için farklı bir kamaranın kullanıldığı sistem,
- 2 — Aynı kamara gövdesi üzerinde birden fazla objektifin bulunduğu kamara sistemi ki buna Multi—lens Kamaralar da denilir.

Birinci sistemin uygulanmasında, spektrumun değişik bandlarındaki ışınların zaptedilebilmesi için, gerekli sayıda kamara, alım eksenleri birbirine paralel olacak şekilde uçağa monte edilmektedir. Böylece, mese lâ 5 değişik band için 5 ayrı kamaranın uçak gövdesine yerleştirilmesi gerekmektedir. Tabiatıyla bu birçok güçlükler doğurmaktadır. Evvelâ, iki ve genellikle daha çok sayıda kamaranın alım eksenlerinin paralellliğini sağlamak kolaylıkla gerçekleştirilemez. Ayrıca kamaraların uçağa vereceği ağırlık, yer darlığı, optüratörlerin sinkronizasyonu ve hızlarının ayar-

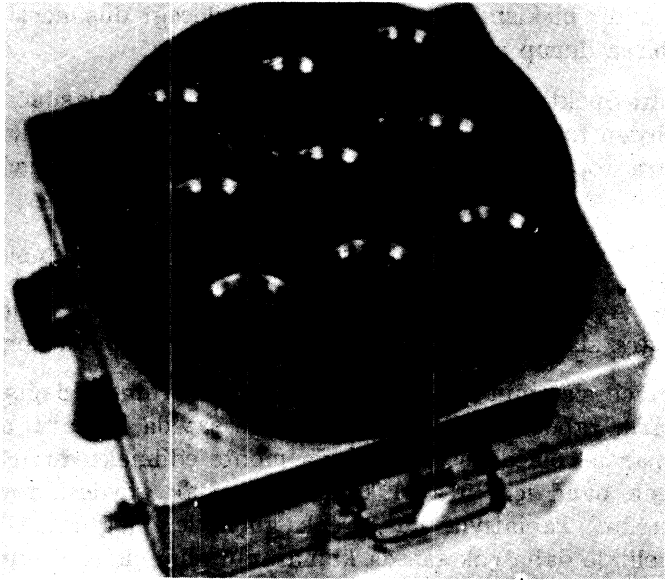
lanması da ek güçlükler çıkaracaktır. İş bununla da bitmeyecek, değişik kamaralarda kullanılan birbirinden farklı film ve optüratörler, fotoğraf labaratuvarında yapılacak işlemlerde de teknik bazı güçlüklerle sebep olacaktır.

İşte Multi-lens Kamaralar, yukarıda belirtilen ve Çok Kamaralı Sistem de diyebileceğimiz kombinasyonun mahzurlarını ortadan kaldırmak için hazırlanmışlardır. Bu kamralar iki şekilde bulunabilirler :

a) Aynı kamara gövdesi üzerine iki veya daha çok objektif yerleştirilmiştir, böylece her objektifin önünde değişik bandlardaki ışınları geçiren farklı filtreler kullanılabilir. Poz müddeti bir tek optüratörle ayarlanmakta, değişik filtre—objektif kombinasyonlarından geçen ışınlar ise aynı film—emülsiyon üzerine düşürülmektedir.

Bu sistemin en büyük mahzuru, değişik bandlardaki ışınların aynı emülsiyon üzerine düşürülmesi sebebiyle bandların çok dar tutulması mecburiyetidir.

b) Multi - lens Kamaraların şekli'de, aynı kamara gövdesine iki veya daha çok sayıda küçük kamaraların montesi suretiyle elde edilmiş olanıdır. Burada her objektif için değişik bir film—filtre kullanılabilir ve böylece bandlar daha geniş tutulabilmektedir.



Amerika'lıların araştırma gayelerinde kullandıkları bir Multi-lens Kamara.

Şimdi biraz da false colour (yanıltıcı renk) filimler üzerinde duralım. Bunlara böyle bir adın verilmesinin sebebi kullanılan renkli infrared filmin objeleri bizim bildiğimiz renklerden farklı olarak tesbit etmesindendir. Bunun nedenleri üzerinde dururken, daha iyi anlaşılabilmesi için, misâl olarak Kodak Ektachrome renkli infrared filmi ele alacağız. Bu film kamufle edilmiş askeri hedeflerin bulunmasında kullanılmak üzere imâl edilmiştir.

Bilindiği gibi renkli filimlerde üç emülsiyon tabakası mevcuttur, Kodak Ektachrome renkli infrared filmin bu üç emülsiyon tabakasından birisi infrared spektruma yakın olan 7200—9000 Angstrom dalga boyları arasındaki radyasyona karşı hassastır, diğer iki tabaka ise 3000 ilâ 7000 Angstrom dalga boyları arasındaki, yani görülebilen spektrum bandı içindeki ışınlara karşı hassastırlar, fakat bunlardan birisi yeşil diğeri ise kırmızı renklere karşı duyarlıdır. Poz verildiği zaman infrarede hassas olan tabaka camgöbeği (cyan), yeşile hassas olan sarı, kırmızıya hassas olan ise morumsu kırmızı (magenta) birer hayal vereceklerdir. Tabiatıyla bu renkler objenin infrared radyasyonunu ne miktarda yansıttığına veya emdiğiğe bağlı olarak farklılıklar gösterecektir. Meselâ, infrared radyasyonu çok yansıtan sıhhatli bitki örtüsü renkli infrared film üzerinde parlak morumsu—kırmızı renkte bir görüntü verecektir, buna bağlı olarak otlaklar ve sıhhatli yuvarlak yapraklı ağaçlar kırmızımtrak veya morumsu—kırmızı, infrared radyasyonu daha az yansıtan iğne yapraklı ağaçlar ise erguvani hatta mavi renkte belireceklerdir.

Infrared radyasyonu farklı miktarlarda yansıtan veya emen bitkilerin renkli infrared film üzerinde değişik renkler vermeleri bize hastalıklı bitkileri sıhhatli bitkiler arasından bulup çıkarma olanağını da vermektedir. Bilindiği gibi infrared radyasyonu, yaprakların klorofil tabakası altında bulunan yumuşak içdoku tabakası yansıtmaktadır. Susuzluk, hava kirlenmesi, asalakların etkisi veya bunlara benzer herhangi bir sebeple içdoku tabakası hastalanıp yansıtma hassası zayıfladığı takdirde, renkli infrared filimde kırmızımtrak bir renk vereceği yerde camgöbeği bir renk vermek suretiyle belirgin olacaktır.

Su infrared radyasyonu çok miktarda emmektedir, bu sebeple denizler ve akarsular renkli infrared filimden elde edilen fotoğraflarda genellikle koyu veya parlak mavi renkte çıkmaktadır. Bilhassa kesif ormanlık bir bölgede kanal veya nehirlerin tesbiti ve haritalanmasında böyle bir filimden yararlanmak işimizi kolaylaştıracaktır, çünkü kırmızımtrak renkte çıkacak olan ağaçlar arasında sular parlak mavi renkte bariz olarak belirecektir.

Yalnız şunu tekrar belirtmek faydalı olacaktır, yansıtıcı renkteki fotoğraflardan iyi netice almak, okunmalarını kolaylaştırmak ve yanlış teşhisleri önlemek için bu fotoğrafların, aynı bölgeye ait, normal siyah-beyaz veya renkli fotoğraflarla birlikte kullanılmaları gereklidir.

Aşağıdaki şemada, renkli infrared bir film kullanıldığı zaman farklı renklerdeki ve infrared radyasyonu değişik miktarlarda yansıtan objelerin hangi renklerde belirecekleri gösterilmiştir :

Objenin Rengi	Infrared Radyasyonu fazla emiyorsa	İ. Radyasyonu fazla yansıtıyorsa
Kırmızı	Yeşil	Sarı
Yeşil	Mavi	Morumsu kırmızı
Mavi	Gri-Siyah	Kırmızı
Camgöbeği (Cyan)	Mavi	Morumsu kırmızı
Morumsu kırmızı (Magenta)	Yeşil	Sarı
Sarı	Camgöbeği	Gri-beyaz
Gri	Camgöbeği	Gri

Buraya kadar film-filtre-objektif kombinasyonlarından faydalanmak suretiyle Uzaktan Duyarlanmanın nasıl yapıldığı üzerinde durduk, şimdi biraz da diğer bir tip sensör olan Scanner'den yani Tarayıcı'dan söz edelim :

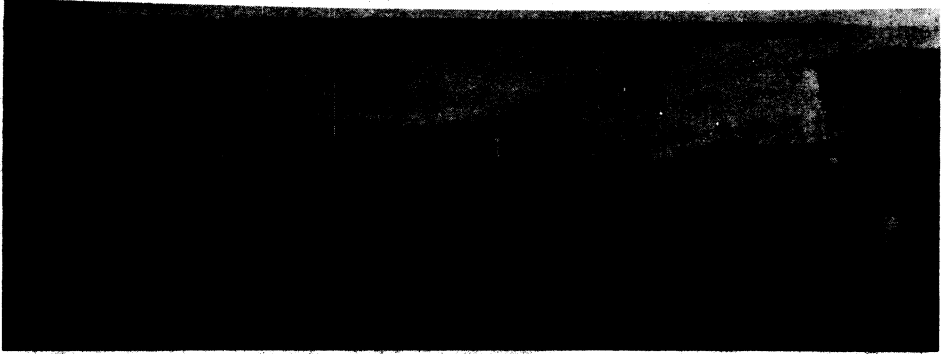
Kolay anlaşılır ve basit olması sebebiyle misâl olarak İngiliz'lerin imâl ettikleri tek sensörü, EMI Infrared Scanner'i ele alacağız. Bu tarayıcıdan halen termal haritaların yapımında, buzulların takip edilip gösterilmesinde, toprak altında yanmakta olan maden damarlarının tesbitinde, hastalıklı ekinin teşhisinde yararlanılmaktadır.

Infrared tarayıcı, uçuş istikametine dik olarak araziye tarayan bir dedektör vasıtasıyla yüzeydeki infrared radyasyonu almakta ve değerler, televizyon signallerini zaptedebilecek şekilde imâl edilmiş bir teyp vasıtasıyla magnetik bantlara kaydedilmektedir. İstenildiği taktirde uçakta bir katot ışın tüpü monitörü kullanılmak suretiyle kayıtlar direkt olarak filme alınabilmektedir.

Aletteki tarayıcı aynanın dönüş hızı dakikada 300 devir olup tarama alanı 140 dereceye kadar çıkarılabilmektedir. Scanner 0.3° C ısı farklarını tesbit edebilecek kapasitededir. Bantlara alınan bilgiler yerde, bir katot ışın tüpü sistemi vasıtasıyla tekrar gösterilmek suretiyle filme alı-

nabilmektedir ki bu imkân bize, belirli objeleri tetkik edebilmek için, görüntüyü istenen kontrastta, istenen filme alma olanağı vermektedir. Tarayıcının, infrared filmlere kıyasla en büyük avantajlarından birisi de budur. Yalnız bir de dezavantajı vardır o da, tarayıcı 3.5 ilâ 5.5 mikron dalga boyları arasındaki radyasyonu tesbit edebildiğinden, daha kısa dalga boyundaki radyasyonlar için infrared filmlerin yardımına muhtaçtır.

Ayrıca şunu da ilâve etmemizin faydalı olacağı kanaatindeyim. Elde edilen termal fotoğraflar ile kullandığımız normâl hava fotoğrafları arasında büyük bir fark vardır. Termal fotoğraftaki görüntü, bize detaylar arasındaki ısı farkını göstermekte ve sıcak yerler beyaz, soğuk yerler ise siyah renkte belirlemektedir. Standart hava fotoğrafları ise yalnız ışık—gölge değişikliklerini vermektedir.



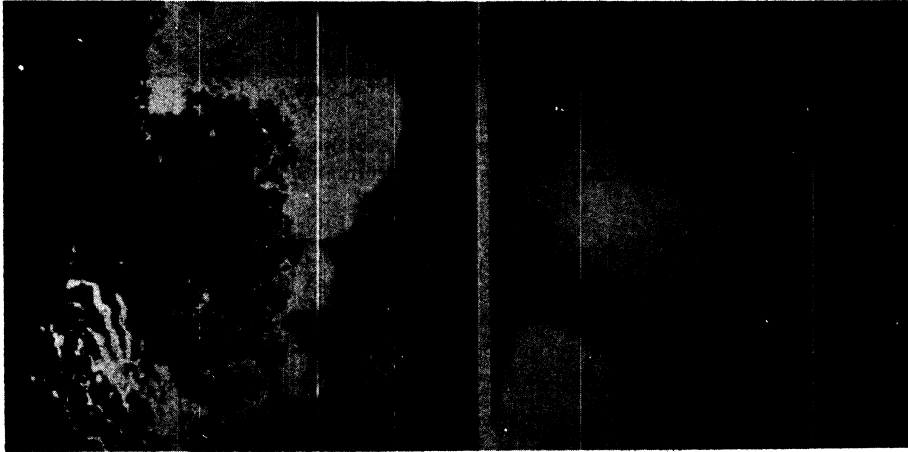
Tarayıcı tarafından elde edilen bu resimde, bir fabrika tarafından denize boşaltılan sıcak suyun çıkış yeri görülmektedir.

Daha önce de temas etmiş olduğumuz gibi, herhangi bir objeden yayılan infrared radyasyon, cismin kendi yaydığı ile güneş ve ay gibi tabii kaynaklardan gelen ve yansıtılan radyasyondan teşekkül etmiştir. Gündüzün yansıtılan radyasyon umumiyetle 0.78 ilâ 3.0 mikron dalga boyundakiler ise, daha fazla cisim tarafından neşredilen radyasyondur. Gün boyunca, takriben eşit miktarda ve 3 ilâ 4.5 mikron dalga boyları arasında yansıtılan ve neşredilen radyasyon havada mevcut bulunacaktır. Bu sebeple, bilhassa hemen şafaktan önce yansıtılan radyasyon asgariye düşeceğinden cisim tarafından neşredilen radyasyon büyük bir

ehemniyet kazanacaktır ki bundan geotermal haritacılıkta bol bol faydalanılmaktadır.

Şimdi akla bir soru gelebilir. Acaba bir sensör tarafından tesbit edilen radyasyon beklenen miktarlardamıdır ? Maalesef şimdilik buna evet diyemiyoruz, çünkü sensörün tesbit ettiği radyasyon cismin o an neşrettiği ve yansıttığı infrared radyasyon miktarına, objenin şekline, kapladığı sahaya, ısı derecesine, obje ile güneş arasındaki münasebete, sensöre göre objenin konumuna, sensörün görüş açısına ve daha birçok faktörlere bağlıdır. Devamlı değişen ısı, hızla değişecek olan sensör—obje—güneş arasındaki geometrik bağıntı, elde edilecek kayıtları ve görünüyü olumsuz yönde etkileyecektir.

Bilindiği gibi sular karalara nazaran daha geç ısınıp daha geç soğumaktadırlar, buna göre gün boyunca nehirler çevrelerindeki araziye nazaran daha soğuk, bir ara aynı ısıda, geceleyin ise daha sıcak olacaklardır, böylece elde edilecek kontrastlar günün saatine göre farklı farklı olacaktır. Yine, toprağın kendi nemi ile toprağın içindeki havada bulunan nem, toprağın termal karakteristiğini etkileyecektir. Özellikle doğu—batı istikametinde uzanan derin vadilerin iki yamaçlarının termal rejimlerinde olmaması gereken termal farklar çıkacaktır. Ekinin boyu, tarlanın sulanmış olup olmaması, denizlerin med—cezir durumları da sensörleri ve sonra da kıymetlendiriciyi yanıltabilecektir. O kadar ki, herhangi bir kayıt veya filmde, ısıнын varlığını gösteren izlere rastlamamışsak bu o bölgede herhangi bir ısı farkı veya hatta elektrik merkezi yoktur manasına gele-



Resimler'de bir orman yangınının normal siyah-beyaz bir film (solda) ile infrared filmde nasıl belirdiği görülmektedir.

mez, Uzaktan Duyarlanma tekniği halen ilerlemektedir, mahzurları da bilindiğine göre herhalde çareleri de bulunacaktır.

Biz Haritacılar için infrared hayalin en büyük mahzuru ise, perspektif geometri prensiplerine uymadığı için stereoskopik olarak kıymetlendirilememesidir.

Uzaktan Duyarlanmadan Jeoloji'de Hidroloji'de Ormancılıkta, Ziraatte, hava ve su kirlenmesinde nasıl yararlanılabileceğini gördük. Nüfus artışı sebebiyle toprak ihtiyacı her geçen gün artmaktadır, daha önceleri kullanılmayan topraklardan yararlanma yolları aranırken halen kullanılmakta olanlardan da azami istifadeye çalışılmaktadır. Türkiye'de nüfus sür'atle çoğalmakta toprak ihtiyacı, su ihtiyacı hatta Ankara'da olduğu gibi temiz hava ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. İşlenmekte olan topraklarımızdan azami derecede yararlanmak, ekin ve ormanlarımızı hastalıklardan, kuraklıktan, su baskınlarından ve yangınlardan ; deniz ürünlerimizi fabrika ve tankerlerin denizlere boşalttıkları zararlı artıklardan korumak için tedbirler almalıyız.

İşte Uzaktan Duyarlanma bu imkânları en ucuz ve en sür'atli yoldan bize vermektedir. Bu anlaşılmıştır, nitekim Uzaktan Duyarlanma Amerika'da bile daha yeni yeni ekonomik alana aktarılırken bizde de faaliyete geçilmiş, ilgili müessese ve Üniversitelerin iştirakiyle bir Çalışma Gurubu teşkil edilmiştir. Harita Genel Müdürlüğünün de temsil edildiği Türkiye Uzaktan Duyarlanma Çalışma Gurubu halen bu konuda çalışacak nüvenin kurulması, eğitilmesi hususlarına eğilmiş, çeşitli müesseselerimizin ellerindeki imkânların araştırılması ve dış ülkeler ile yabancı kuruluşlardan ne gibi yardımlar sağlanabileceği üzerinde çalışmaktadır.

Konu açılmışken ERTS—A projesi nedir biraz da onun üzerinde duralım. Proje, yeryüzü kaynaklarının araştırılması ve değerlendirilmesinde kullanılacak fotoğrafların çekimi gayesiyle, NASA tarafından uzaya fırlatılacak uydu ile ilgilidir. Alınacak fotoğraflar 1: 250.000 ölçeğinde olup her biri 185 x 185 Km². lik bir alanı ihtiva edecektir. Uydu, dünyadan 920 Km. uzaklıkta ve meridyen hatları doğrultusunda olmak üzere dünyayı iki saatte bir devredecektir. Fotoğraflardaki hata miktarları asgariye indirileceğinden bunların, bilhassa haritası bulunmayan bölgelerin, küçük ölçekli haritaların yapılmasında kullanılması da tasarlanmaktadır. Projeye göre, uydudan her hafta, 7 değişik bandtan olmak üzere, 9000 fotoğraf çekilecek ve bunlardan, farklı formatta, 30.000 adet basılarak projeye katılmış devletlere dağıtılacaktır.