

SERİ  
SERIES  
SERIE  
SÉRIE

**B**

CİLT  
VOLUME  
BAND  
TOME

**30**

SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

**2**

**1980**

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

**REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,  
UNIVERSITY OF ISTANBUL  
ZETTSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL**

**REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL**



## REMOTE SENSING TEKNİĞİNDEN YARARLANILARAK MİNERAL YATAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE SON GELİŞMELER

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU 1

«Remote Sensing» eski devirlerdenberi uygulanmakta olan bir yöntemin geliştirilmiş şeklidir. Bu yeni deyim bizden uzakda bulunan bazı şeyleri görmek, duymak veya hissetmek anlamına gelmektedir. Özet olarak, uzaktaki varlıkları veya olayları sezinlemek demektir. Bu yöntemin çok eski dönemlerden beri uygulandığı bir gerçektir. Çok eski dönemlerdeki avcılar, yüksek tepelerin veya ağaçların üzerlerine çıkarak çevrelerini gözetlerler ve bir av hayvanının bulunup bulunmadığını araştırırlardı. Bu araştırmada avcılar gözlerinden kulaklarından ve koku alma organlarından yararlanmaya çalışırlardı. Bu gün uçaklara yerleştirilmiş olan fotoğraf makinelerinden, radarlardan ve kırmızı ötesi ışınları saptayan aygıtlardan yararlanılarak, uzaktaki varlıklar ve olaylar incelenmektedir. Geliştirilmiş olan bu yeni tekniğe Remote Sensing denilmektedir. Varlıkları ve olayları havadan inceleme tekniği önce savaşlarda kullanılmış ve gizli tutulmuştur. İnsanlar özelliklerini bilmedikleri bu yöntemle «Havadan Casusluk» veya benzeri isimler vermişlerdir. Aynı teknolojik yöntem jeolojik haritaların yapılmasında, yol geçgilerinin saptanmasında, şehirlerin kurulmasında barajların yapımında ve mineral yataklarının araştırılmasında yararlı olmaktadır. Bu gün havadan yapılan incelemelerin veya araştırmaların hepsine birden «Remote Sensing» denilmektedir. Kutsal kitaplarda kılıçların eritilerek sapan demiri yapılması istenilmektedir. Bunun anlamı, savaşta kullanılan silahların ve teknik yöntemlerin, barışçı amaçlarla kullanılmasının sağlanmasıdır. Savaşta düşman arazisini incelemek amacıyla kullanılan filimler, aletler ve teknolojik yöntemlerden bugün mühendislik projelerinin yapımında, zelzelelerin meydana getirdiği zararların saptanmasında, meteorolojik olayların incelenmesinde tarım alanlarının hastalıklardan fırtınalardan, donlardan ve böceklerden gördüğü zararların saptanmasında, denizlerdeki balık sürülerinin araştırılmasında yararlanılmaktadır. Bu yeni teknik, uçaklar yardımıyla uygulandığı gibi, bir yörüngeye yerleştirilen yapma uydular yardımıyla da uygulanmaktadır.

Bu tekniğe niçin gereksinme duymaktayız?

Bir bölgede araştırma yapmakla görevlendirilen bir kimse, kısa zamanda büyük bir alanı incelemek zorunda kalır. Havadan istenilen ölçekte ve özellikte fotoğraflar çekerek, kısa zamanda arazinin tamamını kapsayan bilgiler toplama olanağı vardır. Bu olanaklardan faydalanılabilir. Ayrıca, içersine Remote Sensing aygıtları yerleştirilmiş bir uçakla, incelenecek arazi üzerinde uçuşlar yapılarak, fotoğraflarda bulunmayan bilgiler toplanabilir. Çok yüksekten çekilen hava fotoğrafları, çok çeşitli projelerin yapımında büyük faydalar sağlamaktadır. Çok yüksek-

ten çekilen fotoğrafların ölçekleri birbirine yakındır, her biri bir kaç Km<sup>2</sup> lik alanı kapsar.

Özellikleri hakkında bir çok şeyler duyduğumuz yeni filimlerle neler yapılabilmektedir?

İnsan gözü ve ötedenberi kullanılmakta olan fotoğraf filimleri, elektromagnetik spektrumun mavi, yeşil sarı, portakal rengi ve kırmızı renkleri veren ışınlarına karşı hassastırlar, yani bu ışınlardan etkilenirler. Kırmızı ötesi ışınlardan etkilenen fotoğraf makinesi ve filmi, yakın zamanlara kadar yapılamamış ve kullanılmamıştır. Kırmızı ötesi ışınların dalga boyları gözle görülebilen ışınlarla kıyasla daha büyüktür. Bitkiler diğer ışınlarla birlikte, kırmızı ötesi ışınları da yansıtmaktadırlar. Yakın zamana kadar bu ışınların saptanmasında ve ölçülmesinde fotoğraf makinelerinden ve filimlerden yararlanılmıyordu. Dalga boyu, mavi rengi veren ışınların dalga boyundan daha küçük olan ışınları da insan gözü görmemektedir, bunlar X ışınları ve mor ötesi ışınlardır. Dalga boyu, insan gözünün görebildiği ışınlardan daha büyük olan ışınlar, sırasıyla kırmızı ötesi ışınlar, Mikro dalgaları, radar ve radyo dalgalarıdır. Son yıllarda bu dalgaların isimleri çok kullanılmaktadır. İnsanlar bu isimlerin artık yabancıları değildirler. Kırmızı ötesi ışınlardan etkilenen ve renkli fotoğraf çeken filimlerin, saptadığı dalgaların boyları, kırmızı rengi veren ışınların dalga boylarından % 15-20 daha büyüktür. Bitkilerin yansıttıkları ışınların büyük çoğunluğu, kırmızı ötesi ışınlardır. Bu ışınları insan gözü göremez fakat, kırmızı ötesi ışınlarla hassas olan özel filimler bunlardan etkilenir. Bitkilerin yansıttığı kırmızı ötesi ışınlar güneşden gelmekte ve yaprakların içersine girmeden, yüzeyden yansıyarak geri gitmektedirler. Bu ışınlar, bitki içersindeki fotosentez olaylarına katılmamaktadırlar. Bitkiler bu ışınları yansıtmak suretile, güneşden gelen fazla enerjiden zarar görmemelerini sağlamaktadırlar. Bitkiler gözle görülebilen ışınların bir kısmını (mavi ve kırmızı renkleri veren ışınları) yapraklarının içersine almakta, nişasta ve şeker yapımında kullanılmaktadırlar. Yeşil rengi veren ışınlar, bitki içersindeki olaylarda kullanılmamakta hepsi yansıtılmaktadır. Gözle görülebilen ışınların bir çoğu yaprakların arasından geçmekte ve toprağa kadar inmektedir. Yapraklar, yeşil rengi veren ışınları çok yansıttıklarından, renkli fotoğraflarda koyu yeşil görünürler. Bitkilerin yansıttığı ışınların miktarı, güneşden gelen ancak 1/5 i kadardır. Bitkilerden yansıyan ışınların, gözle görülemiyenleri, görülebilenlerin 5 katı kadardır. Güneşden gelen, yapraklar üzerine düşen, fakat insan gözü ile görülemiyen ışınların % 80 i yansıyarak tekrar uzaya gitmektedir. Eğer insan gözü bu ışınları görebilseydi, dünyadaki bütün ağaçlar ve otlar, göz kamaştıracak kadar beyaz renkte olurlardı. Bu günkü koşullarda bir bitki hastalanırsa veya kırılırsa, veyahutta fazla rutubetten zarar görürse, yapraklarındaki hücreler fazla su emerek şişmez. Bu bitkinin, gözle görülmeyen ışınları yansıtırma özelliği % 40-50 oranında azalır. Bazen gözle görülebilen ışınların, yapraklar üzerindeki yansımada da buna benzer değişmeler olur. Gözle görülmeyen ışınların yansımada azalmalardan yararlanarak bitkilerin hastalanmaya başladığını saptamak olanacağı vardır. Tarım uzmanları bu yöntemden yararlanarak bitkilerin yaşantılarında bir bozulmanın olduğunu ortaya çıkarabilmektedirler.

Jeologlar ve toprakçılar kayaları ve toprakları, üzerlerindeki bitki örtüsü kalkmış olarak görmek isterler. Avustralya'da üzerinde tek bir otun veya bir çahnın dahi bulunmadığı geniş alanlar vardır. Buradaki dere içlerinde dahi herhangi bir bitki bulunmamaktadır. Dünyadaki karaların büyük çoğunluğu, bitkilerle kaplıdır. Bu bitkilerin kaldırılması asla istenmez, gelişmeleri ve yayılmaları istenir.

Kayaların ve toprakların büyük çoğunluğu, bitkilerle kaplı olduğuna göre, mineral yataklarının süratle incelenmesini sağlayan Remote Sensing yöntemi nasıl uygulanacaktır?

Bitkiler genellikle topraklarda ve kayalarda bulunan besin maddelerini alarak büyür ve çoğalırlar. Bitkiler havadaki azottan faydalanamazlar, topraktaki azot bileşimlerinden yararlanırlar. Ağaçlar ve bitkilerin bir çoğu, köklerinden çıkarttıkları kimyasal maddelerle, kayaları ve sert toprakları eriterek içlerine alabilecek hale getirirler.

Herhangi bir bölgede yetişen bitkileri ve ağaç türlerini şu etkenler sınırlar: Arazi yüksekliği, iklim, bitkilerin faydalanabildiği su miktarı, arazinin şekli veya yamaçların eğimi. Bir tepede, veya bir yamaçta, veyahutta, bir plato üzerinde yetişen bitkileri, üzerinde yetiştikleri toprağın özellikleri de etkiler, fakat bu etki yukarıdakilerden daha sonra gelir. Yani toprak özelliklerinin etkisi ikinci derecede kalmaktadır. Bitki yaşamını dikkatli bir şekilde inceliyen kimseler, bazı topraklar ve kayalar üzerinde yaşayan bitkilerin, sağlıklarının normal olmadığını, boylarının da kısa olduğunu saptamaktadırlar. Toprakta yeterli besinlerin bulunmamasından veya hastalıkların etkisiyle meydana gelen şekil bozuklukları, önce yapraklarda görülür. Toprakta besin maddelerinin çok fazla bulunması da, bitkilerin bozulmasına sebep olabilir. Toprakdaki fazla besin maddesi, bitkiyi zehirliyebilir. Özet olarak, toprakda gereğinden az veya fazla besin maddesinin bulunması bitkinin sıhhatinin bozulmasına sebep olmaktadır. Herhangi bir şekilde sıhhati bozulan bitki, çevresine «Tehlike İşaretleri» göndermeye başlar. Kırmızı ötesi ışınları saptayan filmlerden yararlanılarak, bitkilerin «Tehlike İşareti» göndermeye başlayıp başlamadıkları ortaya çıkarılabilmektedir. Havadan yapılan incelemelerle, bitki topluluklarının sağlık durumlarını ortaya çıkartmak ve bundan yararlanarak da alta mineral yatağı bulunup bulunmadığını saptamak, son yıllarda büyük önem kazanan bir yöntem olmuştur. Geniş alanları kaplıyan bir bitki topluluğunun içerisinde, sağlığı bozulmuş bitkilerin oluşturduğu adacıkları bulunursa, bu adacıkların altındaki ana taşının veya toprağın özelliklerinin farklı olduğu kanısına varılır. Kırmızı ötesi ışınları saptayan filmlerle çekilen fotoğraflar, sıhhati bozuk bitkilerin toplandığı adacıkların ortaya çıkartılmasını sağlamaktadır. Ayrıca aynı fotoğrafları harita gibi kullanarak, akarsuların sürükleyerek getirdiği ve kıyılarında biriktiren oluşturduğu maden toplulukları da meydana çıkarılmaktadır. Bunu yapabilmek için jeoloji ve jeolojik kimyasını iyi bilmek gerekir. Aynı fotoğraflardan, normal fotojeolojik yorumlama ve topografik ölçme amaçlarıyla de yararlanılabılır.

Remote Sensing genellikle, arazi yüzeyinde bulunan varlıkların incelenmesinde kullanılır. Arazi yüzeyinde bulunan kayaların tipleri, araziye dağılış şekilleri, dağların şekillenmesini nasıl etkilediği, bu kayalardan koparak akarsular boyunca, sürüklenen çakıl taşlarının nerelerde biriktiği, Remote Sensing tekniği sayesinde saptanabilmektedir. Bu bilgiden yararlanılarak mineral yatakları da meydana çıkarılabilmektedir. Bitkilerin toprakların ve minerallerin yansıttığı güneş ışınlarının ölçülmesine benzer şekilde, mikrodalgalarının ve Radar dalgalarının aynı objelerden yansıyanları da ölçülebilmektedir. Radariar çevrelerine gruplar halinde enerji dalgaları gönderirler ve bu grupların herhangi bir objeye çarpıp dönmesini beklerler. Aynı sis içerisinde yavaş yavaş ilerleyen bir geminin çaldığı düdük seslerinin çevredeki azaire çarparak geri gelmesini beklediği gibi. Mikrodalgalar ve radar dalgaları, bulutlardan ve yağışlardan etkilenmezler, gönderildikleri yöne kolaylıkla giderler. Uçaktan gönderildikleri takdirde, hava koşulları her ne olursa olsun, rahat-

lıkla yeryüzüne inmekte, bitkilerin veya arazilerin yüzeyinde yansdıktan sonra geriye dönmekte ve uçağa ulaşmaktadırlar. İlk defa, Darılın Province, Panama'daki sık ormanların haritasını, bu yöntemden yararlanarak yapmıştır. Daima bulutlarla kaplı olduğu için, havadan fotoğrafları çekilemeyen ve bu sebeple de haritası yapılamayan arazilerin haritaları bu yöntemden yararlanılarak son 40 yıl içerisinde yapılmıştır. Daima bulutlarla kaplı arazilerin haritaları, genellikle radar görüntülerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Büyük dağ silsilelerinin ve ırmakların gidış yönleriyle kollarının şekilleri, radar görüntüleri sayesinde hatasız olarak saptanmış ve evvelce yapılmış haritaların hataları da aynı yöntemle bulunmuş ve düzeltilmiştir. 16 000 Km<sup>2</sup> büyüklüğünde bir arazinin fotoğraflarını çekmek için 40 yıl uğraşmış fakat üzeri devamlı bulutla kaplı olduğundan başarı sağlanamamıştır. Aynı arazinin radar görüntüleri 6 saat süren bir uçuş sonunda elde edilmiş ve sıhhatli haritaları yapılmıştır. Yapılan bu işin büyük bir başarı olduğu kabul edilmektedir. Bu yöntem ilk defa Kolombiya'da uygulanmış ve üzeri devamlı olarak bulutlarla kaplı sık bir ormanın haritası yapılmıştır. Daha sonra aynı yöntem biraz daha geliştirilmiş olarak, Brezilya'da ve Venezuela'da uygulanmış, Amazon nehri çevresinde bulunan ve üstü daima bulutlarla kaplı olan ormanların, topografik haritaları yapılmıştır. Böylelikle Amazon nehrinin çok büyük olan havzasının tam şekli ortaya çıkarılabilmştir. Aynı yöntem uygulanarak, Yeni Gine'nin sahil kesimindeki arazinin haritası yapılmıştır. Bu haritaları yapmak için içersine radar yerleştirilen helikopterler, denizden 5000 m yüksekde koyu bulutların içersinde uçmuşlardır. Önceleri harita yapmak amacile elde edilen radar görüntülerinden bugün jeologlar ve jeokimyacılar geniş çapta yararlanmaktadırlar. Evvelce haritası yapılmamış bir arazide, alçakdan uçuşlar yaparak inceleme yapmak çok zor ve tehlikelidir. Bu işleri yapanlar, özellikle jeologlar tehlikenin büyüklüğünü yakinen bilmektedirler. Aynı araziyl havadan çekilen fotoğraflar, radar görüntüleri ve topografik haritalar yardımıle incelemenin ne kadar büyük kolaylık sağladığını da, aynı kim-seler bugün görmektedirler.

Thermal (ısı taşıyan) ışınlardan yararlanarak harita yapma tekniği de, son yıllarda geliştirilmiş yeni bir yöntemdir. Bu yöntemden yararlanılarak arazi parçalarından yükselen sıcaklıklar saptanabilmektedir. Gün geçtikçe daha fazla uygulanmakta olan bu yöntem sayesinde, mineral yataklarının yerleri saptanabilmektedir. Aynı yöntemden yararlanılarak sığ topraklar altında bulunan faylar, jeolojik şekiller, kum ve çakıl yatakları meydana çıkarılabilmektedir. Aynı yöntemle donmuş topraklar da saptanabilmektedir. Arazi yüzeyinde veya bir kaç metre aşağıda bulunan jeolojik kütlelerin radyasyonları (ışın yaymaları) ve ısı yaymaları, çevrelerindeki diğer arazilerden farklıdır. Bu farkdan yararlanılarak bu kütlelerin yerleri saptanabilmektedir. Belirli bir süre içersinde, güneşden gelip toprağa çarpan ışın miktarı ile, topraktan geri dönen ışın miktarı arasındaki oran, araştırma yapılan arazinin enlem derecesine ve mevsimlere göre değişmektedir. Eğer arazi denizden çok yüksekde ise ve hava da açık ise, güneşden gelen ve toprağa düşen enerjilyi toprak süratle emer. Eğer arazi denizden fazla yüksekde değilse, üzeri de bulutlarla ve yoğun bitki örtülerile kaplı ise, toprağa kadar ulaşabilen güneş enerjisi çok az olur. Kuru topraklar, güneşden biraz enerji alırlarsa, ısı dereceleri hemen yükselir. Islak topraklar, güneşden fazla enerji de alsalar, ısı dereceleri pek yükselmez. Siyah ve ince tanecikli topraklarla, siyah renkli kayalar, güneşden gelen enerjileri çok emerler ve bu sebeple diğer toprak ve kayalara kıyasla daha çabuk ısınırlar. Az kumlu ve ıslak topraklar, güneş enerjisini yavaş emerler, bu sebeple de ısı dereceleri yavaş yükselir. Gece enerji akımı tersine döner, gündüz güneşden gelen ve dünya üzerindeki varlıkların içersine girerek biriken enerjiler ge-

ce olunca uzaya dağılmaya başlarlar. Her objenin gündüz biriktirdiği enerjiyi gece geri göndermesi, diğerlerinden farklıdır. Biriktirdiği enerjiyi çabuk gönderenler süratli, yavaş gönderenler de geç soğurlar. Büyük kaya kütleleri topraklardan daha yavaş ıslak topraklar da kuru topraklardan daha yavaş soğurlar. Geceleri, toprakların ısı dereceleri ölçülürse, aralarındaki farklardan yararlanılarak herbirinin rutubet oranı meydana çıkarılabilir. Isı derecelerindeki küçük farklar saptanabildiğinden, rutubet oranlarındaki küçük farklar da ortaya çıkarılabilmektedir. Çöller gündüzleri güneşten çok enerji alır ve çok kızarlar, geceleri de bu enerjiyi uzaya vererek soğurlar. Gece ile gündüz arasındaki ısı farkı en büyük olan objeler, çöllerdeki kumlardır. Eğer kum çölünün herhangi bir yerinde biraz rutubet olursa, geceleri oranın soğuması, diğer yerlere kıyasla daha yavaş olur. Bu özellikten yararlanılarak, rutubetli yerler saptanabilmektedir. Toprak yüzeyine yakın olan kayaların şekilleri, topraktaki ısı derecelerinin farkından yararlanılarak saptanabilmektedir. Jeolojik tabakaların, katları, kıvrımları, fayları, ekyerleri ve diğer karmaşık şekilleri, toprak yüzeyindeki sıcaklık farklarından yararlanılarak saptanabilmektedir.

Kutup bölgelerindeki toprakların içersinde ve üzerinde bulunan sular genellikle donmuş ve buz haline gelmişlerdir. Bu buzların yazın dahi erimiyenlerine «Devamlı Donuk» denilmektedir. Yüzeide bulunan ve sıcak havalarda eriyen suların ısı dereceleri birbirinden çok farklıdır. Bu ısı derecelerinden yararlanılarak, altta erimemiş bir buz kütesinin bulunup bulunmadığı saptanabilmektedir. Bu bilgi yol mühendisleri için çok önemlidir. İnşaatta kullanılan kum ve çakılın bulunduğu yerlerin saptanması, dünyanın her yerinde önemle üzerinde durulan bir konudur. Kutup bölgelerinde yaz aylarında, toprak altında bulunan kum ve çakıl yataklarının saptanması kolay olmaktadır. Çünkü bu yatakların üzerlerini kaplıyan toprak veya suların ısı dereceleri, diğer yörelerdekinden daha fazla olmaktadır. Bu fark thermal ışınlar yardımıyla kolaylıkla saptanabilmektedir. Büyük kaya kütlelerinin sıcaklık dereceleri, gece ölçülecek olursa aralarında bir çok farkların bulunduğu görülmektedir. Bu farklardan yararlanılarak kaya cinsleri, örneğin, kireçtaşları, dolomitler, baritler ve diatomitler saptanabilmektedir. Fakat kaya cinslerini bu yöntemle saptamak, bir hayli zor olmaktadır. Genel olarak yüzeyde bulunan toprakların fiziksel özellikleri, örneğin; yoğunluğu, rutubet oranı, dağılışı şekilleri, ısınma ve soğuma süratlerinden yararlanılarak saptanabilmektedir. Isınma ve soğuma süratleri de, Thermal ışınlardan yararlanılarak bulunmaktadırlar.

Yıllık ve günlük ısı değişimleri, hatasız bir şekilde saptanabilmektedir. Ayrıca sıcaklığın toprağa ne kadar girdiği yani kaç metreye kadar indiği de ortaya çıkarılabilmektedir. Günlük sıcaklığın toprakta inebildiği derinlik, yıllık sıcaklığın inebildiği derinliğin 0,11 kadardır. Dünya üzerindeki toprakların büyük çoğunluğunda, yıllık sıcaklık 10 - 20 m ye kadar inmektedir. Yapılan bazı araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre: Bir yöredeki yıllık ısı değişimleri saptanarak, toprak altında bulunan taban sularının yerleri meydana çıkarılabilir. Yalnız bu işin yapılabilmesi için, toprak yüzeyinden 1 - 2 m aşağıdaki sıcaklık derecelerinin de ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için de toprağa çeşitli termometrelerin yerleştirilmesi ve ısının zamanla nasıl değiştiğinin saptanması zorunludur. Bu yöntemin sadece Remote Sensing tekniğinden yararlanılarak uygulanmasına olanak yoktur. Uzun zamana gereksinme gösteren bu yöntem bir bakıma Remote Sensing sayılabilir. Çünkü derinde bulunan taban suyunun yanına gidilmeden varlığı ve bazı özellikleri saptanmaktadır. Bu da bir uzaktan incelemedir. Kaliforniya'da, Stanford Üniversitesinde, arazilerin 10 m derinliğe kadar olan kısmındaki sıcaklık derecelerini ve bunların değiş-

meleri saptanmaya çalışılmaktadır. Böylelikle mineral yataklarının kolaylıkla bulunmasını sağlayan bir yöntemin elde edilebileceği sanılmaktadır. Arazi parçalarındaki sıcaklık derecelerinin nerelerden kaynaklandığı ve değişme sebeplerinin neler olduğu saptanabilirse, jeolojik yapının sıcaklık üzerindeki etkileri de ortaya konulabilecektir. Bu başarı ulaşılmak istenen amacın önemli bir aşaması olacaktır.

Uygulanmakta olan teknik sıg topraklar altında bulunan ve bazı yerlerde uçları görünen mineral yataklarının haritasını yapacak düzeye gelmiş bulunmaktadır. Fakat, kükürt yataklarını bulacak düzeye gelmiş değildir. Belki de sonsuza dek bu düzeye gelemeyecektir. Teorik düşünceye göre: Kükürt yataklarında yavaş ve devamlı yanma olmakda, çevreye ısı yayılmaktadır. Remote Sensing tekniğinden yararlanılarak, bu ısı saptandığı takdirde, kükürt yatağının yeri bulunabilir. Teorik olarak doğru olan bu düşünce, uygulama alanına geçirilememektedir. Bunun sebebi, kükürt alanlarından yükselen ısının çok düşük olmasıdır.

Yakın zamana kadar içersine pek fazla girilemiyen ve özellikleri saptanamıyan, kutuplar, vahşi ormanlar ve büyük çöller Remote Sensing tekniği sayesinde, kolaylıkla incelenmeye ve bütün özellikleri meydana çıkarılmaya başlanmıştır. Bu arazilerin hepsinde aynı Remote Sensing yöntemi uygulanmamaktadır. Her arazi parçasında, özelliklerin farklı oluşu dolayısıyla, farklı yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Kolay yöntemlerin uygulanmasıyla incelenen arazilere öncelik verilmektedir. Zor yöntemleri gerektiren arazilerin incelenmesi daha sonraya bırakılmaktadır. Örneğin, kutuplarda büyük buz tabakaları ve dağları bulunmaktadır. Topraklar ve kayalar genellikle bu buzlar tarafından kaplanmıştır. Yaz aylarında dahi çiplak kara parçası görebilmek çok ender olmaktadır. Kutuplardaki toprakların içersinde bol miktarda su bulunmaktadır. Bu sular, genellikle donmuş bazende erimiş durumdadır. Kutuplardaki topraklar için «Çok Islak» deyiminin kullanılması yerinde olmaktadır. Çok ıslak toprakların incelenmesinde uygulanan Remote Sensing yöntemi diğer topraklarda uygulananlardan farklı olmaktadır. Bu bölgeye uygun Remote Sensing Yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu güne kadar büyük gelişmeler sağlandı. Donmamış alanlar, kum ve çakıl yatakları başarılı bir şekilde saptanabilmektedir. Bilim adamları ve araştırmacılar, büyük ümitler beslemektedirler.

Vahşi ormanlarda karşılaşılan problemler, kutuplardakinden çok farklıdır. Vahşi ormanlarda, geniş yapraklardan oluşan bir kaç tabaka bulunur. Ormanın üzerinde de, daima açık mavi renkte bir sis tabakası vardır. Ağaçların altında, kalın bir toprak tabakası bulunur. Büyük ağaçları ancak böyle bir toprak tabakası besleyebilmektedir. Bu toprak tabakasının altında da, aranmakta olan kaya ve mineral yatakları vardır. Vahşi ormanlarda akan derelerin aşağı kısımlarında çok kalın toprak tabakaları bulunur. Suların sürüklediği topraklar buralarda biriktirir ve zamanla toprak tabakalarını daha kalın hale getirirler. Bu derelerin kenarlarında kaya veya mineral yatakları bulabilmek için çok yukarılara gitmek gerekir. Yağmur ormanlarının üzerinde daima sis ve bulut tabakaları bulunduğundan, normal şekilde havadan fotoğrafları çekilememektedir. Bu sebeple de, bugüne kadar sıhhatli haritaları yapılamamıştır. Bu ormanların içersinde, poligon kurmak da çok zor olmaktadır. Çünkü ağaçlar ve diğer bitkiler çok sık bir şekilde durmaktadır. Bu ormanlarda dolayanlar, ırmaklardan uzaklaştığı takdirde, kısa zamanda yollarını kaybetmektedirler. Radar ışınları, sis, bulut ve pus tabakalarından kolaylıkla geçmekte ve net görüntülerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu görüntülerden faydalanarak arazide dolayan ekipler, büyük faydalar sağlamaktadırlar. Gezi planlarını bu görüntüler sayesinde yapabilmektedirler.

Çöllerin incelenmesinde karşılaşılan güçlükler, kutuplarda ve vahşi ormanlarda karşılaşılanlardan çok farklıdır. Çöl arazileri çok kuraktır. Toprakda suyun çok az oluşu nedeniyle, küçük parçalar birbirlerine yapışmamakta ve ayrı durmaktadırlar. Rüzgarın biraz esmesi halinde, ince kum ve toz parçaları yerlerinden ayrılmakta ve havaya savrulmaktadır. Çöllerde çok sık rastlanan kum fırtınalarının sürüklediği küçük parçacıklar bir bulut halinde kayaları ve mineral yataklarını kaplamakta ve görülmelerini engellemektedir. Normal hava fotoğrafları kullanıldığı zaman, çöllerde genellikle hiç bir şey saptanamamaktadır. Arazideki ısı farklarını saptayan, Remote Sensing yöntemleri uygulandığı taktirde, yer altı sularının bulunduğu yerler saptanabilmektedir.

Yeni Remote Sensing teknolojisi, kutuplarda, vahşi ormanlarda ve çöllerde dikkatli bir şekilde uygulandığı takdirde, büyük faydalar sağlanmaktadır. Otlakların bilimsel şekilde işletilmesi, verimsiz olanlarının kısa sürede en verimli hale getirilmesi gerekir. Problemlerimizin ne olduğunu hatasız bir şekilde saptamamız ve bu problemlerin çözülmesini sağlayacak özelliklerde planlar yapmamız ve dikkatle uygulamamız gerekir. Daha sonra da bu planların kısa süreli revizyonlarını yapmamız ve aksıyan yönlerini düzeltmemiz gerekir. Otlakların bilimsel şekilde işletemiyen ve bu sebeple daha verimli hale getiremeyen ülkelerdeki insanların yeteri kadar et bulmalarına olanak yoktur. Bilim adamları Remote Sensing yönteminden yararlanarak, çevre koşullarını ve bunların canlılar üzerindeki büyük etkilerini saptamaya çalışmaktadırlar. Meteoroloji koşulları da çevre koşullarını tam olarak saptayabilmek için, her yörede, doğal koşulları bilen insanlardan yararlanmak ve onların bilgilerini toplamak gerekmektedir. Teknik yöntemle elde edilen bilgiler, bu insanlardan toplanan bilgilerle birleştirildiği takdirde, başarılı programlar yapılabilmektedir. Bu şekilde yapılan bir program, teknisyenlerin arazide uzun süre çalışarak yaptıkları programlardan çok daha sıhatli ve çok daha süratli olmaktadır.

Bu gün uygulanmakta olan «Modern Arama Yöntemi» dört kademeden oluşmaktadır. Önce geniş arazinin yüzeysel şekilde bir incelemesi yapılır. Bu inceleme sonunda, çevresinden farklı şekilde ve yapıda olan küçük alanlar saptanır. Daha sonra saptanan bu alanlara gidilir ve arazide ayrıntılı inceleme yapılır. Son olarak, incelenen alanlardan, altında mineral yatağı bulunma olasılığı olanlar seçilir ve buralarda sondaj kuyuları açılır. Petrol aramalarındaki ilk incelemeler diğer mineral yataklarının araştırmalarına kıyasla daha geniş alanlarda uygulanır. Arazide incelenecek küçük alanların saptanmasında da, küçük bir özelliğin bulunmasının yeterli olduğu kabul edilir. Petrol araştırırken, topraktaki veya kayalardaki küçük bir özellik farkı, örneğin su geçirme kapasitesinin farklı oluşu, o yerin arazide incelenmesi için yeterli bir sebeptir. Fakat diğer mineral yataklarının araştırılmasında, aynı küçük fark, arazide inceleme yapmak için yeterli kabul edilmemektedir. Modern maden ve petrol arama yönteminin kademeleri, birbirinden kesin çizgilerle ayrılmaktadır.

Remote Sensing yöntemi, dört kademeden birincisi olan, geniş alanları yüzeysel şekilde incelemede faydalı olmaktadır. Remote Sensing yöntemi sayesinde, arazi çalışmalarının nerelerde yapılması gerektiği ortaya çıkarılmaktadır. Arazide yapılan incelemelerden elde edilen bilgilerle, Remote Sensing Tekniğinin verdiği sonuçlar birleştirilerek, sondajın nerelerde yapılacağı ortaya çıkarılmaktadır. Böylelikle zamandan kazanılmakta ve kısa sürede sonuca ulaşılmaktadır. Hava fotoğraflarından yararlanılarak, arazinin topoğrafikharitaları yapılmaktadır. Magnetik özellikleri olan mineral yatakları, uçaklara yerleştirilen ve magnetik güçleri ölçen hassas aletler yardımıyla ortaya çıkarılmaktadır. Bu aletlere «Aeromagnetik» aletler de-



nilmektedir. Aeromagnetik aletler yardımıyla, üzerinde 30-40 m toprak tabakası ve yoğun bir orman bulunan mineral yataklarının ve kayaların yerleri saptanabilmektedir. Radyoaktif özelliği olan madenlerin bulunduğu yataklar da, uçaklara yerleştirilen ve X ışınlarını saptayan aletler yardımıyla meydana çıkarılmaktadır. Bu yöntemle çok küçük yataklar dahi saptanabilmektedir. Ayrıca potasyum bileşikleri de ortaya çıkarılabilmektedir. Çünkü potasyum genellikle, kristal hale gelmiş olan baktır billurlarla bir arada bulunmakta ve radyoaktif özellik taşımaktadır.

Mineral yataklarının hepsini arayıp bulmak ve incelemek için süratli ve basit yöntemler saptanmış değildir. Genellikle belirli bir madenin veya mineral yatağının bulunduğu yerleri meydana çıkartmak amacıyla araştırma yapılır. Araştırmanın amaca uygun şekilde planlanması ve uygun aletlerin kullanılması gerekir. Kanada da nikel araştırmaları çok yapılmaktadır. Nikel genellikle iletken ve magnetik özelliği olan maden ocaklarının yakınında bulunmaktadır. Bazen de bu ocakların üzerleri magnetik özellikleri olmayan metallerle kaplanmış olur. Böyle, çeşitli özellikteki madenlerin ve metallerin bir arada bulunduğu yerlerde yapılan incelemeler, şaşırtıcı sonuçlar verir. Arazi ekiplerinin böyle yerlere gitmeleri, fiziksel ve kimyasal incelemeler yaparak gerçek durumu süratli bir şekilde meydana çıkarmaları gerekir. Böyle yerlerde ısı farkını ölçen sistemlerden yararlanmak da büyük faydalar sağlamaktadır. En sonunda sondaj kuyularının açılmasına başlanır. En zor ve en pahalı iş mineral yataklarının bulunduğu yerleri, hatasız bir şekilde saptamaktır. Madenler genellikle toprak yüzeyine yakın yerlerde bulunurlar. Bu sebepten sondaj kuyularının açılması pek pahalı olmamaktadır. Yalnız petrol aramalarında, sondaj kuyuları çok derin açılmaktadır ve çok pahalıya mal olmaktadır. Petrol yatakları çok derinde olduğundan, Remote Sensing yöntemi ile yapılan aramalarla yerlerinin saptanması da zor olmaktadır, yenilmesi gereken bir çok güçle karşılaşmaktadır. Petrol yataklarının üzerindeki arazinin doğal çizgileri genellikle çok belirgin olmamaktadır. Fotoğraflarda ve radar görüntülerinde, bu yerler, tuz ocaklarına ve petrol emerek doygun hale gelmiş olan kum yataklarına benzer şekillerde görünmektedirler. Isı farklarını saptayan filmlerle çekilen fotoğraflarda, toprak altında bulunan Fay hatları, daha net bir şekilde görülmektedir. Toprağın derin yerlerinde bulunan mineral ve maden yatakları, havadan yapılan incelemelerle çok zor saptanabilmektedir. Bu yöntemi geliştirerek, pratik çalışmalara faydalı hale getirebilmek için, üzerinde çalışılması gereken önemli konular bulunmaktadır.

Araştırmalar sadece maden ocaklarını ve petrol yataklarını meydana çıkartmak gayesiyle yapılmamaktadır. Kum ve çakıl da, insanların büyük çapta gereksinime duydukları maddelerdir. Bunların yatakları toprağın yüzeyinde ve hemen altında bulunmamaktadır. Kurulmakta olan modern şehirler ve endüstri binaları için, çok miktarda kum ve çakıl gereklidir. Kullanılacakları yerin yakınında bulunan kum ve çakıl yataklarının vakit geçirilmeden bulunmasının önemi çok büyüktür. Kum ve çakılın yerini süratli bir şekilde bulabilmek için birkaç çeşit Remote Sensing yönteminden ve siyah beyaz fotoğraflardan yararlanılmaktadır. Yüzeğe yakın olan çakıl yatakları, ısı derecesi bakımından, diğer arazi parçalarından çok farklıdır. Kil ve kum yataklarında ısı derecesi fazladır, çakıl yataklarında ise düşüktür. Aynen, kutupların, dünyanın diğer yerlerinden daha soğuk olması gibi.

Özel aygıtlar yardımıyla toprakların elektrik geçirme özellikleri saptanmakta ve buna göre içerisinde bulunan çeşitli mineral yataklarının cinsleri saptanabilmektedir. Toprak yüzeyinden 5-10 m aşağıda bulunan çakıl yatakları bu yöntemle, sıhhatli bir şekilde saptanabilmektedir. Kanada'nın buzlarla kaplı bölgesindeki çakıl ocakları bu yöntemle saptanmıştır. Toprakdaki rutubet oranı arttıkça, elektrik geçirme özelliği de artmaktadır. Çakıl ocakları suyu tutmadığından, elektriği de az geçirmekte ve bu özelliği dolayısıyla çevresinden ayrılmaktadır.

Remote Sensing tekniği sayesinde, doğadaki mineral yatakları süratli ve ekonomik bir şekilde bulunmakta, incelenmekte ve ölçülmektedir. Eğer, doğadaki minerallerin tamamının ne kadar olduğunu bilirsek, her yıl ne kadarını tüketmemizin daha uygun olacağını düşünür, plan ve programlarımızı buna göre yaparız. Bu planlara göre de her yıl üreteceğimiz madenlerin ne kadarını ülkemizde kullanacağımızı, ne kadarını da dış ülkelere satacağımızı saptarız. Aynı plana göre de; madenlerimizin ne zaman tamamen tükeneceğini biliriz. Doğadaki madenlerimizin miktarını ölçemezsek, sonsuzadek bitmeyeceğini düşünür ve ekonomik kullanmaya önem vermeyiz. Yeni ocakların bulunabileceğini düşünür ve bir gün zor durumda kalırız. Dünyamızın, maden ocakları açtığımız ve sondaj borularıyla deldiğimiz kısmı ince bir tabakadan ibarettir. Bizim bu tabakayı çok dikkatli kullanmamız gerekmektedir. Çünkü, yaşıntımızın en önemli maddeleri bu ince tabakanın içersinde bulunmaktadır. Süratli inceleme yöntemlerinden yararlanarak, bu ince tabakada bulunan madenlerin ve petrol yataklarının envanterini kısa zamanda tamamlayabileceğiz. İnce tabakada bulunan doğal kaynakların ne zaman tükeneceği de bu envanter sayesinde ortaya çıkacaktır. İnce tabakadaki doğal kaynaklar tamamen tükendikten sonra, daha aşağıdaki tabakalarda bulunan doğal kaynakların araştırılmasına başlanacaktır. Bunun araştırılması da çıkarılması da daha pahalı ve daha zor olacaktır. Bugün uygulanmakta olan yöntemlerin geliştirilmesi daha etkili ve daha ekonomik hale getirilmesi gereklidir. Ancak böylelikle, yarın daha derin yerlerden maden çıkarmak zorunda kaldığımız zamanı, geliştirilmiş yöntemlere sahip olabileceğiz. Yapılacak yeni aletler, bugüne kadar bulunanlardan farklı madenlerin bulunmasını sağlayacaktır. Sadece bilinen madenlerin bulunduğu çok küçük yatakların dahi ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır. Böylelikle bilinen madenlere ait ayrıntılı bilgilerin toplanması sağlanacaktır. Bu gün işletilmekte olan maden ocaklarının ve petrol yataklarının % 10 oranında artırılması dahi, büyük ferahlık sağlayacaktır.

Alışılmış yöntemlerle, Maden ocaklarının ve petrol yataklarının araştırılması, gün geçtikçe daha pahalıya mal olmaktadır. Hem çalışanların ücreti, hem de kullanılan makinelerin fiyatları artmaktadır. Bir bela haline gelen bu artışı önlemek için yeni yöntemler bulmak ve geliştirmek zorundayız. Uygulama alanına son yıllarda çıkmış olan Remote Sensing yöntemi sayesinde, dünyanın ulaşılması çok zor olan yerlerinde inceleme ve araştırma yapılmıştır. Örneğin, Yeni Gine'nin ve Amazon'un vahşi ormanlarında, kutupların buzlarla kaplı yörelerinde yapılan çalışmalarla, bir çok yeni yataklar ve ocaklar bulunmuştur. Yöntemlerin daha basit hale getirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Yöntemlerimizin daha etkili hale gelmesi ve daha ayrıntılı bilgilerin toplanabilmesi gereklidir. Remote Sensing'in uygulanmakta olan yöntemleri, bugün için büyük faydalar sağlamakda, gelecek için de büyük ümitler vermektedir. Remote Sensing'in yakın bir gelecekte çok daha büyük faydalar sağlayacağı kesinlikle söylenebilir. Hem uygulama alanında çalışanlar, hem de bu yöntemi geliştirmek amacıyla bilimsel araştırma yapanlar, geleceğe büyük ümitlerle bakmakta ve buna göre de çalışmaktadırlar.

#### KAYNAKLAR

- AKÇA, ALPARLAN : *Remote Sensing. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 22, Sayı 2.*
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY : *Manual of Color Aerial Photography, PP. 550.*
- AYTAÇ, MUSTAFA : *Hava fotogrametrisi. Ord. Prof. Dr. İng. Halil G. Lehman'dan çeviri. İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 881.*

- AYTAÇ, MUSTAFA : Mühendislikde fotogrametri. İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 379.
- BRENNEN, B. : Bidirectional reflectance measurements from an aircraft. pp. 84, Nasa Report X - 69534.
- CHARLES, E.; O. SON, Jr. : Collect on and Processing of Multispectral imagery, pp. 14, International Union of Forest Research Organization Section 25.
- COLWELL, R.N. : Uses and Limitations of Multispectral Remote Sensing. 4 th Symposium in Remote Sensing, Michigan.
- DINGER, J.E. : The absorption of radiant energy in Plants. Iawa st. Coll. J. Sci. 16, 44 - 5.
- EARL CHURCH, ALFRED O. QUINM : Elements of Photogrammetry pp. 130, Syracuse, Newyork.
- ERASLAN, İSMAİL : Fotogrametri Alanında Yeni Gelişmeler. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 16, Sayı 17.
- F. P. WEBER : Applications of Airborne Thermal Remote Sensing in Forestry PP. 14, International Union of Forest Research Organization Section 25.
- J. A. HOWARD : The Reflective Foliaclaus Propertios of tree Species PP. 19, International Un on of Forest Research Organizations Section 25.
- ÖRMECİ, CANKUT : Fotoğrafda görülen gri renk tonları. İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 29, Sayı 4.
- ROBERT D. RUDD : Remote Sensing A Better View PP. 136, Wadsworth Publishing Company Inc. Belmont/California.
- SKULL, C. A. : Spectrometric Study of reflection of light from leaf surface Botan Gaz 87, 583.
- SPURR, S. H. : Photogrammetry and photointerpretation Ronald Press, New York.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Gelişmemiş Ülkelerde Tabii Kaynakların Envanteri. Orman Genel Müdürlüğü, Teknik Haber Bülteni, Sayı 12, Yıl 1964.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Bazı Memleketlerin Fotogrametriden Sağladıkları Faydalar. Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı 3, 4, 5, 6, Yıl 1964.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Yeryüzüne Ait İlimlerde Fotoğraf Enterpretasyonu. Orman Genel Müdürlüğü, Teknik Haber Bülteni, No: 20, Yıl 1966.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Şilv'de Tabii Kaynakların Geliştirilmesi İçin Yapılan Araştırmalar. Orman Mühendisliği Dergisi, 965/6 ve 966/2.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Güney Amerika'da Bir Tabii Kaynak Olan Toprakların Islahı İçin Hava Fotoğraflarından Faydalanma. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 16, Sayı 1, Yıl 1966.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Fotogrametri Alanındaki Yeni Gelişmelerden Bazıları. Orman Genel Müdürlüğü, Teknik Haber Bülteni, Sayı 23, Yıl 1967.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Bakm... Fotoğraf Maknesile Şimdi Neler Yapılıyor. Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı 5, Yıl 1968.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Su ve Rüzgar Erozyonunun Hava Fotoğrafları Yardımı İle İncelenmesi. Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı 4, Yıl 1974.
- TOKMANOĞLU, TAHSİN : Enfraruj Renkli Filimlerle Çekilen Hava Fotoğrafları Yardımıle Önemli Biyotik ve Abiyotik Etkenlerin Ormanlardaki Zararlarının Tesbiti Üzerine Araştırmalar. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 24, Sayı 1, Yıl 1974.
- W.K., KILFORD : Elementary Air Survey PP. 363, Pitman Publishing 39 Parker st. London WC 2B5PB.
- YOST, E.; S. WENDEROTH : Detection of mineralized trees by their reflectance Tech. Report Serg - Tr - 06. University of Lang Island.
- YOST, E.; S. WENDEROTH : Appendix I (part 2) Additive colour aerial photography (in Manual of Color aerial photography). American Soc. of Photogrammetry.