

UZAKTAN ALGILAMA TEMEL PRENSİPLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Namık Kemal SÖNMEZ⁽¹⁾

Mustafa SARI⁽²⁾

1. GİRİŞ

Yeryüzü, insanlığın kaynağından istifade ettiği ve yaşantısının devamında şart olan bir potansiyeldir. Bu potansiyel, yıllardan beri gerek teknolojinin ilerlemesi ve gerekse nüfusun çoğalmasıyla birçok olumsuz etkilere maruz kalmıştır. Ortaya çıkan olumsuz etkilerin acısı ise yine canlılardan, özellikle de insanlardan çıkmaktadır. Nitekim, beslenme sorunları, gıda kıtlıkları ve bunun sonucu ortaya çıkan toplu ölümler, çevre kirliliği, doğal kaynak stoklarının azalması, ormanların yok olması buna verilebilecek en bariz örneklerdir.

Bu olumsuz gidiş karşısında, insanların daha güvenli, daha sağlıklı ve rahat yaşaması ve özellikle gelecek nesillerin bugün sahip olduğumuz kaynaklardan yeterli derecede istifade etmesi ve ortaya çıkmış olan birçok olumsuzluğun ortadan kaldırılması için her birey üzerine düşen vazifeyi en iyi şekilde yapmak zorundadır.

İnsanlığın rahat ve güvenli bir şekilde yaşaması, bugünkü koşullarda ülke bazında ekonomik ve sosyal açıdan ilerlemesine bağlıdır. Doğal olarak, ülkelerin ekonomik ilerlemesinin temelinde ise kendi doğal ve kültürel kaynaklarının zenginliği ve bu kaynakları en etkin bir biçimde kullanması yatmaktadır. Ancak bu konuda üzerinde titizlikle durulması gereken husus, bu kaynakların geçmişten günümüze kadar hor ve bilinçsizce kullanıldığıdır. Nitekim pek çok ülke yakın zamanda bunun bilincine varmış ve hatalarını az da olsa telafi etmek için gerekli çalışmalara başlamıştır. Gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde ise bu bilinçsizce sömürüm devam etmektedir. Özellikle bu ülkelerde, ki buna Türkiye'de dahildir, doğal kaynakların niceliklerine ilişkin yeterli bilgilerin bulunmaması, örneğin; toprak-su kaynakları, işlenen toprakların dağılımı, maden, orman, otlaklara ilişkin yeterli verilerden yoksunluk ve bunun sonucu olarak doğal ve kültürel kaynakların yeterince haritalanamamış olması, bilinçsizce sömürümü ve doğayı tahrip etmeyi körüklemektedir.

Bütün bu olumsuz gidiş karşısında ortaya çıkan etkiler, insanoğlunu gelişmiş ve özellikle bilim adamlarının önderliğinde yeni tedbirler almaya ve yeni formasyonlarla kaynakları daha mantıklı ve düzenli bir şekilde kullanmaya yönlendirmiştir.

Halen bilgisayar desteği ve uzaya gönderilen uydular vasıtası ile yapılan Uzaktan Algılama çalışmaları daha gerçekçi ve daha net sonuçlarla kaynak israfının önlenmesine, yeterli fizibilite çalışmalarının çok kısa sürelerde ve doğru yapılmasına, doğal kaynak rezervlerinin çok emin bir şekilde tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak zaman ve kaynak israfına gidilmeden, ayrıca yeryüzü tahrip edilmeden ve ekolojik denge bozulmadan daha mantıklı adımlar çok kısa sürelerde atılmaktadır. Dolayısıyla uzaktan algılama çalışmalarıyla daha bilinçli ve mantıklı bir ekonomik gelişme modellerinin oluşturulmasında önemli katkılar yapılabilmektedir.

Uzaktan Algılama, doğal kaynakların nitelik ve niceliklerinin çok hızlı (kısa sürelerde) ve doğru bir şekilde belirlenmesi için son 15 yılda, özellikle gelişmiş ülkelerde yoğun olarak kullanılmaya başlamış bir teknolojidir. Bu nedenle söz konusu teknolojinin olanaklarından yararlanılarak yapılan çalışmalarla daha bilinçli, daha doğru ve oldukça da hızlı bir şekilde, doğal kaynakların ekonomiye katkılarının artırılması sağlanabilmektedir.

(1) Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü/ANTALYA

(2) Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü/ANTALYA

2. UZAKTAN ALGILAMA:

Yeryüzündeki ve özellikle doğal ortamlardaki ilişkilerin dinamikliği, bu ilişkileri gözleyebilme ve değişimleri kısa sürelerde izleyebilme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Böylesi çalışmaları yapmak için de yeryüzüne ilişkin sürekli yeni bilgi ve verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Günümüzde yeryüzü kaynaklarına yönelik sürekli bilgi akışını sağlamak ve söz konusu bilgilere kısa sürelerde ve doğru bir şekilde ulaşabilmek amacıyla pek çok yeni teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden birisi de Uzaktan Algılama Bilim ve Teknolojisidir.

UZAKTAN ALGILAMA: Objelere fiziksel değinimde bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçmelerle, objeler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı şeklinde tanımlanmaktadır.

Cowell, uzaktan algılamayı, cisimlerden uzak bir mesafeden, çeşitli aletlerle veya uydularla, cisimler hakkında çeşitli verilerin elde edilmesi ve özelliklerinin ölçülmesi olayı olarak tanımlamıştır. Yine araştırmacı, hava fotoğrafları, uydu verileri ve radar sistemlerinin uzaktan algılama ile ilgili verilerin bütünü oluşturduğunu bildirmiştir (Erdas Field Guide 1991).

Lillesand ve Kiefer (2000), uzaktan algılama teknolojisini cisimlere fiziksel temasta bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle bunlar hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı şeklinde tanımlamıştır.

Maktav ve Sunar (1992), uzaktan algılamanın yeni bir sistem olmadığını ve uzun yıllardan beri insanlığın üzerinde çalıştığı bir bilim dalı olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılara göre, hava fotoğrafçılığı bu amaçla yoğun bir biçimde ele alınmış ve kullanılmıştır. Daha sonra uzaya gönderilen uydular ve geliştirilen fotoğrafik algılayıcılarla uzaktan algılama sistemi, ileri bir teknoloji olarak bugünkü halini almıştır. Yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların son yıllardaki gelişimiyle, bu sistem sayesinde yeryüzü hakkında çok miktarda fotoğrafik ve diğer formlarda verilerin elde edilmesi olanağı sağlanmıştır.

Önder (1993)'e göre uzaktan algılama; bir cisim, bir arazi yapısı veya bir doğal olayın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında, arada herhangi bir fiziksel ilişki olmaksızın, çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan veriler yardımı ile bilgi edinme sanatı, yöntemi yada bilimidir.

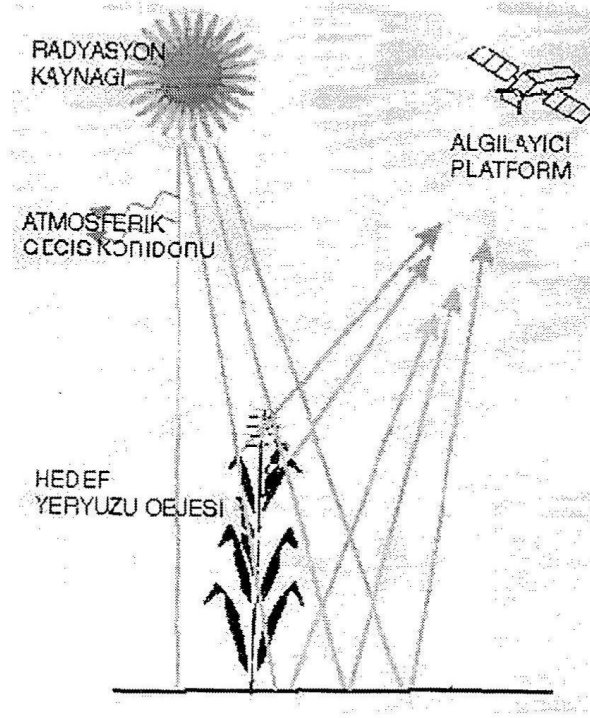
2.1. Uzaktan Algılama Sisteminin Çalışma Prensipleri

Dinç ve ark. (1992), uzaktan algılama olayında dört temel elemanın bulunduğunu belirtmişlerdir. Bunlar; Radyasyon Kaynağı, Atmosferik Geçiş Koridoru, Hedef-Yeryüzü Objeleri ve Algılayıcı-Platformlardır (Şekil 1). Aşağıda söz konusu bu dört temel elemanın özelliklerine ilişkin bilgiler verilmiştir.

Maktav ve Sunar (1992), yeryüzünü örten materyallerle ilgili bilgilerin, bu materyallerden yayılan enerjinin uzaysal ve spektral dağılımlarından elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Uzaktan Algılama olayında dört temel eleman bulunmaktadır. Bunlar;

- A) Radyasyon Kaynağı
- B) Atmosferik Geçiş Koridoru
- C) Hedef-Yeryüzü Objeleri
- D) Algılayıcı Platform



Şekil 1. Uzaktan Algılamanın Temel Elemanları (Dinç 1992, Lillesand ve Kiefer 2000)

a) Radyasyon Kaynağı;

Dünyamız için en önemli radyasyon kaynağı Güneştir. Güneş enerjisi, elektromanyetik dalgalar halinde ve sabit ışık hızıyla yeryüzüne ulaşmaktadır.

Uzaktan Algılama, elektromanyetik enerjinin cisimlerle etkileşmesi esasına dayandığı için elektromanyetik spektrumun (EMS) temel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu sayede, farklı özelliklere sahip yeryüzü örtü tiplerinin EMS'un belirli bölgelerinde ışığı yansıtma farklılıklarından yararlanılarak o cisimler hakkında detaylı bilgiler toplanabilmektedir. Schanda'ya göre uzaktan algılamada doğal ve yapay olmak üzere iki farklı radyasyon kaynağı kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, doğal radyasyon kaynağı olan güneştir. Zira güneş, elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarındaki enerjiyi sürekli olarak yeryüzüne göndermektedir. Uzaktan algılamada kullanılan ikinci radyasyon kaynağı ise elektromanyetik spektrumu çeşitli dalga boylarında yapay olarak üretilen ve çeşitli düzeneklerle cisimler üzerine gönderilebilen enerjidir. Uzaktan algılama bilim dalında algılama yapan düzenekler birinci tür enerjiyi kaydederek işlevini yürütüyorsa buna "pasif" algılama, düzeneklerin kendileri cisim üzerine yapay olarak üretilen enerjiyi gönderip yansıyan enerjiyi kaydediyorsa buna da "aktif" algılama adı verilmektedir (Sarı 1987).

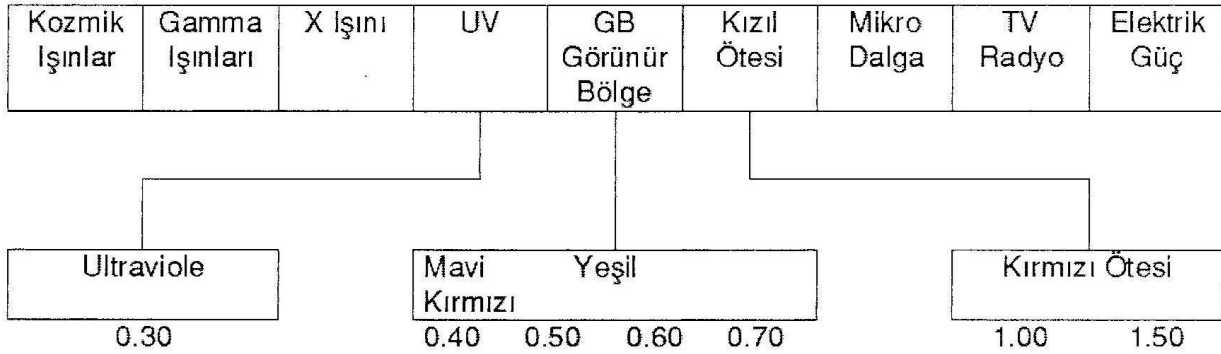
Hem aktif ve hem de pasif algılamada kullanılan dalga boyları ise ikiye bölünebilmektedir. Bunlar;

1. **Optik Dalga Boyları;** 0,3-16 μm
2. **Radar Dalga Boyları ;** 0,83-133 cm

Kameralar ve çok bandlı tarayıcı sistemler (MSS, TM) optik dalgaboyu bölgesinde çalışır. Bu bölge temel uzaktan algılama çalışmaları için esastır. Radar dalga boyları ise özel amaçlı işlemlerde kullanılmaktadır (Örn; Askeri amaçlar).

Araştırmacılara göre elektromanyetik spektrum, çeşitli dalga boyları şeklinde uzaya yayılan radyasyon enerjisini içermektedir. Güneşin elektromanyetik spektrumu optik dalga boylarında, a) Yansiyabilen ve

b)Yayınabilen dalga boyu bölgelerine ayrılmıştır. Yansıyabilen dalgaboyları, mor ötesi (0.3-0.4 μm), görülebilir (0.4-0.7 μm), yakın kırmızı ötesi (0.7-1.3 μm) ve orta kırmızı ötesi (1.3-3 μm) şeklinde sınıflanabilmektedir. Yayınabilen dalga boyları ise, elektromanyetik spektrumun 3-16 μm dalga boyu bölgesinde yer almakta ve "Isıl Bölge" olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacılar, sınırlı bir algılayıcı olan insan gözünün, elektromanyetik tayfın çok küçük bir dilimine (0.4-0.7 μm) duyarlı olduğunu, fotoğrafik algılayıcıların ise insan gözünden biraz daha fazla bir alana (0.3-0.9 μm) duyarlı olduğunu ifade etmişlerdir (Şekil 2).(Dinç ve ark. 1992, Önder 1993, Lillesand ve Kiefer 2000).



Şekil 2. Elektromanyetik Spektrum (Dinç ve ark. 1990, Lillesand ve Kiefer 2000)

Silva, radyasyon kaynağını oluşturan güneş spektrumunun optik bölgesini yani optik spektrumu açıklamıştır. Araştırmacıya göre insan gözü, yaklaşık 0.45 ile 0.70 μm dalga boyları arasındaki ışınım duyarlı olduğundan, bu dalga boylarına "Görünür Dalga Boyları" adı verilmiştir. 0.72 ile 3.0 μm arasındaki bölge, spektrumun yansıyan kızılötesi (Infrared=IR) bölgesi adını almaktadır. Bu da ayrıca, yakın kızılötesi (0.72-1.3 μm) ve orta kızılötesi (1.3-3 μm) dalga boyu alt bölgelerine ayrılmıştır. 3.0'dan 7.0 μm 'ye kadar olan dalga boyu bölgesi için genellikle özel bir adlandırma yapılamamıştır. Atmosferik etkiler, bu bölgede ışınım verilerinin yorumlanmasını çok karmaşık bir hale getirmekte ve bu dalga boylarının uzaktan algılama uygulamalarındaki yararlılığını kısıtlamaktadır. 7.0'dan 15.0 μm 'ye kadar olan dalga boylarındaki elektromanyetik enerji ise, spektrumun uzak kızılötesi bölgesi olarak tanımlanmaktadır (Maktav ve Sunar, 1992).

İnsan gözü tarafından da görülebilir veya algılanabilen görünen ışık, elektromanyetik radyasyonun çeşitli şekillerinden sadece birisidir. Televizyon ve radyo dalgaları, ısı enerjisi, morötesi (ultraviyole) ışınları, x-ışınları, gamma ışınları, kozmik ışınlar ve kızıl ötesi ışınlar ise insan gözünün algılayamadığı enerji şekilleridir. Uzaktan algılamada kullanılan elektromanyetik dalgaları, "Elektromanyetik Spektrum" skalasındaki dalga boylarının yerleri ile tanımlamak ve sınıflandırmak en genel şekildir. Elektromanyetik spektrumda "görülebilir=visible" bölümü son derece küçük olup, sadece 0.4 ila 0.7 mikrona kadar olan dalgaboyları arasında uzanmakta ve bu bölge "Mavi" (0.4-0.5 mikron), "yeşil" (0.5-0.6 mikron) ve "kırmızı" (0.6-0.7) olmak üzere üç farklı renge karşılık gelen bir alanı kapsamaktadır.

b) Atmosferik Geçiş Koridoru;

Dinç ve ark. (1986)'na göre, güneş enerjisi yeryüzünden önce atmosfere ulaştığında, güneş radyasyonunun en etkin soğurucuları olan; su buharı, ozon ve karbondioksit tarafından soğurulurlar. Söz konusu bu gazlar, bazı dalgaboyu bandlarında elektromanyetik enerjiyi absorbe etme eğilimindedirler. Daha büyük moleküllü cisimler de (buz, toz, pus ve sis) radyasyon enerjisini dağıtmakta ve yeryüzüne ulaşmasını engellemektedir.

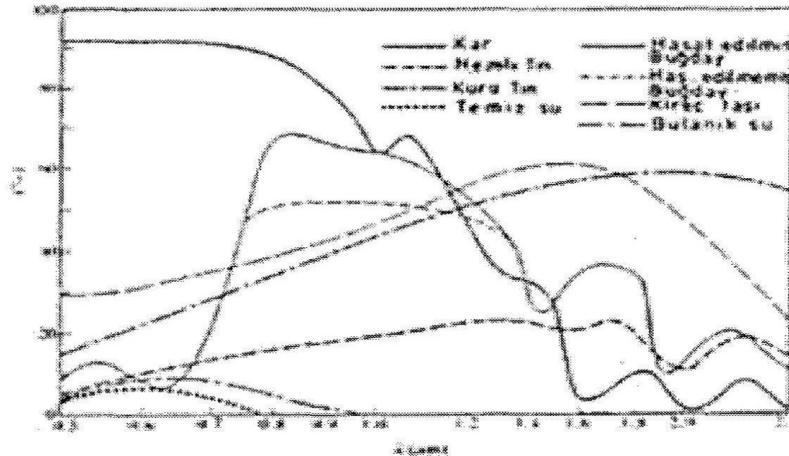
Diğer bir belirlemeyle güneş enerjisinin yalnız belirli dalga boyları yeryüzüne kadar ulaşabilmektedir. Atmosferde meydana gelen söz konusu bu absorpsiyon, en çok mor ötesi ve kırmızı ötesinde olmakta, görülebilir ışıkta ise çok az meydana gelmektedir. Araştırmacılara göre geçirgenliği yüksek olan dalgaboyu bölgelerine "Atmosferik Pencere" veya "Atmosferik Geçiş Koridoru" adı verilmektedir. Önder (1993)'de uzaktan algılamada veri toplama işleminin "Atmosferik Pencere" adı verilen bloke edilmemiş spektral bölgelerle sınırlı olduğunu belirtmiştir.

c) Hedef Yeryüzü Objeleri;

Atmosfer bileşiklerinin izin verdiği koridordan geçerek yeryüzünün belli başlı örtü tiplerine çarpan güneş enerjisi bu materyallerce ya soğürulur, ya yansıtılır veya kendi içerisinde iletilir ve ısı olarak yayılır.

Fitzgerald ve Hignam'a göre Elektromanyetik Spektrumun farklı dalga boylarında, yeryüzü materyallerinin enerjiyi benzersiz ve kendilerine özgü olarak farklı şekilde yansıtmaları ve yaymaları, algılayıcılara gelen enerji miktarının herhangi bir yöntemle analiz edilmesi ile materyallerin birbirlerinden ayırt edilerek tanınmasında önemli sonuçların elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Dinç ve ark. 1992). Farklı yeryüzü materyallerinin tanınmasında da özellikle elektromanyetik spektrumun 0.3-16 μm bölgesinde yer alan enerjiden yararlanılmaktadır. Bununla birlikte araştırmacılar, dünyanın her yerinde geçerli olabilecek her tipik obje için belli bir yansıma karakteristiğini saptamanın oldukça güç olduğunu ve bunun nedeninin ise objelerin buldukları çevre koşullarından önemli derecede etkilenmelerinin olduğunu belirtmişlerdir (Lillesand ve Kiefer, 2000).

Hoffer ve Lindenlaub, uzaktan algılama sistemi içerisinde hedefi oluşturan yeryüzeyinin farklı birkaç temel örtü ile kaplı bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar, bu temel örtü tiplerinin, genel anlamda **1) Bitki örtüsü, 2.) Kaya ve Toprak kompleksleri, 3) Su yüzeyleri ve 4) İnsan yapısı objeler** şeklinde ayırt edilebileceğini ifade etmişlerdir (Sarı 1987). Araştırmacılara göre, bu farklı dört temel yeryüzü objesi, kendilerine gelen güneş enerjisinin belli bir kısmını kendi özelliklerine bağlı olarak yansıtmakta ve yaymaktadır (Sarı 1987, Lillesand ve Kiefer, 2000). Bu dört temel yeryüzü objesinden bazılarının EMS içerisindeki genel özellikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3. Bazı Yeryüzü Örtü Tiplerinin Elektromanyetik Tayf İçindeki Yansıtımları (Rees 1990, Lillesand ve Kiefer 2000).

Şekilden de anlaşılacağı gibi görülebilir bölgedeki objelerin ışığı yansıtma karakteristikleri birbirine çok yakındır.

Yakın kırmızı ötesinde ise bitki örtüsü enerjinin önemli bir kısmını yansıtmakta ve diğer objelerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Önder (1993), yeryüzü özelliklerinin üç temel türü olarak nitelediği doğal yeşil bitki örtüsü, kuru-çıplak toprak ve berrak göl suyunun tipik spektral yansımaya eğrisini tartışmıştır. Araştırmacıya göre, sağlıklı yeşil bitkilere ait spektral yansımaya, elektromanyetik spektrum içinde çoğu kez tepe ve çukur şeklinde meydana gelmektedir. Spektrumun görülebilir dalgaboyunda, bitkilerde görülen çukur yansımaya (absorbsiyon), bitki yapraklarındaki pigmentlerle ilgilidir ve klorofiller, yaklaşık 0.45 ve 0.65 μm dalga boylarında kuvvetli bir şekilde enerji soğurmaktadır. Bu bölgede mavi ve kırmızı enerjinin çok yüksek derecede soğurulması ve yeşil enerjinin bu oranda yansıtılması, bitkilerin yeşil renkte görülmesine neden olmaktadır.

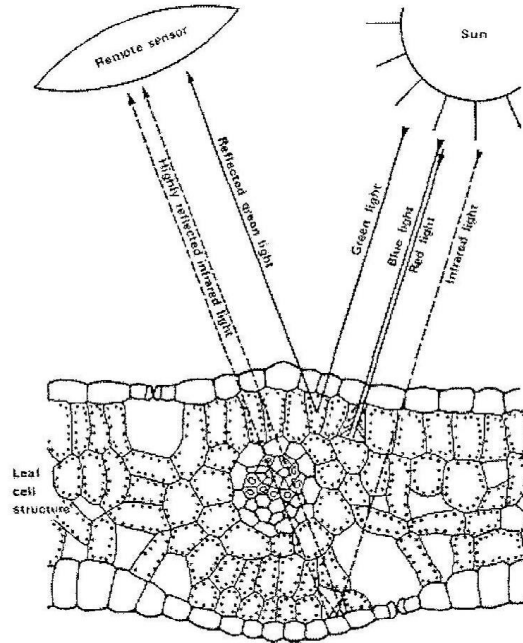
1) Bitki Örtüsü;

Bitkiler diğer objeler gibi, herhangi bir kaynaktan gelen ışınları yansıtır, yayar, emer(soğurur) ve dağıtır. Bunlardan özellikle bitki örtüsünden yansımaya ve soğurulma olayı çeşitli dalga boylarındaki ışınlarda farklı derecede olmaktadır.

Bitki örtüsünün yansımaya düzeyi Elektromanyetik Spektrumun (EMS) farklı dalga boylarında değişiklik göstermektedir. Bu dalgalanmanın nedeni aşağıda kısaca açıklanmıştır.

a)Görülebilir Işın Bölgesi (0.4-0.7 μm);

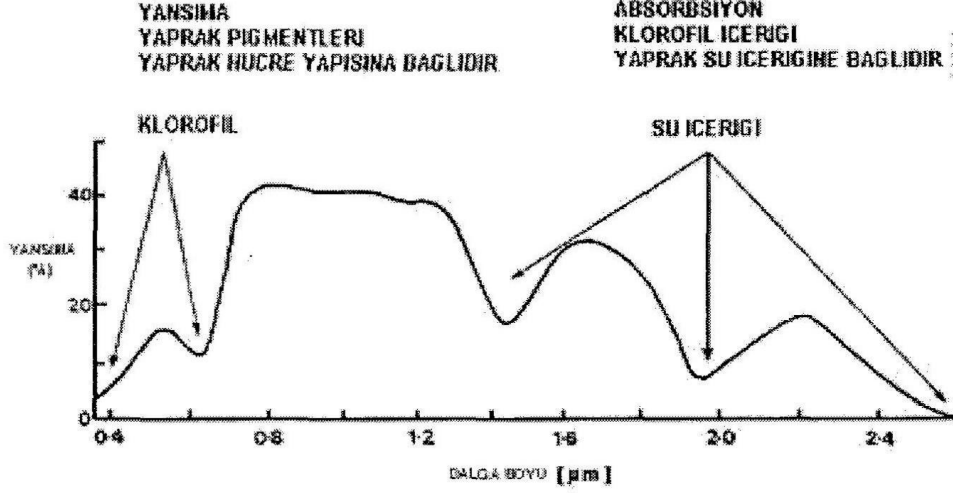
Bu bölgede bitki yapraklarındaki pigmentlerin normal ışığı fazla miktarda soğurmaları nedeniyle düşük yansımaya olmaktadır. Soğurma özellikle mavi ve kırmızı ışığın bitki yapraklarında süregiden fotosentez işleminde kullanılmasından dolayıdır.



Şekil 4. Tipik Yeşil Bir Yaprığın Yansımaya Karakteristiği (Baret ve Curtis, 1976)

Kacar (1989), fotosentez olayında görev yapan en aktif pigmentlerin, bitkilerin yeşil pigmentleri olan klorofiller olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre yeşil pigmentler, klorofiller, bitkilerin yapraklarındaki mezofil hücrelerinde en fazla bulunurlar. Fotosentezde önemli rol oynayan bu pigmentlerin absorpsiyon yöreleri, fotosentez için en etkin enerji dalgaboylarını göstermesi yönünden değer taşımaktadır. Nitekim araştırmacıya

göre bitkiler, mavi ve kırmızı ışığı büyük oranda soğururlar. Klorofillerin belli dalga boylarındaki enerjiyi absorbe etmeleri, bu enerjiyi ya fotosentezde kullanılan ve dalgaboyu başka olan bir enerjiye dönüştürmelerinden ya da fotosentez için gerekli bileşiklere doğrudan aktarmalarından dolayıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Bitkilerin Elektromanyetik Spektrumun (EMS) Farklı Dalgaboylarında Absorbsiyon ve Yansıtım Özelliği (Swain ve Davis 1978)

b) Yakın ve Orta Kızılötesi (0.7-1.3 µm)

Bitkiler EMS'un yakın ve orta kızılötesi bölgesindeki enerjiyi (0.7-1.3 µm) yansıtırlar. Spektrumun bu bölgesinde soğurulma çok az olduğundan, yansıma çok yüksek olup, bitki tipine bağlı olarak yansıma %30-70 arasında değişmektedir. Bu aralıktaki yüksek yansımanın nedeni daha çok bitki yapraklarının iç yapısından kaynaklanmaktadır. Bitki türlerinin iç yapısındaki farklılıklar nedeniyle bu bölgedeki yansıma ölçümleri ile benzer görünen farklı bitkiler kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Bu bölgedeki yansıyan enerjinin miktarı ile bitki sağlığı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

c) Uzak Kızılötesi (1.3 > µm)

Bitkiler EMS'un uzak kızılötesi (1.3 µm >) bölgesinde ise üzerine gelen enerjiyi esas olarak yansıtmakta yada soğurmaktadır. Enerjinin bitki dokuları içerisindeki iletimi ya çok az olmakta ya da hiç olmamaktadır. Yansımada azalmanın olduğu 1.4, 1.9 ve 2.7 µm dalga boylarında bitki yapraklarında bulunan suyun gelen enerjiyi ileri derecede soğurması sözkonusudur. 1.6 ve 2.2 µm dalga boylarında ise yansıma en üst düzeye çıkmaktadır. Spektrumun bu bölgesinde yansıma, yaprakların toplam su yüzdesi ile yakından ilişkilidir.

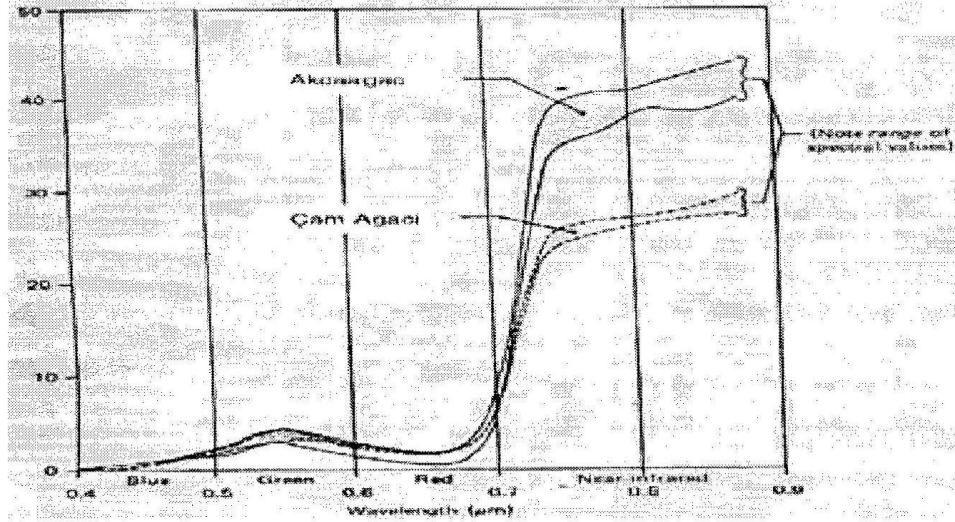
Yaprak yansımasındaki değişimler;

Bitki yansımasındaki değişimler iç ve dış faktörler olarak iki konuda incelenmektedir.

Yansımayı etkileyen iç faktörler;

Yaprağın morfolojik yapısı EMS'un yakın kızıl ötesi bölgesinde yansımayı etkileyen esas faktördür. Bu bölgede çok az soğurulma meydana gelir. Bu dalga boyunda soğurulacak enerji ile ortaya çıkabilecek yaprak sıcaklığının proteinlerin zarar görebileceği düzeye kadar yükselmesi nedeniyle bitki az soğurum yapmaktadır. Nitekim bitki, enerjiye ihtiyacı olduğu yerde soğurma yapmakta, buna karşılık aşırı ısınmayı önlemek için yakın kızılötesi ışınlarını yansıtmaktadır. Farklı bitki türlerinde görülebilir bölgede yansıma yönünden önemli farklılıklar

gözlenmemesine karşılık yakın kızılötesi bölgede önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Örneğin, görünür bölgede benzer yansımaya veren akça ağaç ve çam ağacı, yakın kızılötesi bölgede yansımaya yönünden önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Akça ağaç ve Çam Ağacından Spektral Yansımaya (Lillesand ve Kiefer, 2000)

Bitkilerde yansımayı etkileyen dış faktörler;

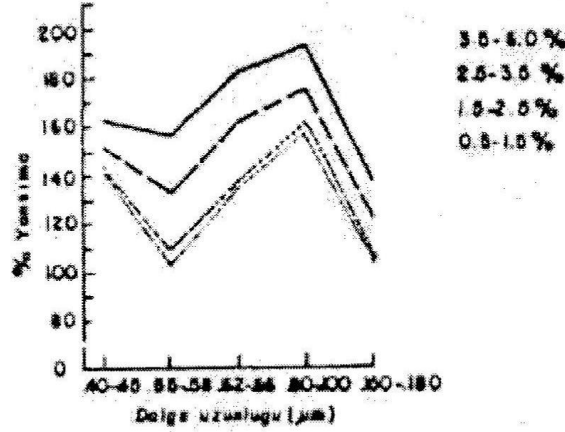
Bitkinin yaşadığı ortam koşulları, bitki çeşidine bağlı olarak değişen düzeylerde, bitki yaprağının morfolojisini, su içeriğini, yüzey özelliklerini etkilemektedir. Yapraklardaki aşırı su kaybı, besin elementi noksanlığı, toprak tuzluluğu, bitki hastalıkları, güneş ışınının geliş açısı yansımaya etkileyen önemli dış faktörlerdir.

2) Kaya ve Toprak Kompleksleri;

Kayaçlardan yansıyan ışık miktarı kayaların tekstürüne ve kaya yüzeyinin özelliklerine bağlıdır. Ayrışmış kayaçlar ayrışmamış olanlara göre ışığı daha az yansıtırlar. Topraklardan yansımaya ise toprağın rengine, tekstürüne, strüktürüne, kimyasal bileşimine, organik madde içeriğine ve su içeriği gibi kompleks toprak özelliklerine bağlıdır.

Toprak rengi, onun kimyasal bileşimi yanında özellikle organik madde miktarı tarafından önemli oranda etkilenmektedir. Topraklardaki renk değişimi uydu verilerinde görülebilir dalga boyunda belirlenebilmektedir. Toprak tekstürünü oluşturan katı parçacıkların (kil, silt ve kum) zerre çapı küçüldükçe yansımaya azalmaktadır. Nitekim EMS'un görülebilir dalgaboyu aralığında, doğal koşullarda killi topraklar kumlu topraklara göre daha az yansımaya karakteristiği göstermektedir. Toprak strüktürü ise topraktan yansımaya önemli oranda etkileyen bir faktördür. Strüktürü gelişmemiş veya strüktürsüz topraklardan yansıyan ışık iyi strüktürlü topraklardan %15-20 daha fazladır. Toprakların kimyasal bileşimi topraktan yansıyan ışık miktarını etkileyen önemli bir özelliktir. Toprakların demir ve kalsit minerallerini baskın olarak içermeleri farklı yansımaya vermelerine neden olmaktadır. Örneğin, EMS'un yakın kırmızı ötesinde ferrik demir absorpsiyon özelliği göstermektedir. Toprakların organik madde içerikleri ise toprağın spektral özelliğini etkileyen baskın bir özelliktir. Az ayrışmış organik maddeye sahip toprakların yansımaya özellikle yakın kırmızı ötesinde yüksek, aşırı ayrışmış organik maddeye sahip toprakların yansımaya ise 0.5 -2.3 µm dalga boylarında düşüktür (Sarı 1986, Önder 1993, Lillesand ve Kiefer, 2000) .

Araştırmacılara göre toprak, elektromanyetik tayfta yansımaya olayı içerisinde, spesifik dalga boylarını en az düzeyde etkileyici bir yapıya sahiptir. Toprak yansımalarını etkileyen faktörler karmaşık, değişken ve birbirleriyle ilişkilidir. Şekil 7’de toprak organik madde içeriğinin yansımaya etkisi verilmiştir.

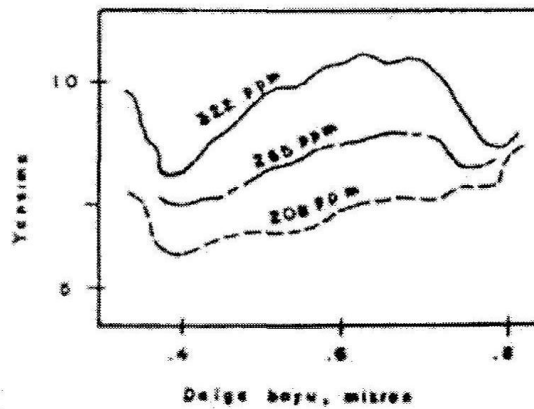


Şekil 7. Toprak Organik Madde İçeriğinin Yansımaya Etkisi (Sarı ve ark.1988)

3) Su Yüzeyleri;

Bilindiği gibi yeryüzünün 2/3'ünden fazlasını göl, deniz ve okyanuslar oluşturmaktadır. Su yüzeyinden yansımaya ile sadece suyun yüzeyi değil suyun belirli derinliklerdeki özellikleri hakkında da bilgi sağlanmaktadır. Suyun klorofil içeriği, askıdaki organik ve inorganik parçacıkların miktarı, suyun derinliği gibi özellikleri yansımaya etkilemektedir.

Suyun spektral yansımalarının en belirgin özelliği, elektromanyetik tayfın yansıyan kızılötesi dalga boyunda enerjiyi soğurmasıdır. Su, ister göl, ister akarsu kitlesi olsun, bu dalga boyundaki enerjiyi soğurma özelliğine sahiptir. Bu nedenle uzaktan algılama verileri ile su kütlelerinin belirlenme işlemi, soğurma özelliği nedeniyle kızılötesi dalga boyunda daha kolay yapılabilir. Su yüzeylerinden güneş enerjisinin bir kısmı geri yansır, ancak önemli bir kısmı ise su içerisinde iletilir. Su içerisinde bulunan partiküller ise enerjiyi önemli oranda yansıtırlar. Bu nedenle görünür bölgede bulanık su temiz suya göre daha parlak görülür. Kırmızı ötesinde ise anılan parçacıklar gelen enerjiyi soğurdukları için daha koyu görünürler. Endüstri atıklarının kirlettiği nehirde yapılan bir çalışmada farklı yansımalar tespit edilmiştir (Şekil 8).

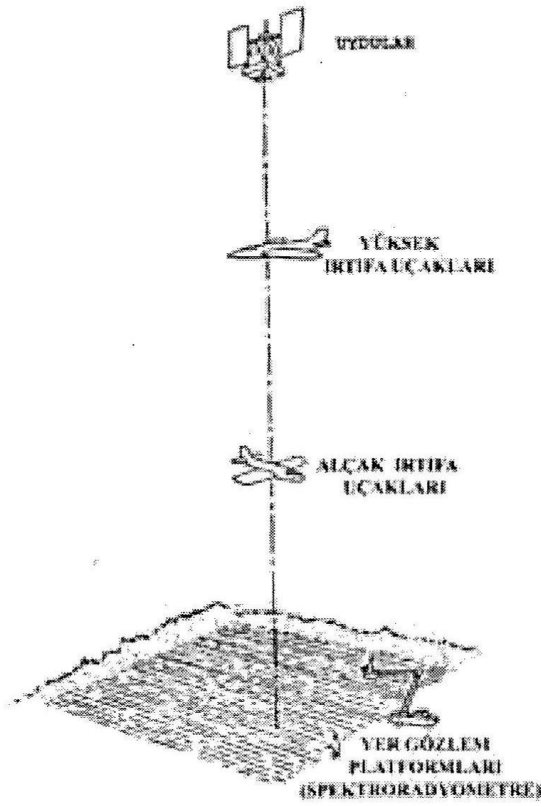


Şekil 8. Bir Çelik Fabrikası Artıklarında Kirletici Konsantrasyonunun Bir Fonksiyonu Olarak Yansımadaki Değişmeler (Dinç, 1992)

d) Algılayıcı Platformlar;

Uzaktan algılama teknikleri, çeşitli tipteki gözlem platformlarından uygulanabilir ve her bir platform seyir veya sabit, kendine özgü nitelikleri içerir. Genel bir sınıflandırmayla üç tip platform uzaktan algılama konusunda büyük ilgi toplamaktadır. Bunlar, **yer gözlemi platformları (spektroradyometre)**, **hava gözlemi platformları (yüksek ve alçak irtifa uçakları)** ve **uzay gözlemi platformları (uydular)** dır (Şekil 9).

Schanda, yeryüzü objelerinden yansıyan veya yayılarak gelen enerjiyi, yer yüzeyinin belirli bir yüksekliğinden veya uzaydaki herhangi bir yörüngeden kaydeden düzeneklere "algılayıcı platform" adını vermiştir. Bu enerji kaydı, algılayıcı düzeneklere yerleştirilen çeşitli gereçler tarafından elektromanyetik spektrumun değişik dilimlerinde yapılmaktadır (Sarı 1987).



Şekil 9. Algılama Yapan Platformlar (Lillesand ve Kiefer, 2000)

Yer Gözlem Platformları:

Yer gözlem platformları, algılama ve materyal arasındaki karşılıklı ilişkiyi ve bu ilişkinin temel fiziki yasalarını kavramak amacıyla yapılmaktadır. Bu çalışmaların temelini arazi ve laboratuvar çalışmaları oluşturmaktadır. Bu tip çalışmalarda spektroradyometre adı verilen cihazlar kullanılmaktadır. Söz konusu bu cihazlar EMS'un farklı dalga boyu aralıklarını ölçme yeteneğine sahip olup, çeşitli dedektörler sayesinde arazi ölçümleri yapılmaktadır.

Hava Gözlem Platformları:

Bunlara uçak platformları adı da verilmektedir. Yapılan çalışmalar yöresel ve sınırlı olmaktadır. Fotoğrafik kameralar, çok bantlı tarayıcılar, radarlar ve mikrodalga alıcıları, uçak platformlarından en etkin olarak kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde fotoğrafik kameralar, EMS'un görünür bölgesinde yakın kızılötesi bölgesinde ve mor ötesi bölgesinde çalışırlar. Bunlar en önemli uzaktan algılayıcı sistemlerdir.

Uzay Gözlemi Platformları:

Jensen (1986), algılama yapan bazı uzay gözlem platformları ve bunların temel özelliklerini açıklayarak uzaktan algılama platformlarının sistem ve fonksiyonlarını bir çizelge haline getirmiştir. Hazırladığı bu çizelgede uyduların spektral dalga boylarını, algılama genişliğini, yer ayırım gücü ve zamansal algılama sıklığı gibi temel algılayıcı özellikleri yanı sıra bitki, su ve orman alanlarının belirlenmesinde hangi dalga boyu aralıklarının daha kullanışlı olabileceğini de belirtmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Algılama Yapan Bazı Platformlar ve Özellikleri (Jensen 1986).

Algılayıcı Platformlar	Dağılım (μ m)	Yüzey Ayırım Gücü (μ m)	Zaman (gün)	Bitki	Toprak -Kaya	Su	Orman
1. Landsat-3							
RBV ¹							
Band	0.505-0.75 μ m	30*30 m	18 gün	A	G	L-N	U-W
MSS²							
Band 4	0.5-0.6 μ m	79*79 m	18 gün	A	G	L,N	U,V
Band 5	0.6-0.7 μ m	79*79 m	18 gün	A,C	G	L	U,V
Band 6	0.7-0.8 μ m	79*79 m	18 gün	C	G	L-N	U,V
Band 7	0.8-1.1 μ m	79*79 m	18 gün	C	G	L-N	U,V
Band 8	10.4-12.6 μ m	240*240 m	18 gün	D	H	O	Y
2. Landsat-4,5							
MSS		Yukarıdaki Gibi	16 gün	Band 8 Dışında Yukarıdaki Gibi			
TM ³							
Band 1	0.45-0.52 μ m	30*30 m	16 gün	A,B	G	L-N	U-W
Band 2	0.52-0.60 μ m	30*30 m	16 gün	A	G	L,N	U-W
Band 3	0.63-0.69 μ m	30*30 m	16 gün	A,C	G	L	U-W
Band 4	0.76-0.90 μ m	30*30 m	16 gün	C	G	L-N	U-W
Band 5	1.55-1.75 μ m	30*30 m	16 gün	E	G	L	-
Band 6	10.40-12.5 μ m	30*30 m	16 gün	D	H	O	U
Band 7	2.08-2.35 μ m	30*30 m	16 gün	E	I	L	U
3. NOAA Serisi							
AVHRR/2 ⁴							
Band 1	0.58-0.68 μ m	1.1*1.1 km	14.5 gün	A	G	O	-
Band 2	0.725-1.10 μ m	1.1*1.1 km	14.5 gün	C	G	O	-
Band 3	3.55-3.93 μ m	1.1*1.1 km	14.5 gün	-	-	O	-
Band 4	10.5-11.3 μ m	1.1*1.1 km	14.5 gün	D	H	O	-
Band 5	11.5-12.5 μ m	1.1*1.1 km	14.5 gün	D	H	O	-

¹ Dönel Işınlı Kamera

² Çok Bandlı Tarayıcı

³ Thematic Mapper

⁴ Yüksek Ayırım Güçlü Radyometre

Bitki

- A. Klorofil Konsantrasyonu
- B. Karetanoid Konsantrasyonu
- C. Biyokütle (Biomass)
- D. Yüzey Sıcaklığı
- E. Nem İçeriği

Toprak ve Kaya

- G. Kaya Tipi ve Yüzey Hattı Haritalanması
- H. Yüzey Sıcaklığı
- I. Hidrotermal Değişim

Su

- L. Alan Genişliğinde
- N. Kara/ Su sınırlarının Belirlenmesi
- O. Su Basmalarında

Orman Yapısı

- U. Anderson Seviyesi I
- V. Anderson Seviyesi I
- W. Anderson Seviyesi I

Uzay gözlemi platformları (Uydular) büyük alanların daha kısa zamanda incelenmesine olanak sağlarlar. Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan platformlar içerisinde en önemlileri uydulardır. Son yıllarda bir çok uydu uzaya gönderilmiştir. Söz konusu bu uydular 30x30 m çözünürlükten (Landsat), 1x1 m çözünürlüğe kadar (Ikonos) algılama yeteneğine sahiptir.

Yeryüzüne ilişkin verilerin elde edilmesinde klasik hava fotoğrafçılığının sınırlı kalması, insanoğlunu uzaydan, daha geniş alanların, daha hızlı ve ayrıntılı biçimde algılanmasını sağlayan çeşitli uzaktan algılama araç, gereç ve tekniklerini geliştirmeye yöneltmiştir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak 4 Ekim 1957'de SPUTNIK-1 ile başlayan uzay yarışı, LANDSAT, METEOSAT, SOYUZ ve SPOT, IKONOS gibi projeler ile yeryüzü doğal kaynaklarının uydu verileri ve uzaktan algılama metodları ile araştırılmasında yeni ufuklar açmıştır.

3. UZAKTAN ALGILAMA BİLİM DALININ UYGULAMA ALANLARI

Genel olarak uzaktan algılama uygulamaları, bütünüyle yer yüzüne ait bilgilerin değerlendirilmesi ile ilgilidir (Önder 1993). Nitekim uzaya gönderilen çeşitli uydular vasıtasıyla yeryüzü hakkında oldukça kapsamlı bilgiler elde edilmiştir. Hava tahminleri ve ana meteorolojik olayların izlenmesi amacıyla uzaya gönderilen NOAA/TIROS, GOES, NIMBUS uyduları, yer kaynaklarının algılanması ve araştırılmasında LANDSAT uydular serisi ve yine yeryüzü kaynaklarının araştırılması ve kartoğrafik uygulamalar için planlanan SPOT uydular serisi ve daha birçok benzer uydularla, uzaktan algılama bilim ve teknolojisinin uygulama alanları her geçen gün hızla genişlemektedir.

Aşağıda uzaktan algılama bilim ve teknolojisinin tarımsal alanlardaki uygulamalarına ilişkin detaylı literatür bildirimleri verilmiştir. Ayrıca tarımsal uygulamalar dışındaki bildirimlere de kısaca değinilmiştir.

3.1. Tarımsal Uygulamalar

Tarımsal üretim deseninin ve alansal dağılımların belirlenmesi ve planlanması, bitki besin maddesi noksanlıklarının ve zararlanma etkilerinin belirlenmesi, tarımsal ürünlerde verim tahmini çalışmalarının yapılması ve daha bir çok konuda çalışmalar yapılmaktadır.

Ahlics ve Bauer (1983), tarımsal uzaktan algılama çalışmaları sayesinde verim modellerinin geliştirilmesi, bitki gelişmesine etkili olan çevre şartlarıyla birlikte bitkisel değişkenler arasındaki ilişkilerin spektral olarak tahmin edilmesi ve yorumlanmasının mümkün olduğunu bildirmiştir.

Carter ve Gardner , Landsat çok kanallı tarayıcı (MSS) verilerinin, arazi örtüsü ve arazi kullanım tiplerinin uzaysal dağılımlarının haritalanması ile ilgili çalışmalarda 1970'lerden beri kullanıldığını belirtmişlerdir (Khorram ve ark. 1991).

Idso ve ark., uzaktan algılama yöntemi ile tarımsal ürünlerin değerlendirilmesi programlarında üç ana gereksinimin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bunlar; a)Ürün varlığının tanınması, b)Farklı tipteki ekili alanların belirlenmesi, c)Birim alandaki verimin değerlendirilmesidir. Araştırmacılar, ürün kapsamlı geniş alan çalışmalarında uygulanacak bir uzaktan algılama programında, yukarıda belirtilen ilk iki gereksinimi sağlamak için, güneş ışınımının bitkilerden yansıyan değerlerin kullanılması gerektiğini, verimi değerlendirmek için de yerden yapılan gözlemlere, istatistiksel ve iklimsel modellemelere ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir (Peştemalci 1992).

Lillesand ve Kiefer 2000, bitkilerin de diğer objelerde olduğu gibi herhangi bir kaynaktan gelen ışınları yansıttığını, yaydığını, emdiğini (soğurduğunu) veya dağıttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre, özellikle bitki örtüsünden yansıma ve soğurulma olayları, çeşitli dalga boyu bölgelerinde farklı şekillerde olmaktadır. Nitekim bitki örtüsü, yakın kızılötesi (0.76-0.90 μm) bölgesinde üzerine gelen spektral enerjinin önemli bir kısmını geri yansıtmakta, bu da bitki örtüsünün kızılötesi dalga boyu bölgelerinde, diğer objelerden (örneğin su yüzeyleri, toprak vd.) kolay bir şekilde ayrılmasını sağlamakta ve bu teknoloji sayesinde alan ve verim modellemeleri rahatlıkla gerçekleştirilmektedir.

Maas (1993), geniş alanlı tarlalarda uzaktan algılama verilerini kullanarak yaptığı çalışmasında, yetişen ürünlerin niteliklerinin çok hızlı bir şekilde tahmin edilebilmiştir.

Thomas ve ark.'na göre bitkilerde besin maddesi noksanlığı, değişik anormal oluşuklara neden olmaktadır. Bu tip oluşuklara örnek olarak yapraklarda kloroz, sararma ve su noksanlığının neden olduğu solgunluklar örnek olarak verilebilmektedir. Bitkilerde besin maddesi noksanlığı sonucu ortaya çıkan klorozlar, doğrudan doğruya bitkilerin yansıma karakteristiklerini de etkilemektedir. Nitekim besin maddesi noksanlığı, görülebilir dalga boylarında bitkilerden fazla yansımaya neden olurken, kızılötesi bölgesinde normalden daha az yansımaya neden olmaktadır, böylelikle tarımsal ürünlerde çok geniş alanlarda, uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak besin maddesi noksanlıkları da belirlenebilmektedir. (Şenol 1992).

Yanyou ve ark. (1986), Çin Beian bölgesinin yirmidört ayrı örnek alanında buğdayın yeşil ürün ve gelişim durumunun analizini yapmıştır. Çalışmada 5. ve 7. bandlar kullanılarak buğdayın kendine has ayırdedilebilir özelliği değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarla buğdayın hasattan önce ürün tahmininin yapılabileceği desteklenmiştir.

Ahric ve Bauer (1983), uzaktan algılama teknolojisini buğday ekili tarım arazilerinin alan tahmininde kullandıklarını belirtmişlerdir. Sözkonusu bu tahmin çalışmalarında, ilkbahar buğday örtüsünün çok bandlı spektral yansıma karakteristiklerini ve zirai ilişkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında uzaktan algılama ile yapılan ölçümlerden seçilmiş örtü türlerinin tahmin edilmesi amacıyla potansiyel değerlendirme yapılmasını ve bunlar arasındaki ilişkiyi belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmaya göre, ilkbahar buğday örtüsünün makro gelişme safhasının her birinden, 1975, 1976 ve 1977 yılları boyunca, 0.4-2.5 µm dalga boylarındaki yansıma spektrumları elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan parametreler, bitki günü, N'lu gübrelemeler, kültivasyon ve toprak neminin farklı düzeylerini içermektedir. Buğday örtüsünün zirai karakterleri ise gelişme safhası, bitki ağırlığı, taze ve kuru ağırlık, yaprak alan indeksi (LAI) ve toprak yüzeyi örtü yüzdesini içermektedir. Korelasyon ve regresyon analizlerinin de yapıldığı çalışmada, bitki su içeriği, canlı ağırlık, LAI, toprak yüzeyi örtü yüzdesi ile bu parametrelere ilişkin yansıma faktörleri arasında yüksek korelasyonlar bulunmuştur. Araştırmacılar, orta infrared yani 5. bandın (1.55-1.75 µm) bitki su içeriğini ve birçok bitki çeşidinin taze ve kuru ağırlığını belirlemede en iyi band olduğunu, yakın infrared dalga boyu olan 4. bandın (0.76-0.90 µm) ise toprağın ürün tarafından örtülme yüzdesinin ve yeşil LAI'nin açıklanmasında çok önemli olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca orta infrared dalga boyu bölgesindeki spektral ölçümlerin öneminin görünür ve yakın infraredten daha iyi olduğunu da belirtmişlerdir. Nitekim araştırmacılar, buğday çeşitlerinin 3., 4. ve 5. bandlar arasında yapılan ölçümlerle doğru bir şekilde belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Yine bu çalışmayla, TM sensörlerinin yansıma dalgaboyu bandlarının buğday çeşitlerinin tahmininde MSS bandlarından daha iyi olduğu ve daha kuvvetli ilişkide bulunduğu tesbit edilmiştir.

Yuzhu (1990), Çin'de yaklaşık 21 milyon ha'lık buğday ekili alanlarda uzaktan algılama yöntemiyle kışlık buğday üretimini tahmin etmeye çalışmıştır. Yapılan çalışmada, ileri düzeyde ayırma (resolution) sahip NOAA uydu verileri ile Landsat MSS ve TM görüntüleri kullanılmıştır. Kış boyunca, yeşil ürünün bulunduğu dönemlere ait uydu görüntüleri periyodik olarak temin edilmiş ve ayrıca 140 bölgedeki 400 yer istasyonu şebekesindeki çeşitli tarımsal bilgiler ve bazı spektrometrik ölçümler de bu amaçla kullanılmıştır. Araştırmacı, 1986 ve 1988 yılları boyunca uzaktan algılama yöntemiyle elde ettiği veriler ile, gerçekleşen verim arasında % 2.3 ila % 4.5 arasında değişen hata oranları bulmuştur.

Görülebileceği üzere, tarımsal uygulamalarda uzaktan algılama teknolojisi çok geniş bir yelpazeye sahiptir. Kısaca özetlenecek olursa, uzaktan algılama teknolojisi sayesinde tarımsal ürünlerde ürün daha hasat edilmeden alan ve verim çalışmaları sonderece güvenilir bir şekilde yapılabilmekte, bitkilerde hastalık ve zararlılar tespit edilerek önlem alınması sağlanabilmekte ve bir çok çalışmalar yürütülmektedir.

3.2. Diğer Uygulamalar

Dinç (1980), Harris (1990), Rees (1990), Sarı (1987), Önder (1993) ve daha pek çok araştırmacı uzaktan algılama tekniklerinin çok çeşitli uygulamalarda kullanıldığını ifade etmişlerdir. Uydulardan elde edilen görüntü ve sayısal veriler ile bugün için, jeoloji, hidrojeoloji, bitki örtüsü, arazi kullanımı, toprak etüd ve haritalama, erozyon, hava tahmini, ürün belirlemesi, çevre kirliliğinin araştırılması ve doğadaki canlı hayvan hareketlerinin izlenmesi, duman görünmeden çok önce orman yangınlarının yerinin bulunması, su kirliliğinin ve buz dağlarının hareketlerinin belirlenmesi, küçük ve orta ölçekli topoğrafik haritaların üretimi ve bunların güncelleştirilmesi gibi daha pek çok alanda uzaktan algılama teknolojisinin kullanıldığı bilinmektedir ve bu çalışma alanları verilebilecek örneklerin sadece birkaçıdır.

Luscombe (1990), Uygun arazi kullanımlarının tesbit edilmesi ve tesbit edilen bu kullanımların gelişimine destek olması amacıyla doğal kaynakların haritalanması ve belirlenmesinin uzaktan algılama teknolojisinin en önemli ve gelişmiş uygulamaları arasında olduğunu ifade etmiştir.

4. KAYNAKLAR.

- 1) ERDAS FIELD GUIDE, 1991. Erdas Field Guide Second Eddition. Ver.7.5, Erdas, Inc. 2801 Buford Highway Suite 300 Atlanta, GA 30329. USA.
- 2) LILLESAND T.M AND R.W.KIEFER, 2000. Remote Sensing and Image Interperation. Fourth Edition Book. ISBN 0-471-25515-7 Printed in the United States of America.
- 3) MAKTAV, D. ve F. SUNAR, 1992. Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım (Çeviri).[Editörler: Philip H. Swain ve Shirley M. Dawis]. İTÜ. İnş. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl. Ayazağa-İSTANBUL.
- 4) ÖNDER, M., 1993. Kavramlar Temel Esaslar Uydu Sistemleri Uygulama Alanları. H.Ü. Müh. Fak. Uzaktan Algılama Ders Notları 23., Beytepe-ANKARA.
- 5) DİNÇ, U., I. YEĞİNGİL., V. PEŞTEMALCI., 1992. Uzaktan Algılamanın Temel Esasları. Ç.Ü. Zir. Fak. ve Ç.Ü.B.B.A.U.M. Workshop Uzaktan Algılama ve Tarımda Uygulamaları, sayfa 1-1/1-22. ADANA.
- 6) SARI, M., 1987. Landsat-4 Uydusu Sayısal Verileri Yardımıyla Detaylı Temel Toprak Haritalarının Oluşturulması Üzerinde Araştırmalar. Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi. ADANA.
- 7) DİNÇ, U., I. YEĞİNGİL., V. PEŞTEMALCI., 1986. Uzaktan Algılamanın Temel Esasları. Uzaktan Algılama Lisansüstü Yaz Okulu, sayfa 1-1/1-22. ADANA.
- 8) BARET and CURTIS, 1976, Reflectance characteristics of typical green leaf structure. Chloroplasts reflect green wavelengths but absorb blue and red wavelengths for use in photosynthesis. Spongy mesophyll cells strongly reflect infrared wavelengths. (<http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00b2/ceos1/irsd/figures/5.htm>)
- 9) KACAR, B., 1989. Bitki Fizyolojisi. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları: 1153. Ders Kitabı: 323 (3. Baskı). ANKARA.
- 10) SWAIN and DAVIS 1978, Typical reflectance and absorption characteristics of green vegetation. (<http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00b2/ceos1/irsd/figures/30.htm>)
- 11) SARI, M., U. DİNÇ., S. ŞENOL., I. YEĞİNGİL., V. PEŞTEMALCI., 1988. Computer Assisted Soil Mapping of the Seyhan River Plain Using Landsat TM Data. Remote Sensing is a Tool for Soil Scientists' 5th sym. of the Working group, Remote Sensing. Budapest, HUNGARY.
- 12) JENSEN, J.R., 1986. Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. ISBN 0-13-500828-x 025.
- 13) AHLRICS, J.S. ve BAUER M.E., 1983. Relation Of Agronomic And Multi Spectral Reflectance Characteristics of Spring Wheat Canopies. Agronomy Journal Vol.75, pp.987-993.

- 14) KHORRAM, S., J.A. BROCKHAUS., A. GERACI., 1991. A Regional Assessment of Land-Use/ Land-cover Types in Sicily with TM Data. *Int. J. Remote Sensing*. Vol. 12, No.1, pp. 69-78.
- 15) PEŞTEMALCI, V., 1992. Yer Ölçümleri. Ç.Ü. Zir.Fak. ve Ç.Ü.B.B.A.U.M. Workshop Uzaktan Algılama ve Tarımda Uygulamaları, sayfa 6-1/6-13. ADANA.
- 16) MAAS, S. J., 1993. Within-Season Calibration of Modelled Wheat Growth. Using Remote Sensing and Field Sampling. *Int. J. Remote Sensing*. Vol. 9, No. 2, 295-301.
- 17) ŞENOL, S., 1992. Bitki Örtüsü. Ç.Ü. Zir.Fak. ve Ç.Ü.B.B.A.U.M. Workshop Uzaktan Algılama ve Tarımda Uygulamaları, sayfa 5-36/5-40. ADANA.
- 18) YANYOU, M., Y. BOCHUNG., G. RUIKUAN., L. WEIGANG., M. HONG., 1986. Study on the Spectral Radiometric Characteristic and the Spectrum Yield Model of Spring Wheat in the Field of Besion City. Helio Jiong Province, China. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Enviromental Management/ Enschede/* pp. 291-292.
- 19) YUZHU, L., 1990. Estimating Production of Winter Wheat by Remote Sensing and Unified Ground Network II. Nation Wide Estimation of Wheat Yields. *Applications of Remote Sensing in Agriculture*[Edited by] J.A. Clark, M.D. Steven ISBN 0-408-04767-4: pp:149-158, China.
- 20) HARRIS, R., 1990. Satellite Remote Sensing. *Satellite Remote Sensing for Agricultural Projects*. World Bank Thecnical Paper Number 128. ISBN 0-8213-1625-7. Washington DC. USA.
- 21) REES, W.G., 1990. *Topics in Remote Sensing Physical Principles of Remote Sensing*. Cambridge University Press. Cambridge-U.K.
- 22) LUSCOMBE, B.W., 1990. Land Use Mapping in the Philippnes Using SPOT Satellite Imagery. *Satellite Remote Sensing for Agricultural Projects/J.P. Gastellu*, ISBN 0-8213- 1625-7, pp. 29-42.