

UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BİTKİ ÖRTÜSÜ ANALİZİ

Plant Cover Analysis Using Remote Sensing Methods

Celalettin DURAN

Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü

Eastern Mediterranean Forestry Research Institute

P.K. 18 33401 TARSUS

DOĞU AKDENİZ ORMANCILIK ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ

DOA DERGİSİ (Journal of DOA)

Sayı: 13 Sayfa: 45-67 Yıl: 2007

*Bu çalışma, F.Ü. Sos. Bil. Enst. Coğrafya
ABD' da Yüksek Lisans Semineri Olarak
Sunulmuştur.*

KISA ÖZET

Uzaktan Algılama teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak, mekânsal analizlerde kullanılan pek çok yardımcı veri, kolaylıkla elde edilebilir hale gelmiştir. Bu veriler, mekânsal bilgiye ihtiyaç duyan pek çok bilim için doğru sonuçlara ulaşma imkânı sunmaktadır. Bitki örtüsü, Uzaktan Algılama yöntemleri ile en rahat tanımlanabilen arazi yüzeyini oluşturur. Yansıma karakteristiklerine bağlı olarak; bitki örtüsünde tür ayrımı, bitki örtüsü tahribatı, hastalıklı grupların tespiti gibi pek çok bilginin yanında, risk değerlendirmelerinde ve sürdürülebilir bir planlama için değişim izleme (monitoring) modeli geliştirilebilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerle orman, tarım ve mera alanlarındaki bitki örtüsünün dağılımı ve karakteristikleri belirlenebilmektedir.

Bu çalışma ile güncel mekânsal analizlerde sıklıkla kullanılan Uzaktan Algılama tekniklerinin bitki örtüsü analizlerinde kullanımı araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Bitki Örtüsü, Analiz

*This study was presented being Master
Seminar in F.Ü. Enst. of Social Science,
Departman of Geography.*

ABSTRACT

Belong to development of Remote Sensing technologies could be easily obtained many auxiliary data which was used to relating to spatial analysis. This data gives correct results for many sciences using ground knowledge. Plant cover could be described rapidly with Remote Sensing Methods. By using this method; it would be developed information such as vegetation degradation, species of plant, determination of damaged plant groups etc., also risk assessment and monitoring model of land use changes for a sustainable planning according to reflective characteristics. In addition it would be determined the distribution and characteristics of vegetation in forest, agriculture and range area.

In this study, it was investigated to plant cover analysis by using Remote Sensing Techniques

Key Words: Remote Sensing, Plant Cover, Analysis

1. GİRİŞ

Uzaktan Algılama teknikleri; fiziki coğrafyanın hâlihazır durumun belirlenmesinde, haritalandırılmasında, planlanmasında, belirli periyotlarla takip edilmesinde, ortaya çıkan tahriplerin saptanmasında ve doğal ortamı oluşturan kaynakların yönetiminde en başarılı yöntem olarak kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri ise, gereksinim duyulan mekânsal bilgi hakkında güncel bilgileri elde etmede en önemli veri kaynaklarını oluşturmaktadır.

Uydu görüntülerinin sayısallaştırılmaya gerek kalmadan bilgisayar tarafından okunabilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile bütünleşebilmesi, düzenli olarak güncelleştirilmeye ve meydana gelen değişiklikleri izlemeye imkân tanınması, çok bantlı algılayıcılarıyla insan gözünün göremediği olguları-olayları görüntüleyebilmesi, uzaktan algılama yöntemlerini daha da önemli kılmaktadır. Uydu verileri ve görüntü işleme teknikleri, yer yüzeyi hakkında birçok verinin hızlı ve doğru bir şekilde elde edilme şansını verdiği gibi, yer yüzeyi parçası ile ilgili çok çeşitli mekânsal analizleri yapma olanağı da sunmaktadır. Elde edilen coğrafi verilerin amaca uygun bir şekilde tasarlanan bir coğrafi bilgi sisteminde, dolayısıyla coğrafi veri tabanında depolanması, sistemin sunacağı analiz kabiliyeti ile birlikte planlama, karar verme ve yönetim aşamasında göz ardı edilemeyecek kadar büyük olanaklar sunacaktır (KOÇ ve YENER, 2001).

Yeryüzü üzerindeki fiziki yapı, dinamik bir nitelik gösterir. Yeryüzü üzerindeki bitki örtüsü ile ilgili değişimin yersel yöntemlerle tespiti ve izlenmesi, özellikle dağlık bölgelerde bulunan çok farklı jeomorfolojik birimlerin oluşturduğu sahalarda, zaman alıcı ve hatta çoğu kez olanaksızdır. Böyle durumlarda bitki örtüsü analizlerinde, değişimin tespiti ve izlenmesinde uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemlerini kullanmak büyük kolaylık sağlamaktadır.

Uzaktan Algılama yöntemlerinin geniş uygulama sahası içerisinde, bitki örtüsü ile ilgili özelliklerin araştırılmasındaki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan bu çalışmanın akışı içinde, uzaktan algılamanın temel kavramları ve bitki örtüsü üzerindeki kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. UZAKTAN ALGILAMA DA TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Elektromanyetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyonun iki karakteristik özelliği uzaktan algılamada önemlidir. Bunlar; dalga boyu ve frekanstır.

Dalga boyu: Ardi ardına gelen dalga tepeleri arasındaki uzaklık şeklinde ölçülebilen bir dalga devrinin uzunluğudur. Dalga boyu genellikle Yunan harfi lamda (λ) ile gösterilir (Şekil 1). Dalga boyu metre (m) ölçü birimi ile veya nanometre (nm, 10^{-9} m), mikrometre (mm, 10^{-6} m) veya santimetre (cm, 10^{-2} m) gibi metre'nin alt birimleriyle ölçülür.

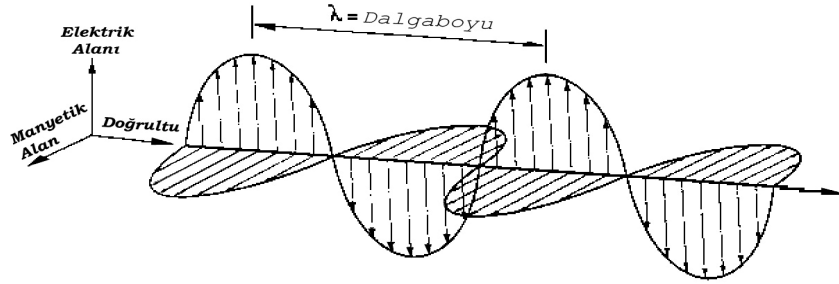
Frekans: birim zamanda sabit bir noktadan geçen dalga sayısını ifade eder. Frekans, normalde hertz (Hz) olarak ölçülür. Saniyede bir döngüye ve hertz'in çeşitli katlarına denktir.

Dalga boyu ile frekans, aşağıdaki formülle ilişkilendirilmiştir.

$$C = \lambda v$$

$C =$ Işık hızı $\lambda =$ Dalga boyu $v =$ Frekans

Burada (frekans ve dalga boyu) birbiriyle ters orantılıdır. Daha uzun dalga boyu daha düşük frekans demektir. Dalga boyu ve frekans ile ilgili olarak elektromanyetik radyasyonun karakteristiklerinin anlaşılması, uzaktan algılama ile elde edilen verinin anlaşılmasında ve değerlendirilmesinde çok önemlidir (JUSOFF ve MANAF, 1995).

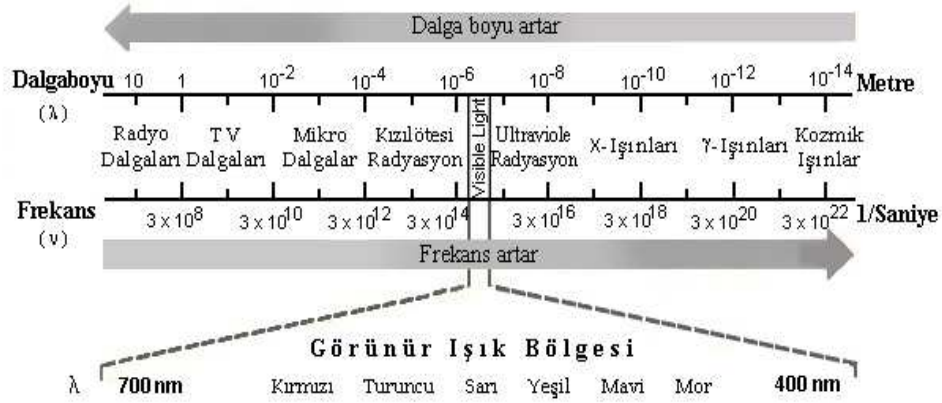


Şekil 1. Elektromanyetik Radyasyon
Figure 1. Electromagnetic Radiation

2.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum, gamma ve x ışınlarını içine alan kısa dalga boylarından başlayarak, mikro dalgalara ve yayınlanan radyo dalgalarını içine alan uzun dalga boylarına kadar uzanır. Dalga boyları dizisinin tamamı, elektromanyetik spektrum (EMS) olarak bilinir (Şekil 2).

Elektromanyetik spektrumun bazı bölgeleri, uzaktan algılama amaçlı kullanılabilir. Mutlak sıfır derecesinden daha yüksek ısıdaki bütün nesnelere, bu bölgelerde elektromanyetik radyasyon yayılır, üzerine düşen enerjiyi emer veya yansıtır. Foton denilen parçacıklar şeklinde ortaya çıkan, ölçülen bu enerji, aynı zamanda çeşitli dalgalar şeklinde yayılır. EMS'deki belirli dalga boyları ile tanımlanan alt bölgelere ayrılır.



Şekil 2. Elektromanyetik Spektrum
Figure 2. Electromagnetic Spectrum

Elektromanyetik spektrumunda, Radyo dalgaları: $10^4 - 10^2$ cm, Mikro dalgalar 1 cm, Kızılötesi dalgalar: 10^{-2} cm, Görünür Işık dalgaları: 10^{-5} cm, Ultraviole: 10^{-6} cm ve X-ışını: 10^{-8} cm aralığındadır (Şekil 2).

Güneş radyasyonu, dünya atmosferi içinden geçerken bir kısmı yansıtılır, bir kısmı emilir, bir kısmı ise geçirilir. Atmosfer, görünür ve kısmen de kızılötesine geçirgen olduğundan, uzaktan algılama uyduları bu dalga boyu bölgelerinde çalışırlar. Bir uyduya ulaşan enerji ölçümleri, uydudaki algılayıcılar tarafından sayısal olarak kaydedilir (Şekil 3).

2.3. Radyans (Radians)

Radyans, yeryüzündeki herhangi bir obje tarafından ışıyan enerjinin ölçüsü olarak ifade edilebilir. Birim alandan birim zamanda ve sabit açı içine yansıyan enerji olduğundan birimi; watt/steradyan/metrekaare'dir. Uzaktan algılama uyduları için nesneden yansıyan ışığın ne oranda görüldüğü olarak da tanımlaması yapılabilir.

2.4. Yansıma (Reflection)

Yansıma, bir hedefi terk eden ışık miktarının hedefe gelen ışık miktarına oranı olarak anlaşılır. Birimi yoktur. Yansıma; her objenin kendine özgü bir özelliği olarak ortaya çıkar ve gelen ışınımın dalga boyu dağılımı ile değişir.

2.5. Yayım (Emissivity)

Bir cismin kendi sıcaklığı nedeniyle yaptığı ışımanın ölçüsüdür. Yayım ile ilgili temel fizik yasalarından Kirchoff, Stefan Boltzmann, Wien Yer Değiştirme kanunları yayılan ışını açıklar.

Kara cisimleri için yayılan enerjinin emilen enerjiye oranı aynıdır (Kirchoff). Kara cisminin birim başına yaydığı enerji, cismin sıcaklığı arttıkça artar (Stefan Boltzmann). Yayılan ışınımın dalga boyu ve nesnenin sıcaklığı arasında ($\lambda=2897,8/T$), Planck sabiti (2897,8 $\mu\text{m K}$) ile orantılıdır (Wien).

2.6. Çözünürlük (Resolution)

Uzaktan Algılama görüntülerinde çözünürlük kavramı; mekânsal çözünürlük, spektral çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlük olarak birbirinden farklı şekillerde ifade edilir.

Mekânsal çözünürlük; bir görüntüdeki görülebilen mekânsal ayrıntının derecesini ifade eder. Algılayıcı sistemlerin anlık olarak görüntülenen alanın büyüklüğünü anlatır. Görüntü hücresinin (piksel) zemindeki boyutları olarak da açıklanabilir.

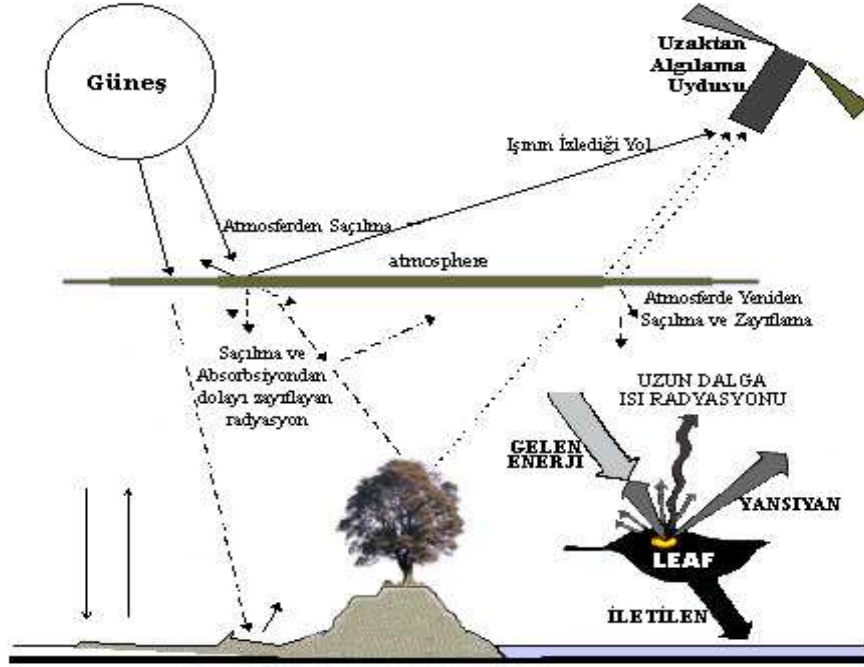
Spektral çözünürlük; bir algılayıcının elektromanyetik spektrumdaki belli bazı dalga boyu aralıklarında algılanmış görüntülerini belirtir. Bu sayede bir sensör sisteminin birçok dalga boyu genişliğine sahip elektromanyetik radyasyonu algılaması ile farklı nesnelere ayrı dalga boyu aralıklarına tepkilerini karşılaştırarak ayırt edilir.

Radyometrik çözünürlük; bir algılayıcı ile alınan veya filme kaydedilen görüntünün, elektromanyetik enerjinin miktarına olan hassasiyetini belirler. Elektromanyetik enerjideki çok küçük değişimleri belirleyebilme kabiliyetidir. Algılayıcının radyometrik çözünürlük hassasiyeti arttıkça elektromanyetik radyasyonun davranışını anlamak daha kolay olur.

Zamansal çözünürlük; bir uzaktan algılama sisteminin tamamen aynı bakış açısıyla aynı alanı hangi sıklıkla görüntülediği anlaşılır. Aynı alanı ikinci kez görüntülemek için geçen sürede alandaki değişikliği görmek açısından önemlidir.

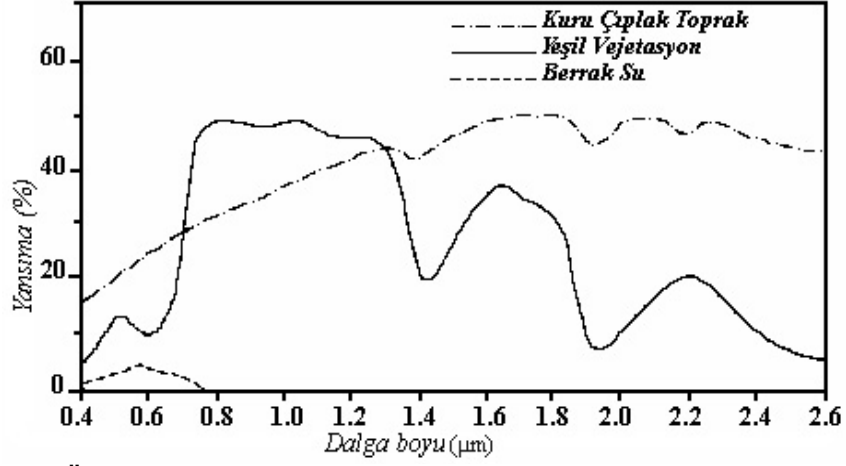
3. UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BİTKİ ÖRTÜSÜ ANALİZİ

Atmosferde yutulmayan, saçılmaya uğramayan radyasyon, yer yüzeyine ulaşır ve etkileşime uğrar. Enerji yer yüzeyine çarptığında yutulma, geçirilme ve yansıma şeklinde üç etkileşim meydana gelir. Toplam gelen enerji, bu üç halin bir veya bir kaç yoluyla yüzeye etkileşir. Bunlardan her birinin oranı, enerjinin dalga boyuna, materyal ve niteliklerin durumuna bağlı olarak değişir (Şekil 3). Yutulma; radyasyonun (enerji) hedef tarafından yutulduğunda, Geçirilme; radyasyonun hedef içinden geçtiğinde, Yansıma; radyasyonun hedefe çarparak geri dönüp yönü değiştiğinde meydana gelir. Uzaktan algılamada ise en çok ilgilenilen husus; hedeften yansıyan radyasyonun ölçülmesidir. Yansıma iki tipte sınıflandırılır: tam ve dağılan yansıma. Düz bir yüzeyde tam yansıma olur ve enerjinin hepsi yüzeyden tek bir yönde geri yansır. Yüzey engebeli olduğunda dağılan yansıma meydana gelir ve enerji neredeyse aynı biçimde, bütün yönlerde yansır. Yer yüzeyinin büyük bir kısmı, tam ve tam dağıtıcı yansıtıcı arasında bir özelliğe sahiptir. Gelen radyasyonun dalga boyundan ziyade objenin yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak hedef radyasyonu, hem tam hem de dağılan biçimde veya bu ikisinin arasında bir biçimde yansır.



Şekil 3. Yeryüzüne Gelen ve Yansıyan Radyasyonun Etkileşimi
 Figure 3. The General Behavior of Incoming and Outgoing Radiation on the Earth

Dalga boyları, yüzey varyasyonlarından veya yüzeyi oluşturan kendine özgü partiküllerin büyüklüklerinden çok daha küçük olduğunda dağıtıcı yansıtma egemen olacaktır. Cisimlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile görünür bölgelerde oluşan spektral değişiklikler, renk diye adlandırılan olgunun ortaya çıkmasına neden olur. Birçok uzaktan algılama sistemi, temelde yansıma enerjisinin ağır bastığı dalga boyu bölgesinde çalıştığından cisimlerin yansıtma özellikleri çok önemlidir. Her cisim yansıtma özellikleri bakımından farklılık gösterir ve bu davranış spektral yansıtma eğrisi denilen bir eğri ile gösterilir (Şekil 4). Spektral yansıtma özellikleri belirli spektral bölgelerde farklılık gösteren cisimler, bu bölgelere duyarlı uzaktan algılama görüntülerinde farklı sayısal renk değeri ile temsil edilir. Bu nedenle cisimlere ait spektral yansıtma özelliklerin bilinmesi, belirli bir uygulama için gerekli uzaktan algılama verisinin elde edilmesi gereken dalga boyu bölgesinin seçiminde önemli rol oynar (TEİLLET vd.,1997; JUSOFF ve MANAF 1995).



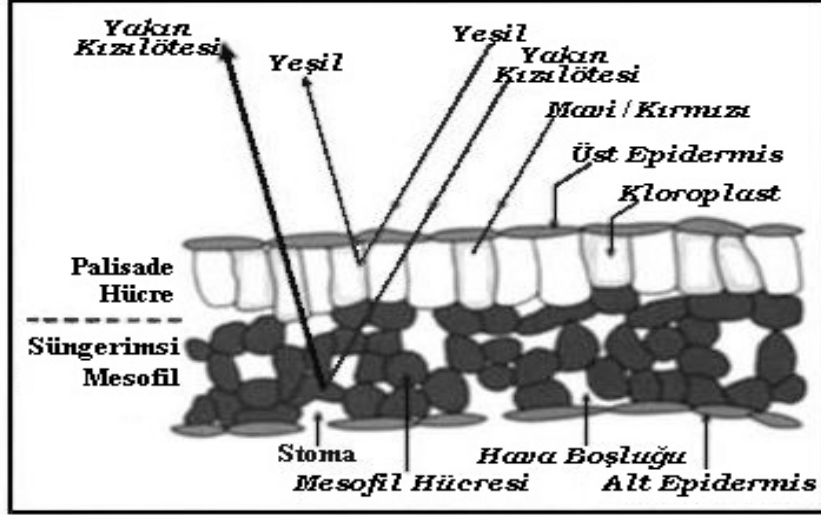
Şekil 4. Üç Farklı Materyalin Ortalama Yansımaya Eğrisi

Figure 4. Average Spectral-Response Curves for Three Materials.

Nesnelerin spektral yansımaya özellikleri oldukça çeşitlilik gösterir. Aynı tür nesnelere dahi, zaman ve konumuna bağlı olarak farklı yansımalarla sahip olabilir. İnceleme konusu olan nesnelerin spektral yansımalarını etkileyen faktörlerin anlaşılması, nesne ile elektromanyetik radyasyonun etkileşiminin doğru biçimde yorumlanması için önemlidir.

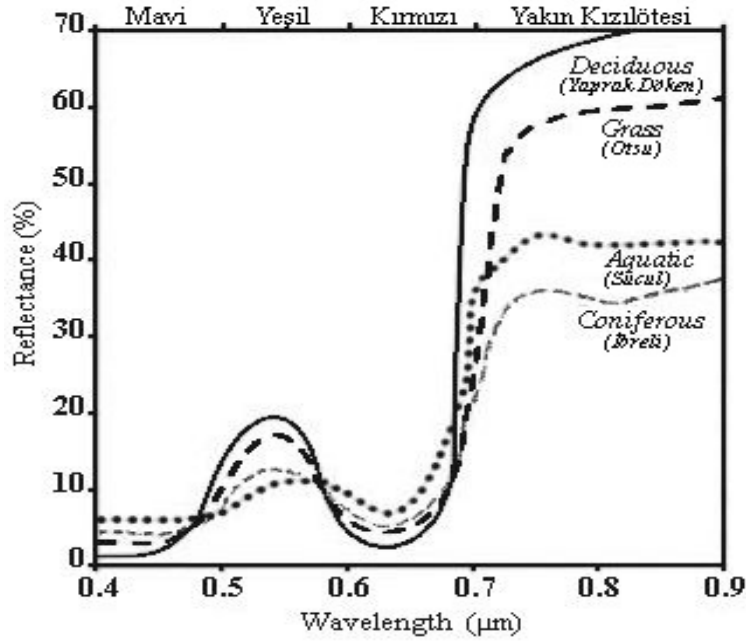
3.1. Bitki Örtüsünün Spektral Yansımaya Karakteristiği

Yeryüzü objeleri içinde uzaktan algılama yöntemiyle en kolay ve sağlıklı olarak tanımlanıp, incelenmesi mümkün olanı bitki örtüsüdür. Bunun en önemli nedeni algılayıcı ile bitki örtüsü arasında görüntü kalitesini etkileyebilecek herhangi bir nesnenin yer almamasıdır. Ayrıca önemli bir faktörde, bitki türlerinin kendine özgü tipik yansımaya göstermesidir. Bitkiler hücre yapılarına, yaprak ve yüzey genişliklerine, yapılarında buldukları su miktarına ve doğal ortamlarındaki konumlarına göre çeşitli dalga boylarındaki ışınları kendilerine özgü bir şekilde absorbe ederler ya da yansıtırlar. Her bir bitki türü kendine özgü hücre yapısı ve doğadaki duruş şekline sahiptir. Böylece bitki türlerinin birbirinden ayırt edilebilmeleri mümkün olmaktadır. Genel olarak bitkiler, görünür ışın bölgesi denilen 0,4–0,7 μm dalga boyundaki ışınları absorbe ederler. Kızılötesi ışınlar ise çok düşük oranda absorbe ederlerken çok büyük bir bölümünü yansıtırlar (CCRS, 2003; TEILLET vd. 1997) (Şekil 5).



Şekil 5. Bir Yaprak Kesitinin Görünür ve Yakın Kızılötesi Dalgası Radyasyona Karşı Yansımaya Özelliklerin Gösterimi

Figure 5. Generalized Diagram of a Leaf's Structure and Its Reflectance Characteristics at Visible and Near IR Wavelengths.



Şekil 6. Dört Farklı Bitki Türünün Spektral Yansımaya Eğrileri

Figure 6. Average Spectral-Response Curves for Four Types of Vegetation.

Kızılötesi ışınların bitkilerce güçlü fakat farklı oranlarda yansıtılmaları, algılanması ve analiz edilmesi açısından çok büyük kolaylık sağlar. Örneğin; iğne yapraklı türlerden oluşan bitki örtüsü, yapraklı türler ve yoğun çayırlık veya tarımsal alanlardaki bitki örtülerine göre kızılötesi ışınları daha düşük oranda yansıtır (Şekil 6).

3.1.1. Görülebilir Işın Bölgesi (0,4–0,7 µm)

Görünür bölgede (0,4–0,7 µm) yaprakların pigmentasyonu dominant faktördür. Burada yansıma klorofil, karoten, ksantofil ve antosyanin gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıtım çok düşüktür. Çünkü yapraktaki klorofil, yaklaşık olarak 0,45 ile 0,65 µm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarından gelen enerjinin çoğunu yutmaktadır. İki klorofil-yutma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir yutma kaybı, yaklaşık 0,54 µm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki, bu yeşil dalga bölgesidir. İşte bu dalga boylarındaki düşük yutulma; normal, sağlıklı yaprakların gözümüze görünmesine neden olmaktadır. Eğer bir bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa, klorofil-yutma bantlarında daha az yutulma olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıma sahip olacaklarından, sarımsı veya "klorotik" renkte gözükecektir (MATKAV ve SUNAR, 1991).

Bu bölgede bitki yapraklarındaki pigmentlerin ışığı fazla soğurmaları nedeniyle düşük yansıma olmaktadır, bu nedenle 0,4–0,7 µm bölgesi pigment soğurma dilimi olarak tanımlanır. Soğurma özellikle mavi ve kırmızı ışığın bitki yapraklarında süre giden fotosentez işleminde kullanılmasından ileri gelmektedir. Yeşil dalga enerjisinin önemli bir miktarı ise geri yansıtılmaktadır. Bunun sonucu olarak, yaşayan bitkiler yeşil görünmektedir.

Klorofil dışında ilgilenilen diğer pigmentlerden Karotenler ve ksantofiller (sarı pigmentler) genellikle yeşil yapraklarda bulunur ancak spektrumun mavi bölgesinde bir yutma bandına sahiptir. Bir bitki yaşlandıkça klorofil genellikle kaybolur. Bu da karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur ki ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedeni budur. Aynı şekilde sonbaharda klorofil üretimi azaldığında

bazı ağaçlar fazlaca antosyanin üretir ve bunun sonucunda da yaprakları açık kırmızı görünüm alır (MATKAV ve SUNAR, 1991).

3.1.2. Yakın Kızılötesi Bölgesi (0,7–1,3 μm)

Spektrumun bu bölgesinde soğurulma çok az, yansıma çok yüksek olduğundan bitki türüne bağlı olarak arasında yansıma oranı (%30–70) değişmektedir. Geri kalan enerjinin yüksek bir miktarı ise yaprak içine iletilmektedir. Soğurulma ise spektrumun bu bölgesinde minimum olmaktadır. 0,3–1,3 μm dalga boyları arasında bitkiden yansıma, daha çok bitki yapraklarının iç yapısından etkilenmektedir. Bitki türlerinin iç yapı yönünden önemli farklılıklar göstermesi nedeniyle, bu bölgedeki yansıma ölçümleri, görülebilir dalga boylarında aynı görülen bitki türlerini dahi ayırt etmeye olanak sağlar.

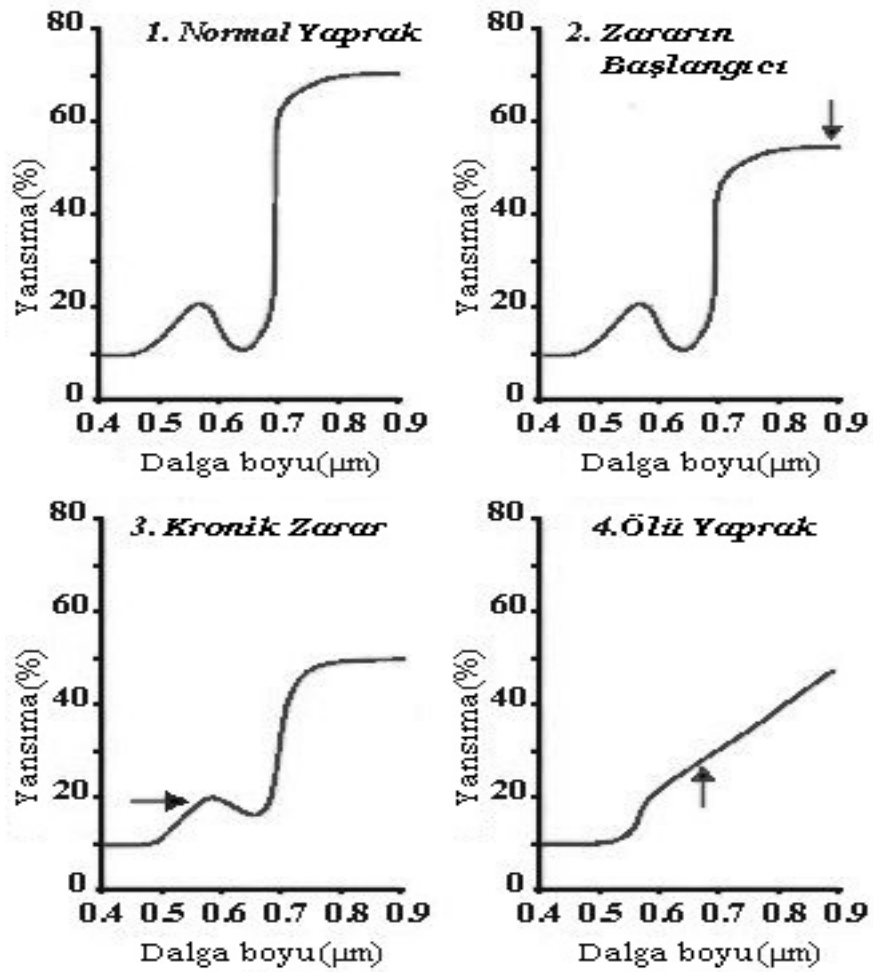
Sağlıklı yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesi bölgesinde (0,7–1,3 μm), görünür dalga boyları ile karşılaştırıldığında, çok yüksek yansıtım (yaklaşık: %45'den %50'ye kadar), çok yüksek geçirgenlik (yaklaşık: %45'den %50'ye kadar) ve çok düşük yutulma (%5'den az) ile karakterize edilmektedir (Şekil 7) Bitki yapraklarının iç (hücre) yapısı çok karmaşıktır. Yakın kızılötesi bölgesindeki yansıtımı kontrol altında tutan en önemli etken bu içyapıdır.

Yaprak yapısı bitki türleri için çok farklılık gösterdiğinden, buna bağlı yansıtımadaki farklılıklardan yararlanılarak türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıtma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır (Şekil 7).

1,3 μm 'den 0,7 μm 'ye doğru spektrumun yakın kızılötesi bölümünden görünür bölgeye gitmekte olduğumuz için sağlıklı vejetasyonda meydana gelen yansıma artmaktadır. 0,7–1,3 μm 'deki bitkilerin yansıma oranları birinci olarak bitki yapraklarının iç yapılarından olmaktadır. Bu yapı bitki türlerinde oldukça değişken olduğu için, yansımanın bu bölgede ölçülmesi bitki türleri arasındaki tanımlamaları kolaylaştırmaktadır. Burada görünür bölgedeki dalga boyları çok benzer olsa bile, bu işlemler çok kolay gerçekleştirilmektedir. Benzer şekilde, bitkilerin çoğu bu bölgede yansımalarını çok değişik şekillerde yapmaktadır ve alıcıların

bölge düzenlemeleri sık sık vejetasyon etkilerini belirlemede kullanılmaktadır (LİLLESAND, 1990).

Dalga boylarının 1,3 μm 'daki enerjisi boyunca yaprakların yansması genellikle toplam olarak yaprak içerisinde bulunan su muhtevası ile ilişkili olmaktadır. Bu toplam değer yaprağın hem içeriğinin hem de kalınlığının bir fonksiyonu olmaktadır (LİLLESAND, 1990).



Şekil 7. Bir Bitki Yaprakının Zarar Görme Safhalarının Spektral Yansıtma Eğrileri

Figure 7. Average Spectral-Response Curves for a Plant Leaf as It Progresses From a Healthy State through Different Stages of Damage

Çok sayıda yaprak tabakası, tek bir yaprak yansıtımı ile karşılaştırıldığında, spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde (%85'e kadar) daha yüksek yansıtıma neden olmaktadır. Bunun nedeni toplamsal (aditif) yansıtımdır. İlk (en üst) yaprak tabakasından geçirilen ve ikinci bir tabakadan yansıyan enerji, ilk tabakadan kısmen tekrar geçirilir. Örneğin, kendisine gelen yakın kızılötesi enerjinin %50'sini yansıtan ve yaklaşık %50'sini geçiren bir yaprak göz önüne alınırsa; geçirilen enerji, ikinci yaprak tabakasına gelir ve burada bunun yarısı (ilk enerjinin %25'i) tekrar geçirilir ve yarısı da yansıtılır. Daha sonra bu yansıyan enerji, bu enerjinin yarısını (yani orijinalinin %12,5'i) geçiren ve yarısını yansıtan en üst yaprak tabakasından tekrar geçer. Bu iki tabakalı örnekte, en üst yaprak tabakasından gelen toplam enerji, içeri giren enerjinin %65'i olmaktadır (MATKAV ve SUNAR, 1991)

3.1.3. Kızılötesi Bölgesi (1,3 µm'dan daha fazlası)

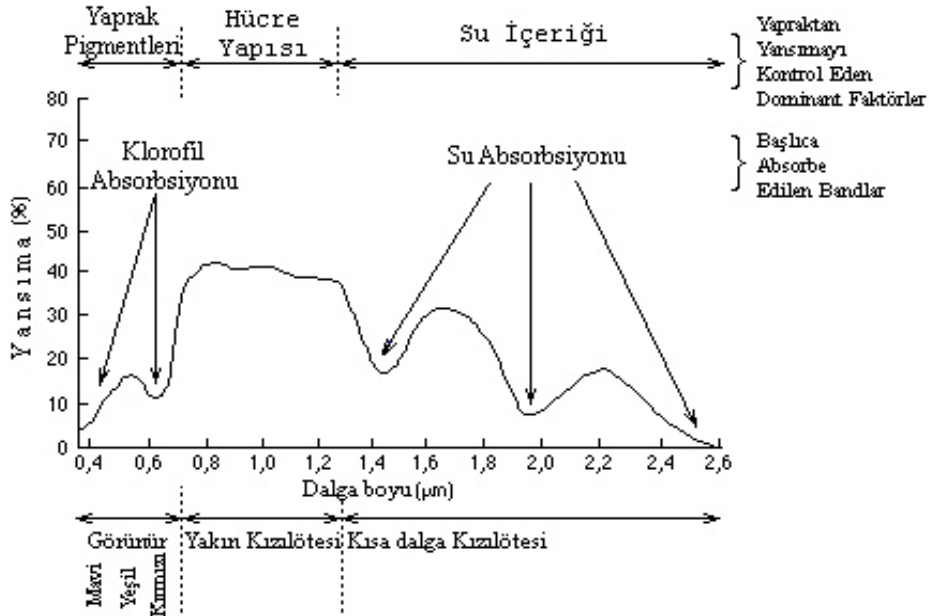
Orta kızılötesi bölgesinde (1,3–2,7 µm) bitkilerin su muhtevası spektral yansımaya etki eder. 1,4 µm, 1,9 µm, 2,7 µm yakınında oluşan güçlü su yutma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. Yansımaya eğrisi bu kısımlarda çukurluklar gösterir. Orta kızılötesi dalga boylarında yansıtım tepe noktaları ve su yutma bantları arasında, yaklaşık 1,6 µm ile 2,2 µm de oluşur. Gelen güneş enerjisinin bitki örtüsü tarafından yutulma derecesi yaprakta mevcut su miktarının bir fonksiyonudur. Yansıtım ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır. Yaprakların nem oranı azaldıkça, orta kızıl ötesi bölgesindeki yansıtım artar. Yapraklar nem kaybettikçe hücre yapılarında oluşan değişim yakın kızılötesi yansıtımı da etkiler (MATKAV ve SUNAR, 1991).

Bu bölgede bitki örtüsü üzerine gelen enerji esas olarak ya yansıtılmakta yada soğurulmaktadır. Bitki dokuları içinde iletimi ya çok az olmakta yada hiç olmamaktadır. Yansımada azalmanın 1,4–1,9 ve 2,7 µm dalga boylarında bitki yapraklarında bulunan suyun, gelen enerjiyi ileri derecede soğurması söz konusudur. Soğurmanın meydana geldiği bu bantlar arasında yer alan 1,6–2,2 µm dalga boylarında yansımaya en üst düzeye çıkmaktadır. Spektrumun bu bölgesinde yansımaya, yaprakların toplam su yüzdesi ile yakından ilişkilidir. Bu toplam su yüzdesi yaprağın hem kalınlığı hem de nem içeriğinin bir fonksiyonudur (CCRS, 2003).

3.2. Bitkilerde Yansımayı Etkileyen Faktörler

3.2.1. İç Faktörler

Yaprığın morfolojik yapısı, yakın kızılötesi bölgesinde bitki örtüsünden yansımayı etkileyen esas faktördür. Bu bölgede çok az soğurulma meydana gelir. Bunun nedeni bu dalga boyunda soğurulacak enerji, yaprak sıcaklığının proteinlerin zarar görebileceği düzeye kadar yükselmesine neden olacaktır. Nitekim bitki enerjiye ihtiyacı olduğu yerde soğurulma yapmakta, buna karşılık aşırı ısınmayı önlemek için yakın kızılötesi ışınlarını yansıtmaktadır. Aynı bitki üzerinde farklı derecede yansımaya gösteren yaprakların morfolojik yapısı da farklıdır. Bitkinin yaşlı alt yaprakları, genç yapraklara göre daha az yansımaya yapmaktadır. Nitekim bu yaprakların morfolojik yapıları da birbirinden farklıdır (NASA, 2003b). Yaprak yüzeyinin parlak, mat veya tüylü olması da yansımayı etkilemektedir. Vejetasyon türlerinin farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigmentleri olduğundan birbirinden bağımsız olarak farklı tipte spektral yansımaya tipleri vardır (Şekil 8).



Şekil 8. Bir Yaprakta Yansımayı Etkileyen Faktörlerin Gösterimi

Figure 8. Dominant Factors Controlling a Leaf Reflectance

3.2.2. Dış Faktörler

Bitkinin yaşadığı ortam koşulları, çeşitli bitki türlerini değişen düzeylerde olmak üzere, bitki yaprağının morfolojisini, su içeriğini, yüzey özelliklerini etkilemektedir. Bu da yapraklardan olan yansımanın optimum koşullarda meydana gelen yansımadan daha farklı olmasına neden olmaktadır. Yapraklardan olan yansımayı etkileyen dış faktörlerden en önemlileri aşağıda verilmiştir.

3.2.2.1. Yapraklardan Aşırı Su Kaybı

Toprağın nem içeriği ile doğrudan ilişkili bir faktördür. Bitkilerin topraktan ihtiyacı olan suyu karşılayamadığı durumlarda noksanlık söz konusudur. Bu da yansımayı etkilemektedir. Bu etki yakın kızılötesi dalga boylarında hafif yansımanın artması şeklinde görülürken, 1,5 µm'nin üzerinde yansımada önemli bir azalma söz konusudur (NASA, 2003b).

Yaprakların oluştuğu devredeki nem durumu da, bu yapraklardan olan yansımada etkili olmaktadır. Yüksek nem koşullarında oluşmuş bir yaprak bütün dalga boylarında daha az yansıma gösterir. Düşük nem koşullarında gelişmiş olan yapraklardan daha fazla yansıma olmaktadır.

3.2.2.2. Bitki Besin Elementlerinin Noksanlığı

Bitkide besin elementlerinin noksanlığı yapraklarda kloroz görülmesine, sararmasına, su noksanlığına, çiçeklerde renk değişikliğine ve diğer anormal oluşumlara neden olur. Örneğin demir noksanlığında yapraklar sararır, magnezyum noksanlığında damarlar arası renk kaybolur ve bazı bitkilerde kıvrılmalar olur. Azot noksanlığında genç yapraklar sararırken fosfor noksanlığında yaprak önce koyu yeşil renk alır, sonra bronzlaşır ve normal büyüklüğüne ulaşamaz. Bitki besin elementlerinin noksanlığı yanı sıra aşırı ve dengesiz miktarda bulunması da yapraklarda anormal gelişmelere neden olmaktadır. Bitki besin elementleri noksanlığı veya fazlalığı sonucu ortaya çıkan klorozlar, doğrudan bitkilerin spektral yansıma karakteristiklerini de etkilemektedir (NASA, 2003b).

3.3. Bitki İndekslerinin Oluşturulması

Genellikle bitki indeksi, elektromanyetik spektrumdaki farklı dalga boylu yansıma değerlerine matematiksel işlemler uygulanarak bitki örtüsünün yoğunluğunu gösteren tek bir değer elde edilmesidir. Yüksek değerlerde bitki indeksine sahip pikseller sağlıklı bitki örtüsünü gösterir. Bitki örtüsünün güçlü yansıma özelliği gösterdiği, farklı dalga boyundaki bantlar arası işlemler sonrası görüntü zenginleştirilmiş olur. Aşağıda bazı vejetasyon indeksleri verilmiştir.

Vegetation Index (Bant Oranlama indeksi)

Bitki indekslerinin en basit şeklidir. Multispektral tarayıcılar tarafından alınan bitki örtüsüne ilişkin görüntülerin farklı spektral banttaki iki dijital değer arasındaki orandır. Bant oranları, iki spektral bant arasında tersine ilişki olduğunda bazı gizli bilgilerin ortaya çıkmasını sağlar. Diğer taraftan topografyada meydana gelen gölge etkisini giderir. Bu oranlama yöntemi ile bitki örtüsünün genel sağlığı, toplam biyo-kütle, klorofil içeriği, arazi yüzeyini kaplayan vejetasyonun oranı gibi vejetasyon karakteristiklerini değerlendirmek için kullanılır (CCRS, 2003).

$$VI = NIR / R$$

Bitki örtüsünün spektral davranışı, yakın kızılötesi ve kırmızı bantlarla ilişki içindedir. Kırmızı banttaki yansıyan ışık (R) bitkideki klorofil tarafından yutulurken, yakın kızılötesi ışık (NIR) mezofil tarafından güçlü bir şekilde yansıtılır. Böylece oran (NIR/R) sağlıklı bitkiler için yüksek olurken, sağlıklı ve sağlıklı bitki örtüsü ayrımı kolaylıkla yapılır. Bu nedenle özellikle ormancılık, ziraat ve jeoloji araştırma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (ÇETİN ve ark., 2003)

Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Bitki İndeksi)

Uygulamalarda çok çeşitli bitki indeksleri kullanılmasının yanında genellikle farklı zamanlı görüntüler için topoğrafik ve atmosferik etkiden arındırılmış Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) kullanılır.

Yakın kızılötesi (NIR) ve görünür kırmızı (R) bantları arasındaki zıtlığı artırmak veya iki banttaki bilgiyi tek banda toplayarak, bitki varlığını incelemek üzere normalize edilmiş bitki indisi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) formüle edilir.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Normalize edilmiş bitki indisi değerleri veya yakın kızılötesi bandı, kırmızı bantla oranlayarak elde edilen sonuçlar, yeşil bitki örtüsüyle ilgili bilgiyi verdiği gibi bitkinin zayıf olduğu veya bitkisiz boş alanları da belirlemektedir. Ayrıca bitki indisi 1 değerine ne kadar yakın olursa bitkinin kuvvetli olduğunu, 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün yok olduğunu, negatif olduğunda ise alanların kesinlikle bitkisiz olduğunu göstermektedir. Nehir, göl gibi su yüzeylerinde bitki indisi değerlerinin çok düşük olacağı kesindir. Aynı durum, yerleşim alanları, sanayi alanları, yol ağları gibi insan eliyle yaratılmış yapay alanlar içinde geçerlidir (NASA, 2003a).

NDVI, yeşil bitkilerin pikseli tamamen kapladıkları zaman yüksek, hiçbir yeşil bitki olmadığı zaman ise düşüktür. Normalize edilmiş olması, farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırır.

Difference Vegetation Index (Bitki Ayrım İndeksi)

Yakın kızılötesi (NIR) yansımadan, görünür kırmızıyı (R) çıkarmakla elde edilir. DVI, NDVI'den daha basittir. Bununla birlikte NIR ve R ölçümleri hatalara eğilimlidir ve onların toplanmasıyla normalleştirilmez (CCRS, 2003; TEİLLET vd. 1997). Aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$DVI = \rho_{NIR} - \rho_R$$

DVI; 1 ile olan eşitliği ifade eder. ρ_{NIR} = Yakın kızılötesi bandın yansıma değeri, ρ_R = Görünür kırmızı bandın yansıma değeri.

Liquid Water Content (Hareketli Su İçeriği)

Hareketli suyun karışımda olduğu bir materyalin oranıdır. Genellikle ağırlık yada hacimsel olarak ifade edilir (CCRS, 2003).

$$T = x\%W + y\%A + z\%S$$

T= Toplam materyal, W= Su, A= Hava, S= Katı ve x, y, z: katsayılar. Suyun katı ve sıvı alt bölümleri olabilir. LWC, 1 eşitliği ile gösterilir.

Leaf Area Index (Yaprak Alanı İndeksi)

Her bir arazi parçası için yeşil yaprak alanının oranı olarak ifade edilir. Bu indeks besin zinciri, fotosentez, transpirasyon, respirasyon, verimlilik göstergesi gibi pek çok biyolojik ve fiziksel yöntemlerde kullanılan önemli bir parametredir. Yaprak Alanı İndeksi (LAI), orman yangınlarının etkileri yada ormansızlaşma gibi arazi özelliklerini tanımlamada da yardımcı olur (NASA, 2003a).

Vejetasyon sağlığını ölçme şekli olarak kullanılan; **Green Leaf Area Index**, bitkisel materyalin gelişim durumunu ölçmede kullanılan; **Greenness**, birim alandaki Yaprak ağırlığı veya hacmi için suyun toplam miktarı ve vejetasyonun enerji dengesi, transpirasyon potansiyelini tahmin etmekte; **Leaf Water Content Index** gibi ayrıca önemli bitki indeksi parametreleri kullanılır (CCRS, 2003; TEILLET vd. 1997).

Yaprak dökmeden her mevsim yeşil kalan orman alanları, uydu görüntülerinden türetilen bitki indisi görüntülerinde, yüksek bitki indisi değeri verir. Yaprak dökme bitki örtüsünün yapraklarının döküldüğü mevsimde alınan uydu görüntülerinden oluşturulan bitki indisi görüntüsünde düşük indisi değeri görülür.

5. SONUÇ

Doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, fiziki çevreyi geri dönüşü olmayacak şekilde değiştirmektedir. Dünyanın doğal dengesinin bozulması, doğanın yapısını bozarken, insan yaşamını da tehdit etmektedir. Dünyadaki doğal ve yapay değişimlerin izlenmesinde uzaktan algılama çalışmaları gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Bitki örtüsü ve orman kaynaklarının uzaktan algılama metotları ile izlenmesi-değerlendirilmesi ve planlanması zorunlu hale gelmiştir. Bu sayede farklı özelliklerdeki uydu görüntüleri ile arazi kullanımı ve bitki örtüsünün sınıflandırılması kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Uzaktan algılama yöntemleriyle incelenecek alanın ekolojisi ve vejetasyonun dönemsel morfolojik ve fizyolojik özellikleri dikkate alınarak, en uygun band kombinasyonunun seçilmesi, elde edilecek sonuçların doğruluğunu arttıracaktır. Bitki örtüsünün kendine has yansıma özellikleri içinde, elektromanyetik spektrumun yakın kızıl ötesi dalga boyunu çok güçlü olarak yansıtması, görülebilir ışık bölgesindeki dalga boylu ışınlarını (özellikle mavi ve kırmızı bölgesi) absorbe etme özellikleri, dikkatlerden uzak tutulmadan yapılacak analiz çalışmalarında faydalı olacaktır.

Bitki örtüsünü oluşturan farklı bitki topluluklarının tür bileşimi, morfolojik yapıları, kapalılık oranı, yaprak boyutu, bitki besin elementleri, su içeriği gibi parametrelerden dolayı vejetasyonun gelen radyasyona karşı davranışı farklı olmaktadır. Bu özelliklerin bitki indeksleri oluşturularak uzaktan algılama yöntemleriyle ayırt edilebilir olması, bitki örtüsü analizleri için tematik haritalama ve sınıflandırma imkânı sunacaktır.

Milli Parklar, Tabiatı Koruma Alanları, Özel Çevre Koruma Bölgeleri, Sit Alanları gibi doğal ve korunması gereken alanların planlanmasında ve ileriye dönük stratejilerin ortaya konmasında ve yine doğa korumada öncelikli alanların belirlenmesinde, uzaktan algılama yöntemlerinin ve uydu görüntülerinin kullanılması, korunan alan yönetimi için daha rahat karar verme olanağı sağlayacaktır.

Orman yangınlarının etkileri ve sonuçları, ağaç hastalık ve böceklenmeleri gözetleme, ormansızlaşma ve çölleşme (küresel ısınma) gibi güncel tehditlerin araştırılması ve izlenmesi bu yöntemler yardımıyla çok daha hızlı gerçekleşecektir.

Sonuç olarak; günümüzde çok çeşitli özelliklerdeki uydu görüntülerinin kolaylıkla elde edilebilir olması ve bu görüntüler içerisinde en doğru ve kolay ayırt edilebilen öge olan, bitki örtüsü analizlerinin ve değişimin izlenmesinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımının gerekliliği ve öneminin oldukça büyük olduğu söylenebilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

AKÇA, A. 1992: Orman Fonksiyon Haritalarının Yapımında Modern Uzaktan Algılama Yöntemlerinden Yararlanma, Orman Fonksiyonları Haritacılığı Semineri, OGM Türk-Alman Ormancılık Projesi. Ankara

ÇETİN, M., BAZ, İ., KAVZOĞLU, T. and GEYMEN, A. 2003: Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Açık Maden Ocaklarındaki Yeryüzü Değişiminin İncelenmesi, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara

ERDAS Inc. 1997: ERDAS Field Guide, ERDAS Inc., 2801 Buford Highway, NE, Atlanta, Georgia – USA

JUSOFF, K., MANAF, M. 1995: Satellite Remote-Sensing of Deforestation in the Sungai-Buloh-Forest-Reserve, Peninsular Malaysia. International Journal of Remote Sensing, 16, 11 c. 01981-01997

LILLESAND, T. M. 1990: Remote Sensing and Geographic Information Systems, Forest Science, Chapter 13

MAKTAV, D., SUNAR, F. 1991: Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım (Remote Sensing-A Quantitative Approach; Swain/Davis), Çeviri Kitap, Hürriyet Ofset, İstanbul

KOÇ, A., YENER, H. 2001: Uzaktan Algılama Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının Alansal ve Yapısal Değişikliklerinin Saptanması, İ.Ü. Orm. Fak. Der., Seri:A, Cilt:51, Sayı:2, İstanbul

ÖRMECİ, C. 1987: Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul

TEILLET, P.M., STAENZ, K. and WILLIAMS, D.J. 1997: Effects of Spectral, Spatial, and Radiometric Characteristics on Remote Sensing Vegetation Indices of Forested Regions, Remote Sensing of Environment, Volume 61, Number: 1, July, pp. 139–149(11)

TÜRE, C. 2001: A Description of the Vegetation Mosaic of the Forests of Yirce and Muratdere (Bilecik-Bursa, Turkey) by Satellite Remote Sensing, Turkish Journal Of Botany, Tübitak, Ankara

Web Adresleri

CCRS 2003: <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>

NASA 2003a: http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/LAND_BIO/ndvi.html

NASA 2003b: <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>

İTÜ 2003: <http://www.ccrs.itu.edu.tr/page.tr.php?id=1>