

# YERİN ALGILANMASINDA KULLANILAN UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİNDE ATMOSFERİN ROLÜ

Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU

İstanbul Üniversitesi  
Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü  
Klimatoloji ve Meteoroloji Bilim Dalı

## ÖZET

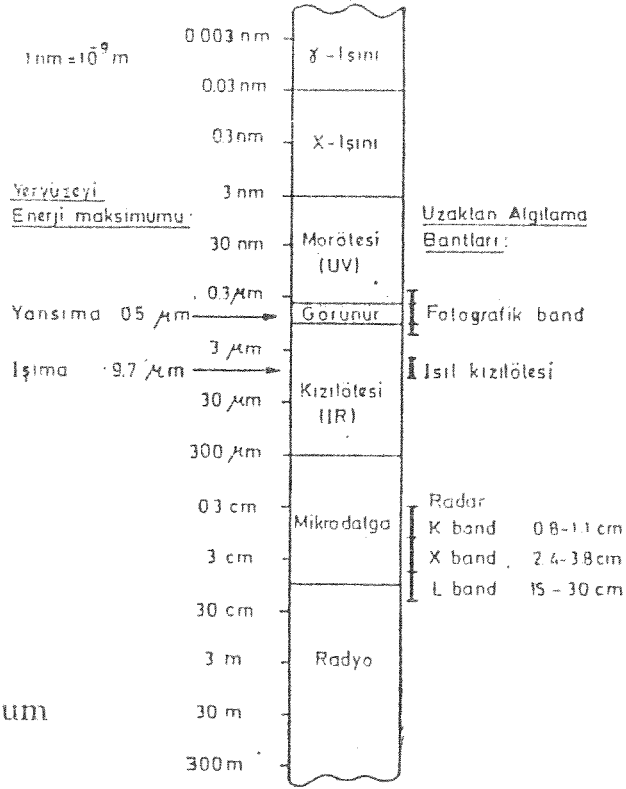
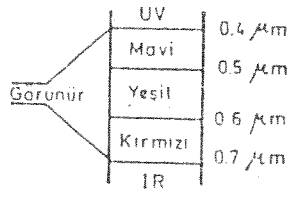
Güneşten gelen çeşitli dalga boyundaki elektromanyetik enerji atmosfer içinde saçılma, yansıma ve yutulma ile birtakım etkilere ve kayıplara maruz kalır. Atmosfer içindeki toz, duman, su damlacıkları, buz kristalleri ve gaz moleküllerinin neden olduğu bu saçılma, yansıma ve yutulma çeşitli dalga boylarındaki elektromanyetik enerji üzerinde bir takım tesirler meydana getirirken algılama sistemlerinde etkilenmesine neden olur. Bu çalışmada elektromanyetik enerji, atmosferin sahip olduğu özellikler ve bu enerji üzerindeki etkileri ele alındıktan sonra çeşitli dalga boylarında algılama yapan uzaktan algılama sistemlerinin genel özellikleri ve yapılması gereken atmosferik düzeltmeler anlatılmıştır.

## 1. ELEKTROMANYETİK ENERJİ

Elektromanyetik enerji c ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini içermektedir. Bu enerji şekillerini görünen ışık, radyo dalgaları, ısı dalgaları, morötesi ve X ışınları şeklinde sıralayabiliriz.

Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimlerle temas ettiğinde, şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi özellikler açısından birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler saptanır ve kayıt edilir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler, algılanan cisim özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır.

Elektromanyetik ışının etkisinde kaldığı fiziksel olaylar geçirilme, yutulma, yansıtılma, saçılma ve yayınlanmadır. Cisim ve enerji arasındaki bu ilişkiler uzaktan algılamanın temelini oluşturur. Bütün cisimler az veya çok elektromanyetik enerji yayarlar. Şekil 1 de dalga uzunlukları ve isimlendirilmelerine göre elektromanyetik spektrum açık olarak görülmektedir. [1]



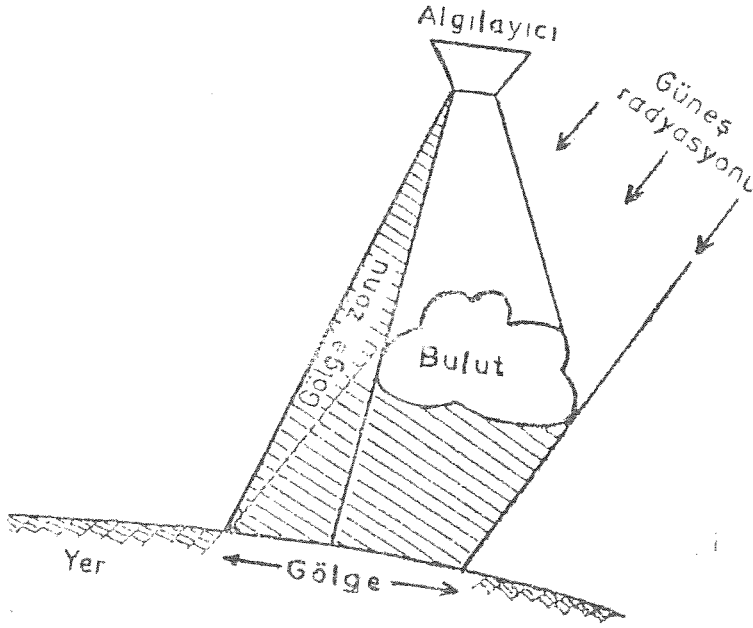
Şekil 1- Elektromanyetik Spektrum

## 2. ATMOSFER

Güneş radyasyonu, olduğu gibi yeryüzüne ulaşamaz. Atmosferin değişik seviyelerinde dalga uzunluklarına göre seçici bir şekilde elenir ve ancak bir kısmı yeryüzüne ulaşır. Bu arada, bazı ışınlar yüksek seviyelerde yer alan tabakalar tarafından neredeyse tamamen yutulur. Bu süzülmenin nasıl meydana geldiğini anlayabilmek için atmosfer ve onun değişik katları hakkındaki bilgileri kısaca gözden geçirmek gerekir. Atmosfer, yeryüzünden uzaklaştıkça azalan bir yoğunluk sırasına göre dizilmiş, yükseldikçe seyrekleşen katlardan meydana gelir. Fakat bu katların ayrımı, isimleri ve yükselti sınırları, bunların seçilmesinde dikkate alınan prensiplere göre değişir. Bu prensiplerin başlıcaları molekül yapısı, ısı ve fizik özellikleridir. Şekil 3 te bu prensiplere göre ayrılmış atmosfer katları görülmektedir. [2]

Yeryüzünü ilgilendiren bütün atmosfer olayları, yağış, hava kütleleri ve hareketleri, rüzgar, bulutluluk vs. alt atmosfer (troposfer) içinde gerçekleşir. Buna göre troposfer dünya iklimi ve elektromanyetik enerji üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin troposfer içinde oluşan bulutlar saçılma ve yutulmaya neden olurlar. Yüzey radyasyonu söz konusu olduğunda yani daha uzun dalga boyunda, bulutların absorpsiyonu artar. Su tanecikleri veya buz kristallerinden oluşan bulutlar, optik sistemlere bağlı algılayıcıları engeller. Bulutların güneş radyasyonunu engellemesi ve buna bağlı olarak hedefin ışık alamaması nedeniyle,

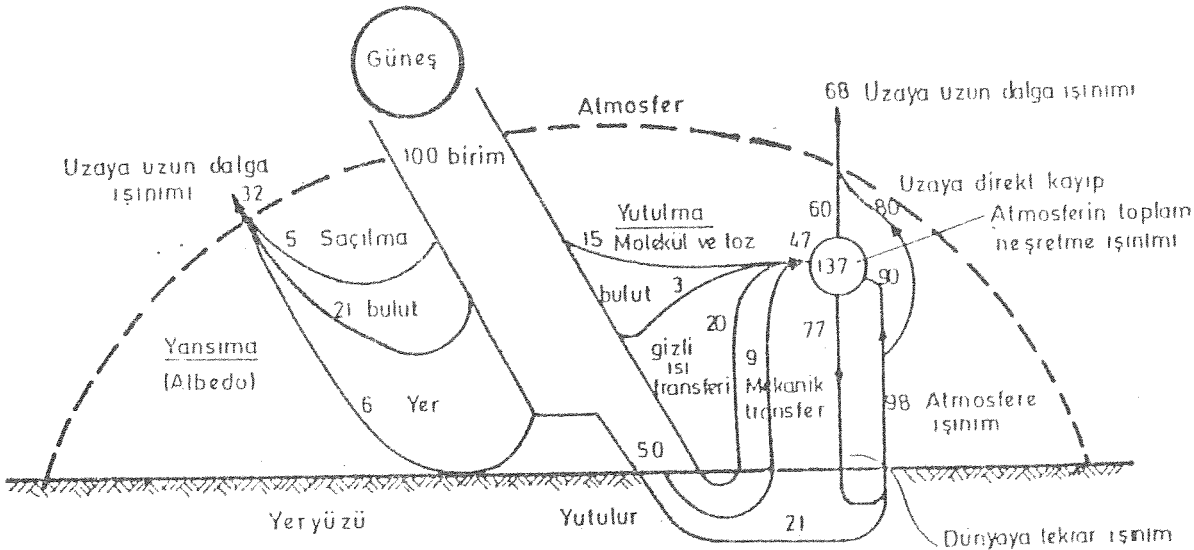
bulutların atmosferin geçirgenliği ve uzaktan algılama sistemleri üzerinde oldukça etkili olacakları açıktır.



Şekil 2

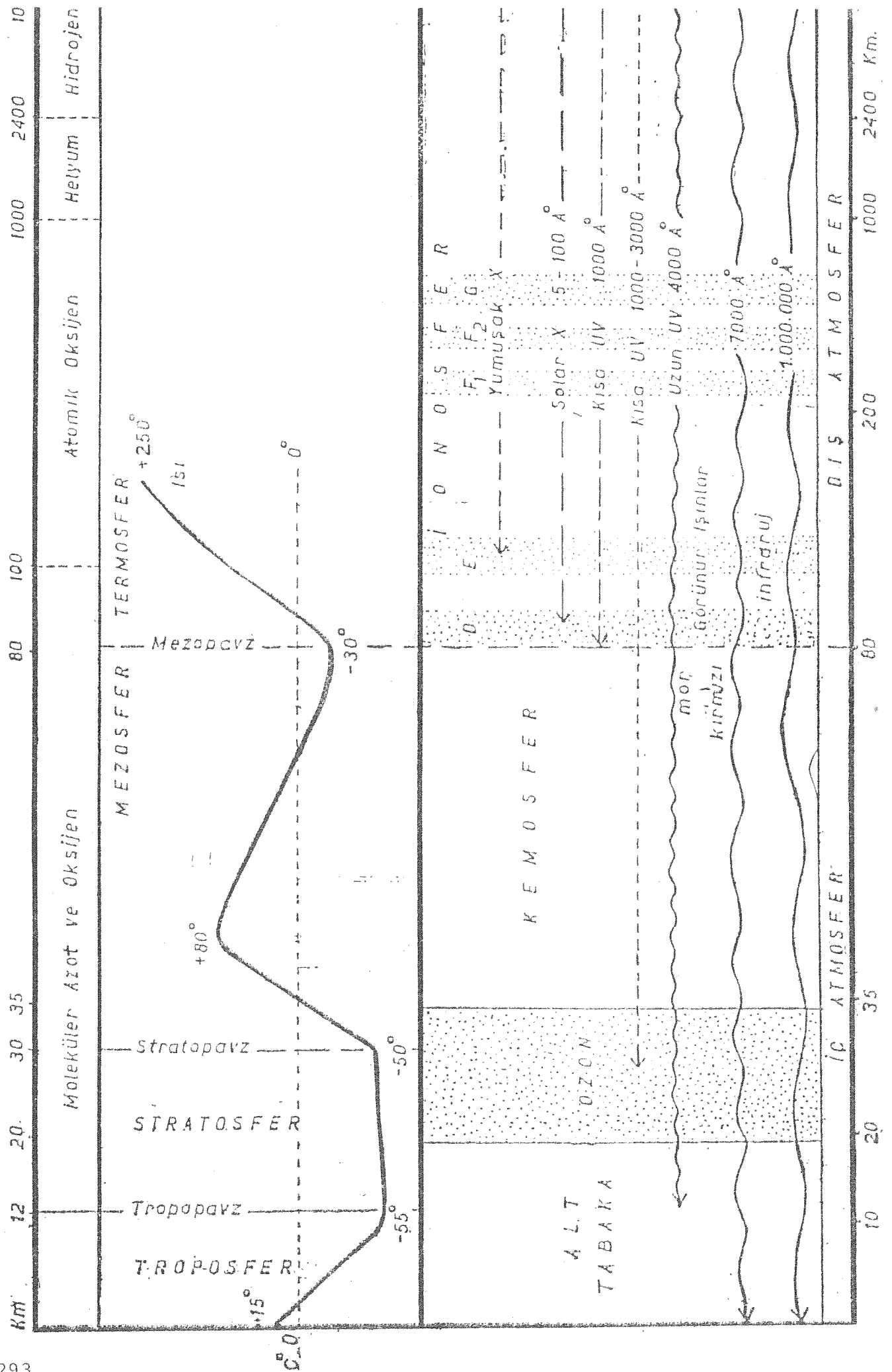
### 3. ATMOSFERİN ELEKTROMANYETİK ENERJİ ve UZAKTAN ALGILAMA ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Genel anlamda atmosfer bir algılama sistemi tarafından algılanan ışınımın yoğunluk ve spektral bileşimine etki yapar. Bu etkiler atmosferik saçılma yutulma ve yansımaya sonucu ortaya çıkar. [1]



Şekil 4

Güneş ışınımı, atmosferdeki gaz molekülleri ve duman, buhar, toz, tuz kristalleri, yağmur damlaları gibi askıda olan maddeler nedeniyle saçılır. Kısa dalgalı radyasyon daha fazla saçılmaya uğrar. Rayleigh saçılması adı



Sekil 3 Atmosfer Katları ve güneş radyasyonu üzerindeki etkileri

verilen saçılma, büyüklükleri gelen güneş ışınımının dalga uzunluğuna göre küçük olan gaz molekülleri nedeniyle ortaya çıkar. Bu saçılma şekli gökyüzününün mavi renkte görünmesinin nedenidir. Güneşin doğuşu ve batışı sırasında gökyüzün kırmızılığının nedeni de yine bu saçılmadır. Rayleigh saçılması temiz bir gökyüzü için geçerlidir. Uzaktan algılama açısından saçılım, enerjinin bir bölümünün algılayıcının görüş alanı dışına yönelmesine neden olur. Görüş alanı çok geniş ise saçılan ışınımın bir kısmı gene de kabul edilecek, ancak görüş alanı dar ise saçılan tüm ışınım fiilen reddedilecektir. İlk durumda, saçılım alet açıklığından giren ek ışınım nedeniyle aletlerle alınan sinyali arttırırken ikinci durumda ise, saçılım belirgin bir görüntü zayıflamasına veya kararmasına neden olur. Ancak her iki durumda da saçılım elde edilen verilerin niteliğini azaltır. [4] Atmosferde çapları 0.01  $\mu\text{m}$  den 100  $\mu\text{m}$  ve daha büyük değerlere ulaşan duman, su buharı, tuz kristalleri, sis ve yağmur damlaları gibi askıdaki maddelerden boyutları gelen ışınımın dalga uzunluğu civarında olanlar, Mie saçılması olarak adlandırılan saçılmanın meydana gelmesine neden olurlar. Mie saçılması daha çok uzun dalgalı ışınım üzerinde etkilidir. Uzaktan algılamada Mie saçılımı, genellikle çok puslu atmosferik koşullardaki optik spektrum boyunca, çok spektrumlu görüntülerde genel bir kalite düşüklüğü şeklinde kendini gösterir. [4] Mie saçılması atmosferin alt tabakalarında (4560 m.'ye kadar) olurken Rayleigh saçılması üst tabakalarda (9120 m. civarında) kendini gösterir. Üçüncü saçılım mekanizması seçici olmayan saçılımdır. Bu mekanizma, taneciğin ışınım dalga boyundan çok daha geniş olması halinde oluşur. Genellikle atmosferin çok toz yüklü olması elde edilen verilerin önemli ölçüde zayıflaması sonucunu oluşturur. Bununla beraber bu saçılım mekanizmasının oluşması çoğunlukla, ilgilenilen doğal görüntünün üzerindeki atmosferde geniş tanecikli maddelerin varlığına işarettir ve bu da bazen kendi içinde yararlı bir veri olabilir. Örneğin bütün dalga uzunluklarının eşit olarak saçılmasına neden olan yağmur damlası (su tanecikleri, renksiz olduğu halde bulut ve sis beyaz renkte görünür. Havadaki parçacıklar da saçılmaya neden olurlar. Bu dağılıma artan dalga boyuyla azalır. Optik dalga boylarında bu dağılım, Rayleigh saçılımıyla kıyaslanabilecek büyüklüktedir. Ancak hesaplanması, bu parçacıkların doğalarındaki ve konsantrasyonlarındaki büyük değişkenlikler yüzünden daha zordur. Aslında atmosferik düzeltme hesaplarında optik tarayıcılardan alınan bilgiler kullanılırken en büyük problem bu parçacıkların yarattığı dağılımın hesaplanmasıdır.

Atmosferde saçılmayan ışınım yutulur ve atmosfer, soğurulan bu ışınım tarafından ısıtılır. Yutulma enerjinin yeryüzüne ulaşmadan atmosferde depolanmasına, bir bakıma kayıp olmasına neden olur. Yutulma sırasında ortama giren büyük frekanslı bir enerji daha küçük frekanslı bir enerjiye dönüşür. Güneş ışınımının en fazla yutulduğu ortamlar su buharı, karbondioksit ve ozondur. Güneşten gelen enerjide, katı ortamlara işleyebilme özelliğine sahip g ve X ışınları iyonesferde tamamen yutulurlar. Morötesi ışınım da çok büyük bir kısmı atmosferin üst kısmında ozon tarafından absorbe edilir. Güneş ışınımına ait toplam enerjinin % 99 u 0.2 ile 5  $\mu\text{m}$  arasındaki spektral bölgede yer alır. Bu bölgede yer alan yutulma bantları 1. Çizelgede gösterilmiştir. [1]

Çizelge 1 Yutulma bandları.

Spektrum	Band İsmi	$\lambda(\mu\text{m})$	Yutucu ortam
Mor ötesi	Hartley-Huggins	0.20 - 0.35	Ozon
Görünür	Chappius	0.44 - 0.76	Ozon
Görünür	a	0.70 - 0.74	Su buharı
Kızılötesi	$\rho \sigma \tau$	0.79 - 0.84	Su buharı
Kızılötesi	$\Phi$	0.93 - 0.98	Su buharı
Kızılötesi	$\varphi$	1.10 - 1.17	Su buharı
Kızılötesi	$\Omega$	1.32 - 1.50	Su buharı
Kızılötesi	$\kappa$	1.76 - 1.98	Su buharı
Kızılötesi		2.52 - 2.85	Su buharı
Kızılötesi		2.75	Karbondioksit
Kızılötesi		4.26 - 4.28	Karbondioksit

Kısa dalga uzunluklu güneş ışınımının büyük kısmı atmosferden geçer. Buna karşılık uzun dalga boylu yeryüzü ışınımının yaklaşık % 91 i yutulur. 9.4-9.8  $\mu\text{m}$  arasında dalga boyuna sahip ışınımlar ozon, 13.1-16.9  $\mu\text{m}$  arasındakiler karbondioksit ve dalga boyu 5.3-7.7  $\mu\text{m}$  arasında veya 15  $\mu\text{m}$  üstünde olanlar ise su buharı tarafından yutulur. Elektromanyetik enerjinin geçirildiği dalga uzunluğu bölgelerine atmosfer pencereleri adı verilir. Atmosfer pencereleri ve algılama sistemleri arasındaki ilişki çizelge 2'de gösterilmiştir. [1]

Çizelge 2. Atmosfer pencereleri ve algılama sistemleri (0,3-15,0  $\mu\text{m}$  arası).

Atmosfer Penceresi	Spektral Bölge	Işınım Türü	Algılama Sistemi
1	0,3- 1,3 $\mu\text{m}$	Yansımaya	Fotoğraf makinesi, TV kamerası, optik tarayıcı
2	1,5- 1,8 $\mu\text{m}$	Yansımaya	Optik tarayıcı
3	2,0- 2,6 $\mu\text{m}$	Yansımaya	Optik tarayıcı
4	3,0- 4,0 $\mu\text{m}$	Isı neşri	Optik tarayıcı
5	4,4- 5,0 $\mu\text{m}$	Isı neşri	Optik tarayıcı
6	8,0-14,0 $\mu\text{m}$	Isı neşri	Optik tarayıcı

Atmosferin üst sınırına ulaşan güneş radyasyonunun % 27 si yansımaya uğrayarak geri döner. Atmosfer içinde özellikle bulutların yansıtma derecesi çok yüksektir. Daha çok görünür dalga boyundaki ışınımı yansıtırlar. [3]

#### 4. UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

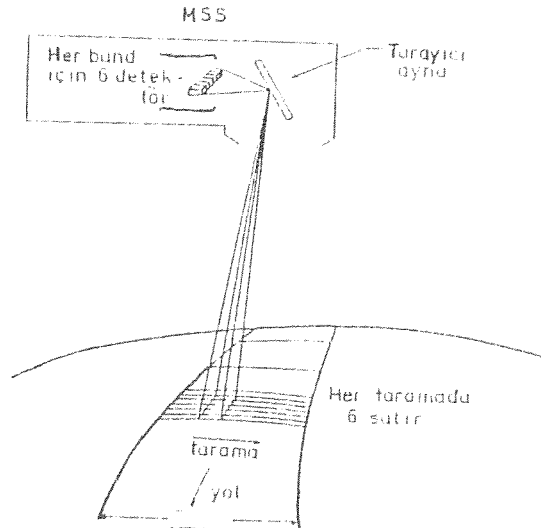
##### Fotoğrafik Sistemler

Fotoğrafik Sistemleri oluşturan ana parçaları kameralar, fotoğraf filmleri ve filtreler olarak kısaca sıralayabiliriz. Kameralar hedeften yansıyan radyasyonu optik sistemi aracılığı ile algılar. Bir fotoğrafik sistemde bir detektör gibi kullanılan filmdeki kısıtlama, filmin çok spektrumlu tarayıcı sisteme oranla oldukça sınırlı bir spektral bölgesi olmasıdır. Optik filtreler ise elektromanyetik spektrumun bir kısmını geçiren bir parçadır. Optik sistemde doğru film kullanmak için filmlerin duyarlılık dalga boyları ve filtrelerin özelliğinin bilinmesi gerekir. Örneğin bilimsel ve askeri amaçlı kullanımlarda infrared filmler kullanılmaktadır. Bunlar görünür dalga boyunun ötesini 0.9  $\mu\text{m}$  dalga boyuna kadar algılayabilirler.

Fotoğrafik olmayan sistemlere MSS sistemleri ve Mikrodalga algılayıcılarından radar örnek olarak verilmiştir.

##### MSS Sistemleri (Multi Spectral Scanner)

Fotoğrafik sistemlerde doğrudan doğruya ışık enerjisi algılanır. MSS sistemlerinde ise elektromanyetik enerji elektrik sinyallerine çevrilir. Duyarlılıkları fazladır. Mavi dalga boyundan termal infrarede kadar algılama yapabilirler. Basit bir optik sisteme dayanırlar. MSS sistemlerinden sayısal ve görüntülü veri elde edilebilir. En çok kullanılan satır tarayıcılarıdır. Uçuş hattına paralel tarama yaparken hareketli bir aynadan faydalanırlar. Satırlar halinde tarama yaptıklarından algılanan alandan daha küçük bir objeyi farkedemezler. Algılanan elektromanyetik enerji, optik bir sistem yardımıyla görünür dalga boyu ve infrared dalga boylarına göre ayrılır. (Şekil 5)



Şekil 5

MSS sistemleri ile alınan veriler üzerinde düzeltmeler yapılması gerekmektedir.

- Mekanik düzeltmeler (Tarama nedeniyle olanlar)
- Platform ile ilgili olanlar (Platform yalpalayabilir)
- Yerkürenin şekli ile ilgili düzeltmeler. Tarayıcı sistemlerde dünyanın dönmesi nedeniyle görüntüler çarpıktır. Bunların sonradan düzeltilmesi gerekmektedir.

MSS görüntülerinin yorumlanmasında birtakım noktalara dikkat etmek gerekmektedir. Örneğin alınan görüntülerde bulut ve kar örtüsü kolay ayırt edilmez. Görüntünün alındığı saate göre güneşin geldiği yönün diğer tarafında bulutun gölgesi oluşur. Bu göz önüne alınarak yorumlama yapılmalıdır.

Bulut ve kar örtüsünün termal infraredde alınan verilerde ayırt edilmesine de dikkat etmek gerekir. Burada da bulut ve kar arasındaki ısı farkı göz önüne alınır. Bulutun termal yayın derecesi daha yüksek olduğu için daha açık renk görüneceği göz önüne alınarak veriler değerlendirilmelidir.

#### Radar

Elektromanyetik spektrumun daha uzun dalga boyunda çalışır. Genellikle 1.5 m-15 cm. dalga boyları arasında çalışanları kullanılır. Enerjinin çeşitli objelerden geri dönmesi veya soğurulması ile algılama yapan aktif bir sistemdir. Enerjiyi yollar ve keser, geri dönünce tekrar yayına başlar. Dönen anten sayesinde kısa bir sinyal yayınlayarak yayın yapar. Kısa zamanda çok geniş bir alanı tarayabilir. Bulut, pus ve bitki örtüsünden geçebilir, doğrudan zeminden yansıma verir.

Radar görüntülerinde gölgeler oluşur. Bunun nedeni yollanan enerjinin açısıdır. Platform ne kadar yüksekse gölge o kadar az olur. Uzaktaki objeler uzayan gölgeleri nedeniyle daha abartılı görünür. Alınan verilerin doğru yorumlanması için bunlara dikkat edilmesi gerekir. Veri kullanıcısının gölgeleri kendine çevirerek bakması gerekir. Aksi halde yükseltilerin çukur olarak görüneceği göz önüne alınmalıdır.

#### 5. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNDE ATMOSFERİK DÜZELTMELER

Uzaktan algılama verileri iki farklı yoldan kullanılmaktadır. Birinci tipte, verinin yorumlanması ve analizi toplanan jeofiziksel verilere göre yapılır. İkinci tipte sadece bir uydu operatörü tarafından spekülatif temelde uzaktan



algılama verileri alınır. Bu durumda atmosferik düzeltmeler için kullanıcıların dikkati de gereklidir. 5

Yeryüzü radyasyonu ve uzaktan algılama verilerinde kayıt edilen ışın arasındaki fark için yapılan nicelik hesabı radyasyon transfer teorisi olarak bilinmektedir. Radyasyon transfer denklemi, farklı dalga boylarındaki farklı fiziksel işlemlerden dolayı, elektromagnetik radyasyonun farklı dalga boyları için farklıdır.

Eğer radyasyon transfer fonksiyonunda atmosferik parametre değişimleri bilirse, bundan elde edilen denklemle yeryüzü radyasyonu ve uydudan alınan ışın arasındaki ilişki belirlenebilir. Bununla beraber atmosferik düzeltmelerin yapılması için radyatif transfer fonksiyonunda ortaya çıkan atmosferik parametrelerin doğru değerlerini saptamak genellikle çok zordur.

Uzaktan algılama veri kullanıcıları biyolojik veya fiziksel parametrelerin büyüklüğü ve sinyal verisinin kalitesinde çeşitli atmosferik etkilerin önemli olduğunun bilinmesiyle ilgilenmektedir. Radyans değerinin düzeltilmesi ile ilgilenmez. Bununla beraber çeşitli atmosferik etkilerin düzeltilmesinde, atmosferde meydana gelen fiziksel olayların, uydunun radyans menzilineki etkilerinin incelenmesi ve fiziksel veya biyolojik parametrelerin çıkarılması yöntemi kullanılır.

Uzaktan algılama verilerine atmosferik düzeltmelerin uyarlanabilmesi için çeşitli yaklaşımlar vardır.

1. Atmosferin etkileri tamamen ihmal edilir. Bu metod önce ilgisiz görünsede bazı durumlarda çok iyi uygulanabilir.
2. Jeofiziksel parametrelerin mevkii ölçümlerinin kalibrasyonu. Uydu verilerinin işlenmesinde kullanılan jeofiziksel parametrelerin mevkii ölçümlerini veri kalibrasyonunda kullanabiliriz. Bu mevkisel ölçümler çalışma alanı veya ortamdaki birkaç nokta için elde edilebilir. Önemli olan şudur ki bu ölçümler uydu verilerini toplayarak yapılan aktüel ölçümlerdir. Verilen bir sahanın değişik kısımlarındaki atmosferik durumlar arasında var olabilen değişimler nedeniyle bu yerel verinin ölçümlerinin daha sık bir ağ içinde yapılması gerekir. Sonuç olarak jeofiziksel bir parametre hakkında sadece uydu yardımıyla (yerel veri olmadan) iş yapılacaksa durum zorlaşır.
3. Tarihsel verileri kullanarak belirli parametrelerden oluşturulan atmosfer modeli kullanmak: Yılın belirli zamanına ve yerin coğrafi durumuna göre ayarlanmış bir model atmosfer kullanılabilir. İncelenen hedef alandan

gelen sinyalin atmosferik düzeltmelerin büyüklüğünden daha küçük olduğu durumlarda bu yöntemin daha başarılı olduğu görülmüştür.

4. Aktüel meteorolojik veri kullanarak belirli parametrelerden oluşturulan atmosfer modeli kullanmak: Sadece yılın belirli zamanı ve coğrafi durumuna dayalı bilgiler yerine aktüel meteorolojik ölçümler model atmosfer yaratımında kullanılabilir.

5. Alınan veride nokta temelindeki atmosferik etkileri yok saymak veya kompanse etmek: Burada atmosferik etkiler çeşitli yönlerden görüntü alınarak yok edilebilir. Örneğin denizin iki ayrı yerden görüntüsü alınarak hedef alan yaratılır ve buna farklı yerlerden bakılmak suretiyle atmosferin etkisi yok edilir. Bu veriler iki değişik uydudan alınarak bu metod denenmiştir. Fakat uyduların pozisyonu ve veri alınan uzaklık değişik olunca atmosferik etkilerin tamamen yok edilmesi mümkün olmamaktadır. Bundan başka çeşitli spektral kanalların kullanılmasıyla kanallar arasındaki atmosferik etkiler yok edilebilir.

## 6. SONUÇ

Uzaktan algılamada ışının kaynağı, atmosfer etkisi ve algılayıcının duyarlılığı birbirini bütünleyen unsurlardır. Bu nedenle belirli bir iş için algılayıcı seçerken algılanmak istenen spektral bölgede, algılama yapılacak enerjinin kaynağı, şiddeti, spektral bileşimi ve atmosferin geçirgenlik özellikleri göz önüne alınmalıdır. Doğaldır ki uzaktan algılama çalışması elde var olan bir algılayıcı ile yapılmak zorunda ise bu algılayıcının duyarlık bölgesindeki elektromanyetik enerjinin durumu ve cisimlerle ilişkisi ve özellikle atmosfer koşulları bilinmelidir. Atmosfer koşullarının bilinmesi alınan verilerin doğru olması ve doğru yorumlanması açısından çok önemlidir. Alınan verilerde atmosferin o andaki yada genel durumu göz önüne alınarak yapılacak düzeltmelerle en doğru sonuçlara ulaşılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Örmeci, C., Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İ.T.Ü yayımları, 1987.
- [2] Erinç, S., Klimatoloji ve Metodları, İ.ü Coğrafya Enstitüsü yayımları, 1969.
- [3] Ardel, A., Klimatoloji, İ.ü Coğrafya Enstitüsü yayımları, 1973.
- [4] Maktav, D., Sunar, F., Uzaktan Algılama : Kantitatif Yaklaşım, (Çeviri), 1991. (İngilizce baskısı Mc Graw Hill, 1978.)
- [5] Cracknell, A.P., Hayes, L.W.B., Introduction to Remote Sensing, Taylor and Francis,
- [6] Parsons, C.L., G.M. Jurrica, Correction of Earth Resources Technology Satellite Multispectral Scanner Data for the Effect of the Atmosphere, LARS Information Note 061875, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, Ind., 1975.
- [7] Kerker, M., The Scattering of Light and Other Electromagnetik Radiation, Aademic Press, NewYork, 1969.