Farklı kromit oluşumlarının spektroradyometrik yöntemle spektral yansıtma eğrilerinin belirlenmesi ve uydu verileri ile spektral analizi

H. Gonca COŞKUN [1*], Berna TANDAÇ [1]

[1] *İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul*

Özet

Bu çalışmada, cisimlerin uzaktan algılama ile yüksek doğrulukla belirlenebilmesi amacıyla doğal (güneş ışığı) veya yapay ışığın minerallerden veya maddelerden yansıtma ve yutulma değerlerini ölçen ve bu ölçümleri grafiksel olarak sunan spektroradyometre kullanılarak, kayaç türleri üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Spektroradyometre kullanılarak, 350-2500nm dalga boyu aralığında, görünür ve kızılötesi bölgelerde, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuarı'ndan alınan Bursa bölgesi çevresinde yer alan dokuz farklı kayaç üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, her kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri belirlenmiştir. Ölçülen yüzeylerdeki tüm noktalardan bir kayaca ait tek bir grafik elde etmek için, "ortalama değer hesaplaması" yapılmıştır..

Yer yüzeyini incelemek üzere kullanılan belli başlı uydulardan ASTER, LANDSAT, SPOT5, IKONOS ve QUICKBIRD multispektral uydu verileri, dokuz farklı kromit türlerinin belirlenebileceği band aralıkları ile örtüştürülerek değerlendirilmiştir..

Anahtar Kelimeler: *Spektroradyometre, Spektral Analiz, Kromit*

Determination of spectral reflentance values of chromit types with spectroradiometer and analyses with satellite data

Abstract

In order to determine the minerals or the materials under natural (sun) or artificial light source with high accuracy by using remote sensing, a spectroradiometer is used measuring the reflected and emitted values and presents the results graphically. In this study, different types of rocks are being measured using a special type of spectroradiometer.

Between the 350-2500nm wavelength interval, in the infrared&visible regions, spectral reflectance of nine different chromite types obtained from İ.T.Ü. Faculty of Mines, Jeological Engineering Department laboratory, are being determined by using a spectroradiometer to determine a single graphic from all the measured points of the rocks, "Mean Value Calculation" method is used .

The chromite samples, obtained from Bursa area by i.T.Ü. Faculty of Mines, interpreted together with the spectral and chemical analysis.

In this study, multispectral data from the major satellites ASTER, LANDSAT, SPOT5, IKONOS and QUICKBIRD, which are used to investigate the earth's surface, are analyzed together with the spectral resolution band intervals in which all the nine chromite kinds can be specified.

---

[*]Yazışmaların yapılacağı yazar: H.Gonca COŞKUN. gonca@itu.edu..tr; Tel: (212) 2853775.

Giriş

Spektroskopi, elektromanyetik ışınım (EMR) ile cisim arasındaki karşılıklı etkileşimi inceleyen bir disiplindir. Yeryüzünün pasif algılanması durumunda doğal ışık kaynağı güneştir. Güneşten gelen ışınımın dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanır. Özellikle güneş ışığının aydınlattığı doğal çevre içerisinde yapılan yansıma değerinin belirlendiği ölçümler ile ilgili çalışmalar "Alan Spektrometrisi"(Field Spectrometry) olarak adlandırılır.

Elektromanyetik ışınım, cisim ile etkileşime girdiğinde, cismin moleküler özelliğine bağlı olarak farklı davranışlar gösterir. Örneğin, cisim yeşil bir yaprak ise, üzerine gelen görünür bölgedeki ışığın mavi ve kırmızı aralığı yaprak tarafından yutulup yeşil yansıtıldığı için biz onu yeşil olarak algılarız.

Atmosferdeki saçılma, alan spektrometrisinin etkilendiği faktörlerden birisidir. Benzer şekilde yutulma bandları, güneşten gelen enerjinin her bir dalga boyunda yeryüzüne ne oranda ulaşacağını belirler ve atmosferin yapısına bağlı olarak yutulan ışınımın alan spektrometrisi ölçümlerini etkileyeceği açıktır.

Alan spektrometrisi, ele alınan bir cismin uzaktan algılama ile özelliklerinin ortaya konabileceği, cisim hakkında bilgilerin elde edilebileceği diğer bir deyişle fizibilite çalışmalarının yapılabileceği bir araç olarak kullanılır (Curtis vd).

Çalışmanın ele alındığı cismin, çevresindeki diğer materyallerle ayrılabilmesi için bazı soruları sormak gerekir:

1) Araştırma için gereken spektral çözünürlük ne kadardır?

2) Araştırma için gereken geometrik çözünürlük ne kadardır?

3) Araştırma için gereken en uygun temporal çözünürlük ne kadardır?

4) Araştırma için gereken radyometrik çözünürlük ne kadardır?

Uzaktan algılama çalışmalarında eş zamanlı alan spektrometrisi ile yapılan örneklemeler çalışmaların doğruluğunu arttıracaktır.

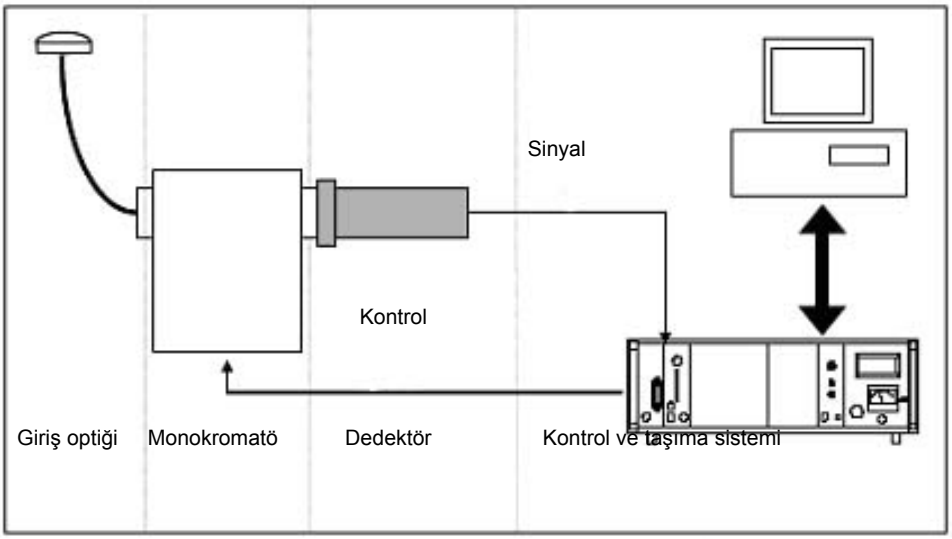
Bu yayında ele alınan çalışma; İ.T.Ü Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuarı'ndan alınan Bursa ili çevresinden alınan dokuz farklı kayaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kromit türlerinin spektroradyometrik ölçümleri İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Uzaktan Algılama Laboratuarı'nda bulunan özel olarak geliştirilmiş bir donanım olan Fieldspec FR spektroradyometre ile, cismin farklı dalga uzunluklarındaki "yansıtma" değerlerini hesaplayan özel bir yazılım kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Spektroradyometre ve çalışma sistemi

Spektroradyometri, ışığın cisimler karşısındaki davranışını veren spektral dağılımın ölçülmesi ve analizidir. Ölçümler, spektroradyometre kullanılarak yapılır.

Bir spektroradyometre sistemi, Şekil 1'de görüldüğü gibi dört temel birimi içerir:

- Giriş optiği, tanımlanan görüş alanındaki ışınımı toplar ve monokromatöre taşır.
- Monokromatör, gelen ışınımı dalga uzunluğu bileşenlerine ayırır.
- Dedektör, herbir dalga uzunluğundaki ışınımı ölçer
- Kontrol ve taşıma sistemi, toplanan veriyi tanımlar ve belleğe kaydeder.



Şekil 1. Spektroradyometreyi oluşturan temel bileşenler

Çalışmada kullanılan spektroradyometrenin türü "Fieldspec FR" olarak adlandırılmaktadır. Fieldspec FR, aktif veya pasif ışık enerjisine ihtiyaç duyan birçok uygulamada yararlı olan genel amaçlı, taşınabilir bir spektroradyometredir.

Fieldspec FR spektroradyometre, doğrudan spektroradyometreyi besleyen 1 metre fiber optik girişe sahiptir. Bu ayarlamanın iki avantajı vardır:

- Birincisi; fiberoptik giriş, kullanıcıya, tüm spektroradyometreyi hareket ettirmeden çok hafif olan fiber optik probu hızlı hareket ettirmeyi ve hedeflemeyi sağlar.

- İkinci olarak; fiber optik spektroradyometreye doğrudan bağlı olduğu için, sinyal kayıpları yaşanmaz (ASD Technical Guide).

Fiber optik kablo aracılığıyla, hedef üzerinden yansıyan ışık toplanır. Aletin iç kısmına bakıldığında ışık, bağımsız ölçüm için, fiberoptiklerden, dalga uzunluğu bileşenlerinin ayrıldığı ve yansıtıldığı holografik dağıtma ızgaralarına (diffraction grating) yöneltilir. Her bir dedektör okuma işlemini bitirene kadar gelen fotonları elektronlara dönüştürür ve bu elektronlar depolanır. Okuma işlemi (read out) sırasında, her bir dedektör için olan fotoelektrik akımı voltaja çevrilir ve analog dijital dönüştürücü tarafından sayıllaştırılır. Sayısal veri, kontrol sistemindeki geliştirilmiş paralel port

(EPP) kullanılarak bilgisayarın ana belleğine aktarılır. Sayısal spektral veri bundan sonra yazılım tarafından işlenmeye hazır hale gelmiştir .

Fieldspec FR, kendi içerisinde 3 ayrı spektrometreden oluşmaktadır:

- VNIR(Visible/NIR) spektrometresi, 350-1050 nm
- SWIR1 (ShortwaveIR) spektrometresi, 900-1850 nm
- SWIR2 (ShortwaveIR) spektrometresi, 1700-2500 nm

dalga boyu aralığı bölgesini kapsamaktadır.

Spektrumun VNIR(Görünür/Yakınkızılötesi) bölgesinde, dalga boyu aralığı daha çok sıralı ayrıştırmalı filtre ile kaplanmış 512 kanallı silikon fotodiyot dizisi tarafından ölçülür. Kendi başına ayrı bir dedektör olan her bir kanal, dar bir band içinde ışığı algılayacak şekilde geometrik olarak konumlandırılmıştır.

Spektrumun SWIR (short wave infrared), yakın kızılötesi (NIR) olarak adlandırılan kısmı iki tane tarayıcı spektrometre kullanmaktadır. Bunlar, görünür yakın kızılötesi (VNIR) bölgesinde kullanılan dizilerden farklı olarak, eşzamanlı yerine ardışık olarak dalga uzunluklarını ölçerler. Her bir spektrometre bir dışbükey holografik ızgara(grating) ve bir termoelektriksel soğutulmuş InGaAs(indium gallium arsenide) dedektör içermektedir. Izgaralar, 200ms periyotla salınım yapan ortak bir mil üzerine monteedilmiştir. VNIR spektrometrelerden farklı olarak her bir SWIR spektrometre, ızgara salındıkça ışığın farklı dalga uzunluklarına maruz kalan tek bir dedektöre sahiptir (A Guide to Spectroradiometry Instruments&Applications for the Ultraviolet).

Spektrometrelerden elde edilen elektromanyetik ışınımın elektriksel işaretlere dönüştürüldükten sonra tek bir grafik halinde sonuç veren yazılım (the controlling software), dalgaboyu aralıklarındaki örtüşmeyi otomatik olarak hesaplar.

i. Pistol : Yansıtma ve neşretme(radyans) ölçümlerinde kullanılır. 25 derecelik görüş açısına sahiptir.Ayrıca eklenebilen 1 ve 8 derecelik önoptik lensleri mevcuttur (Şekil 2(i)).

ii. Dürbünlü pistol: Ölçüm yapılacak geometri ile hizalamak amacıyla üzerinde bir hedef alma dürbünü yer alır. 25 derecelik görüş açısına sahiptir (Şekil 2 (ii)).

iii. Uzak kosinüs alıcısı (remote cosine receptor): Işık geçirgen bir önoptiktir. İrradiyans ölçümleri için kullanılır. 180 derecelik görüş açısına sahiptir (Şekil 2 (iii)).

iv. Yüksek yoğunluklu kontak prob (High Intensity Contact Probe): Diğer önoptiklerden farklı olarak, laboratuar ortamında da kullanılır. Ham materyallerin analiz edilmeleri için tasarlanmıştır. Örneklerin ölçümü daha kolaydır. Ayrıca, özel optik tasarımı sayesinde, ışık kayıplarıyla (stray light) ilişkili ölçme hatalarını minimize eder. Kontak prob, içerisinde kendi ışık kaynağına (1500 saatlik halojen lamba) ve 10mm görme çapına sahiptir (Şekil 2(iv)). Mineral, tohum, ve granül uygulamaları için idealdir .

(i) (ii) (iii) (i v)

Şekil 2. Farklı önoptik çeşitleri

Sahada yapılan spektral ölçümler, varolan çevre aydınlatmasıyla gerçekleştirilir. Hedef, gölgede olmadığı sürece, aydınlatma kaynağı doğrudan güneş ışığıdır. Sahada yapılan spektral ölçümler ile uzaktan algılanan görüntüler arasındaki uyumu korumak adına birçok durumda aydınlatma olarak çevreyi saran güneş ışığı kullanılmak istense de, bazen yapay aydınlatmanın kullanılacağı durumlar söz konusudur.

Verilerin gösterimi ve depolanması, spektroradyometreye entegre edilmiş bir dizüstü bilgisayar aracılığı ile yapılır. Her spektrometreden elde edilen spektral değerler, yazılım ve elektroniksel donanım tarafından, 350-2500nm arasında sürekli bir spektral eğri oluşturmak üzere birleştirilir.

Yazılım, kontrolün yapıldığı bilgisayarın belleğini, kullanıcının seçimiyle spektral değerleri kaydetmek için kullanır. Spektral değerler kaydedilmeden önce dosyalar için bir "yol adı"(pathname) ve bir "taban adı"(basename) seçilmelidir. Ayrıca kaç tane dosyanın kaydedileceği (tekrar sayısı), başlangıç dosya numarasının ne olacağı ve duruma uygun ek açıklayıcı bilgi kullanıcının tercihine göre belirtilebilir. Spektroradyometrenin kullanım alanları; yansıtma, radyans ve irradyans ölçümleri yapmak üzere tasarlanan spektroradyometre, madencilik, oşinografi, ormancılık, bitki fizyolojisi ve jeoloji uygulamalarında kullanmak için idealdir.

Spektroradyometrenin laboratuarda, çevrede, sanayide ve medikal dünyada, kimyasal unsurların tespit edilmesinden miktar ölçümlerine, kalite kontrolü ve emniyet değerlendirmelerine kadar birçok kullanım alanı vardır .

Kromit oluşumlarının ülkemiz için önemi ve rezervler

Dünyadaki sayılı krom üreticisi ülkeler arasında yer alan Türkiye ham cevher, ferrokrom ve krom kimyasalları dışsatımından önemli döviz geliri sağlamaktadır. Son yıllarda metalurji, kimya ve refrakter sanayiinin krom cevheri talebi 450x103 tona ulaşmıştır. Ham cevherin iç piyasadaki artan tüketiminin yanı sıra önemli miktarda parça ve konsantre cevher dışsatımı da yapılmaktadır.

Buna karşılık Alpin tip krom yatakları olarak adlandırılan ülkemiz krom yataklarının düzensizlikleri nedeniyle , bilinen rezervler yıllık üretime göre yetersiz kalmaktadırlar. Gerek yerli sanayinin hammadde güvenliğini sağlamak ve gerekse artan dış talebi karşılamak için, bir yandan bilinen yatakların rezervlerinin geliştirilmesi, bir yandan da yeni cevher potansiyelleri bulmak amacıyla yeni sahaların aranması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de 800 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevherinin ortaya çıkarıldığı bilinmektedir. Coğrafî yönden krom yataklarının dağılımını altı bölgede toplamak mümkündür (Şekil 3).

Şekil 3. Türkiye'deki önemli krom yataklarının dağılımı

1- Guleman (Elazığ) yöresi
2- Fethiye-Köyceğiz-Denizli yöresi
3- Bursa-Kütahya-Eskişehir yöresi
4- Mersin-Karsantı-Pınarbaşı yöresi
5- Erzincan-Kopdağ yöresi
6- İskenderun-Kahramanmaraş yöresi

Cromitin tüketim alanları

Krom cevheri başlıca metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılır.

Metalurji: Metalurji sanayiinde krom cevherinin en önemli kullanım alanı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferrokrom üretimidir. Ferrokrom ise paslanmaz çelik metal ve silah sanayiinin çok önemli bir maddesidir. Krom çeliğe sertlik ile kırılma ve darbelere karşı direnç verir, aşınma ve oksitlenmeye karşı koruma sağlar.
Son yıllarda metalurji sanayiinde kullanılan kromun (krom demir alaşımları ve krom metalinin) yaklaşık % 95'i ferrokrom şeklinde, ferrokrom ise başlıca paslanmaz ve ısıya dirençli çelik yapımında tüketilmektedir. Paslanmaz çelikler %12-40 arasında krom içerir. Paslanmaz çelik sanayii, ABD'de krom-demir alaşımları ve krom metali toplam tüketiminde yaklaşık % 9'luk bir paya sahiptir. Bu oran düzenli bir şekilde artış sergilemektedir.
Kimya: Çoğu krom kimyasalları, kimyasal kalitedeki krom cevherinden doğrudan elde edilen sodyum bikromattan üretilir. Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayiinde yaygın olarak; kimya endüstrisinde de sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında kullanılmaktadır.
Krom kimyasalları; metal kaplama, deri tabaklama, boya maddeleri, seramikler, parlatıcı gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama, su işleme,temizleme, çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir.
Refrakter: Refrakter özellikteki krom cevheri, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan kromit türleri

Çalışmada ele alınan kromit türlerinin isimleri ve numaraları Tablo 1'de yer almaktadır. İncelenen kromit türleri, Şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada ele alınan kromit türleri

Kayaç No:	**İncelen kromit türü:**
A0	masif kromit (kristalize)
A1	masif kromit (fay zonu)
A2	masif kısmi benekli kromit
A3	kromlu dünit
A4	bantlı kromit (yan kayacı altere dünit)
A5	kromit içeren dünit
A6	hızlı kristalize kromit+dünit
A20	bantlı yapıya geçiş gösteren oluşum evresine ait kromit
B1	harzbujit (kromit içerikli)

A0: masif kromit (kristalize)

A1: masif kromit (fay zonu)

A2: masif kısmi benekli kromit

A3: kromlu dünit

A4: bantlı kromit (yan kayacı altere dünit)

A5: kromit içeren dünit

A6: hızlı kristalize kromit+dünit

A20: bantlı yapıya geişini gösteren oluşum evresine ait kromit

B1: harzbujit (kromit içerikli)

Şekil 4. İncelenen kromit türleri

Yöntemler

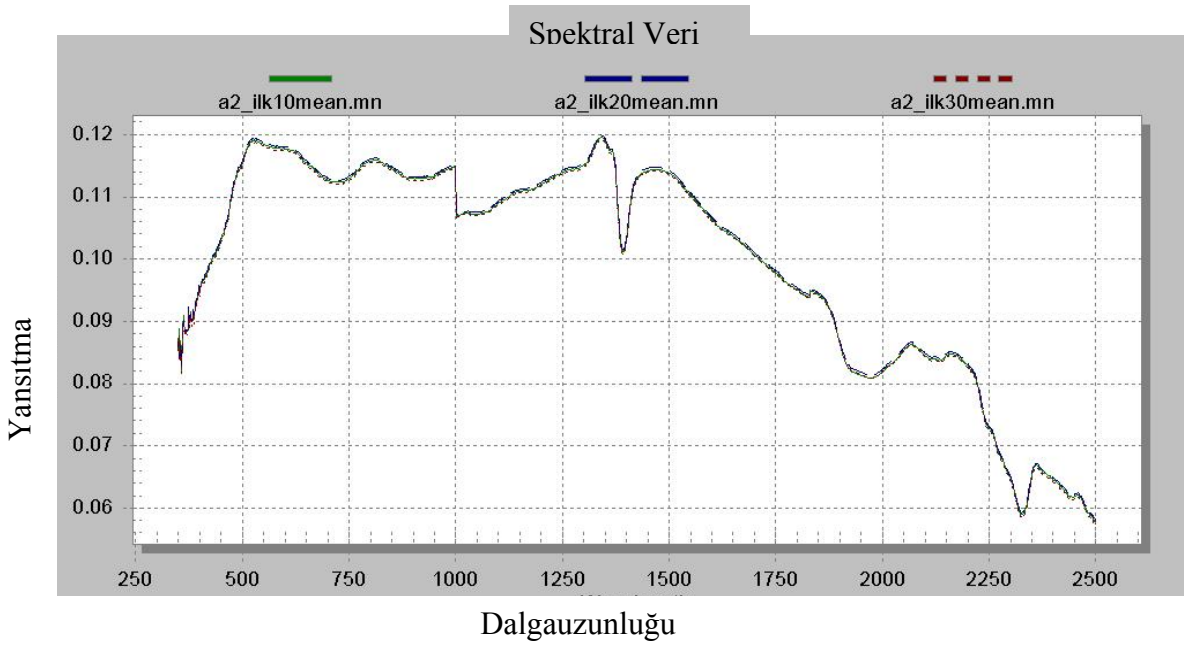
İlk olarak, incelenecek kayaç türleri numaralandırılmıştır (Tablo 1). Spektroradyometre, laboratuar koşullarında, donanım ve yazılım olarak ölçümler için hazırlandıktan sonra, ölçümlerde kullanılacak olan önoptik düzeneği "kontak prob" olarak belirlenmiştir.

Spektroradyometrenin çevre şartlarına uyumu ölçümler için esas olacağından, yazılımda hazır olarak bulunan optimizasyon işlemi uygulanmıştır. Ölçümlere başlamadan önce, "beyaz referans" paneli kullanılarak aletin kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçümlere başlandıktan sonra, donanım 15-20 dakikalık periyotlarda optimize edilerek, kalibrasyon işlemi tekrarlanmıştır. İlk olarak "tekrar sayısı" belirlenmiştir. Bunun için rasgele alınan iki kayac örnegi üzerinde belirlenen bir yüzey alanında 30 tekrarlı ölçüm yapılmıştır. Her kayaç örneği için elde edilen ilk 10, ilk 20 ve ilk 30

yansıtma değerleri, ortalamaları alınarak kaydedilmiştir. Her kayaca ait ortalama değerler, grafik ortama aktarılmış ve değerlendirilmiştir.
Tekrar sayısı belirlendikten sonra, tüm kayaçlar için birer dosya oluşturulmuştur. Her bir kayaç örneğinin tüm yüzeylerinde ölçüm yapılacak alanlar belirlenmiştir. Belirlenen her noktada yapılan tekrarlı ölçümler o kayaca ait dosyaya kaydedilmiştir.
Ölçülen yüzeydeki tüm noktalardan bir kayaca ait tek bir grafik elde etmek için, "ortalama değer hesaplaması" yapılmıştır. Bu işlem için, yazılımda hazır olarak yer alan komutlardan yararlanılmıştır.

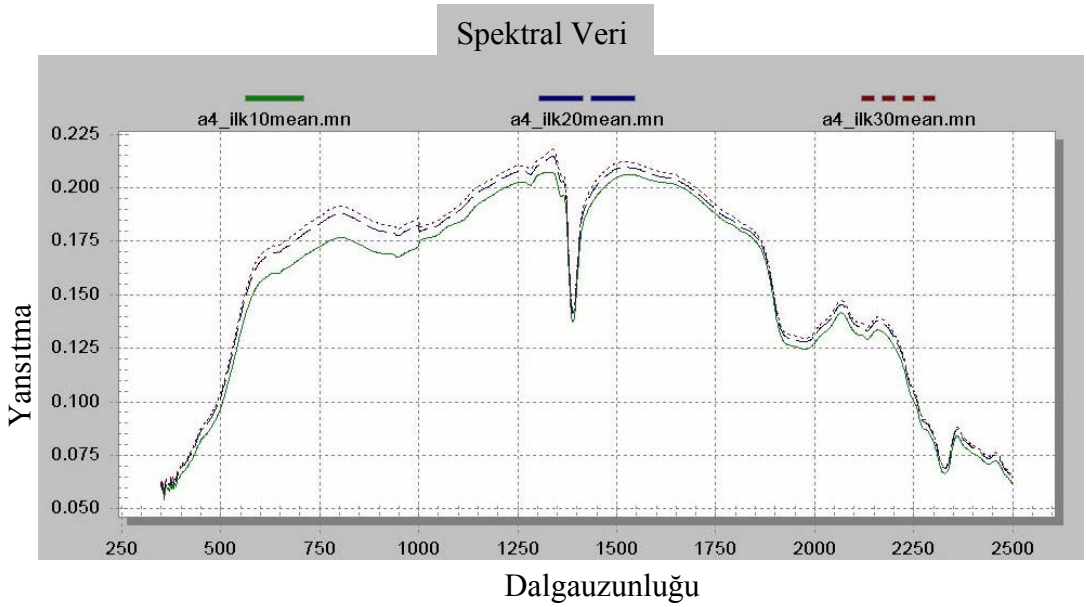
Kayaçlar, Şekil 4'de gösterildiği gibi, düzensiz yüzeylere sahip formlardadır. Önce, her kayacın farklı yüzeylerinin alansal büyüklük ve yapısına göre her yüzey üzerinde iki veya üç farklı ölçüm yapılmış, ayrı ayrı ortalamaları alınmıştır. Ardından, tek bir yüzeye ait ortalama yansıtma eğrisini elde etmek için, aynı yüzeydeki ölçümlerden elde edilen iki veya üç "ortalama alansal spektral verinin" ortalaması çıkartılmıştır. Her kayaç için ayrı ayrı hesaplanan "yüzeysel spektral yansıtma eğrileri" grafik ortama aktarılmıştır. Bundan sonraki aşamada, her bir kayaca ait yüzeylerdeki yansıtma eğrilerinin ortalama değer eğrisi hesaplanmıştır. Böylece, her bir kayaca ait farklı yüzeylerin çeşitli noktalarında yapılan ölçümlerle, o kayaca ait spektral yansıtma grafigi elde edilmiştir.

Tüm kayaçlara ait "spektral yansıtma eğrileri", karşılaştırmalı olarak grafik ortamında birarada değerlendirilmiştir. Uygulama esnasında kullanılan her bir örnekten elde edilecek verilerin tutarlılığı, ileride yapılacak çalışmaları da etkileyecektir. Bu nedenle, her bir noktada yapılacak ölçme tekrar sayısının belirlenmesi oldukça önemlidir.
Spektroradyometrenin kullanım kılavuzunda tekrar sayısının en az 10 olması gerektigi belirtildiğinden minimum 10 tekrar, bunu takiben 20 ve 30 tekrar sayılarıyla elde edilen grafikler bir araya getirilmiştir (Şekil 5). Böylece, tek bir örnekten farklı tekrar sayılarıyla elde edilen ölçümler karşılaştırmalı olarak grafiklerle incelenmiştir.



Şekil 5. A2 kayaç yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırmalı spektral yansıtma eğrileri

Şekil 6'deki grafikten görüldüğü üzere, tekrar sayısındaki artış, elde edilen spektral yansıma eğrisinde büyük bir değişime sebep olmamıştır. Yapılan ölçümlerde elde edilecek sonuçların ileriki çalışmalarda da tutarlı olması açısından bir başka örnek ile aynı calışma tekrarlanmıştır (Şekil 7).



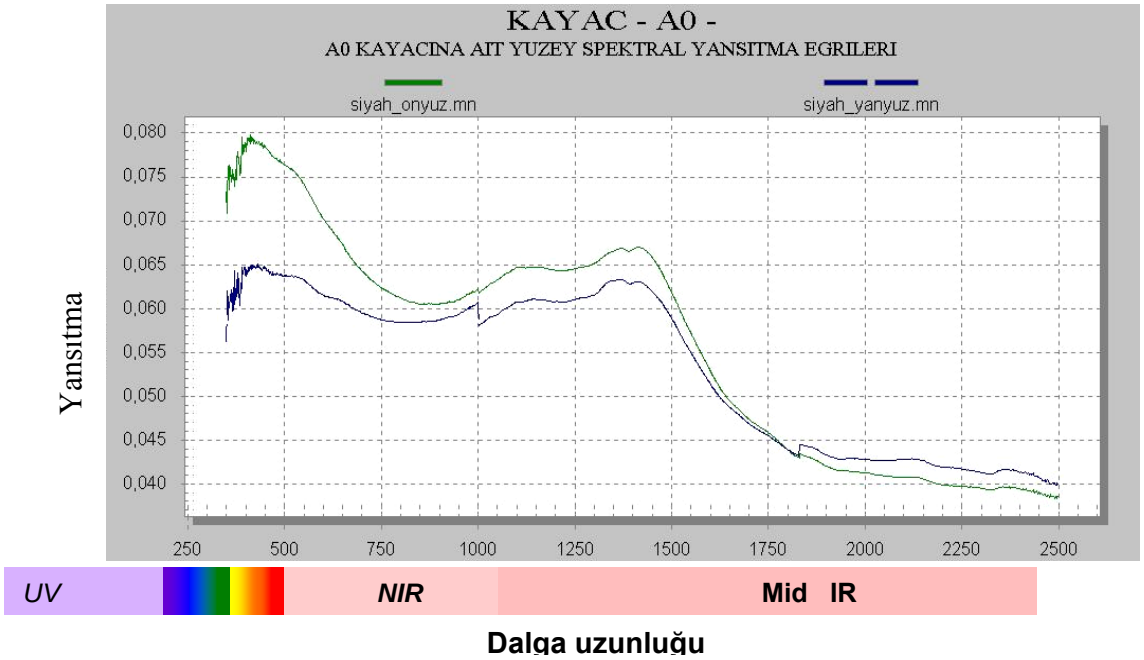
Şekil 6. A4 kayaç yüzeyine ait 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçümlerden elde edilen karşılaştırmalı spektral yansıtma eğrileri.

İncelenen örnekten elde edilen ilk 10, 20 ve 30 tekrarlı ölçmelerden oluşan spektral yansıtma eğrilerine bakıldığında açıkça görülmektedir ki, her noktada yapılacak 20 tekrarlı ölçme ile, daha yaklaşık bir sonuç elde edilmektedir. Bu uygulama için tekrar sayısı bu yöntem ile 20 olarak belirlenmiştir. Uygulama sırasında her bir kayaç ile yapılan çalışmada yukarıda belirlendiği gibi tekrar sayısı 20 olarak alınmıştır.

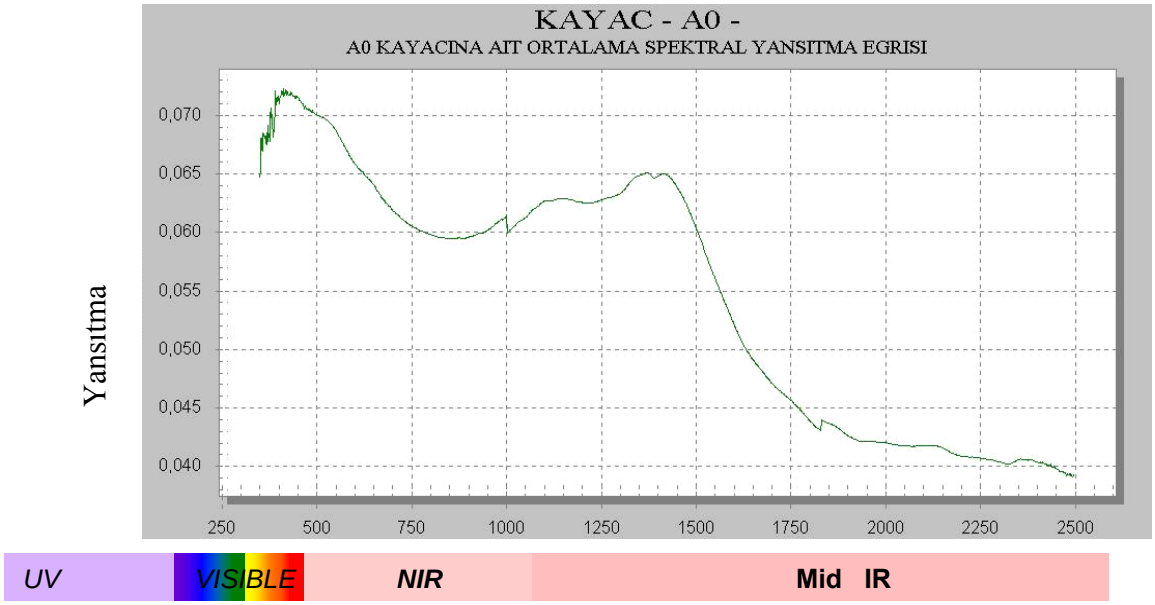
Spektroradyometrik ölçme yöntemi ile elde edilen sonuçlar

KAYAÇ NO: A0

350-2500 nm'lik dalga uzunluğu aralığında A0 No'lu kayaç üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen "ortalama yüzey spektral yansıtma eğrileri"ve A0 kayacına ait "ortalama spektral yansıtma eğrisi" Şekil 7 'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 7. 4 A0 No'lu kayaca ait (a) yüzey spektral yansıtma eğrileri (b) ortalama spektral yansıtma eğrisi

Çalışmada ele alınan 9 farklı kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 8.1'de gösterilmiştir.

Şekil 5'de yer alan grafik incelendiğinde özellikle 650-1100nm ve 1150-1300nm bölgelerinde bu dokuz farklı kromit türünün, uzaktan algılama ile birbirinden ayrılabileceği görülmektedir.

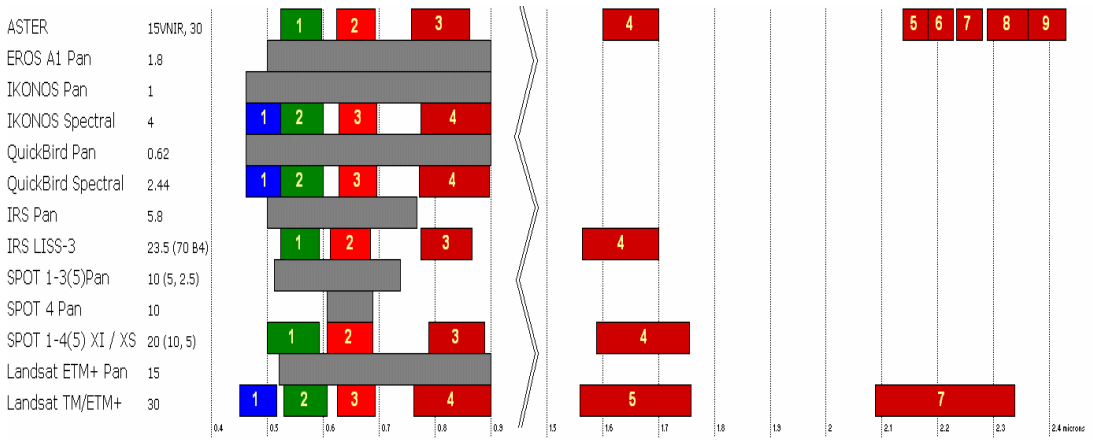
Renklerine göre bakıldığında, görünür bölgede (400-700nm) tüm kayaç türlerinin 550-600 nm dalga uzunluğu aralığında (yeşil-sarı) pik yaptıkları gözlenmiştir.

Farklı kromit türlerine ait spektral eğriler, kimyasal analiz sonuçlarına (Tablo 5.2) göre yorumladığında bir başka önemli sonuç çıkmaktadır: Kayaçtaki kromit oranı arttıkça yansıtma

eğrilerinde genel olarak daha düşük değerler elde edilmektedir. İçerdiği Cr_2O_3 oranı en fazla olan kayaç A0'dır. Spektral yansıtma oranı, diğer kayaçlarla kıyaslandığında en düşük seviyede kendisini göstermektedir (Şekil 8.1). İçerilen Cr_2O_3 oranının artmasıyla, genel olarak yansıtma değerlerinin azaldığı spektral eğriler elde edilmiştir. Bu kapsamda 650-1100nm spektral aralığında Cr_2O_3 oranının maksimumdan minimuma doğru olduğu kayaçlar sırasıyla, A0,A1,A2,A20,A6,A5,A4,A3 ve B1'dir. Belirtilen aralıkta spektral yansıtma değerleri, kayaç numaraları sırasıyla A0, A1, A2, B1, A20, A6, A4, A3, A5 şeklinde artmaktadır. Görülmektedir ki, A5 ve B1 kayaçları grafik üzerinde bu sonuca uygun davranış göstermemektedir. Bunun nedeni, her iki kayaç türünün de kimyasal yapısında diğerlerinden daha yüksek veya daha düşük bir başka kimyasal içerik olabilir. Örneğin, MgO oranlarına bakıldığında bu iki kayaç türündeki içeriğin diğerlerinden daha yüksek olduğunu görülmektedir.

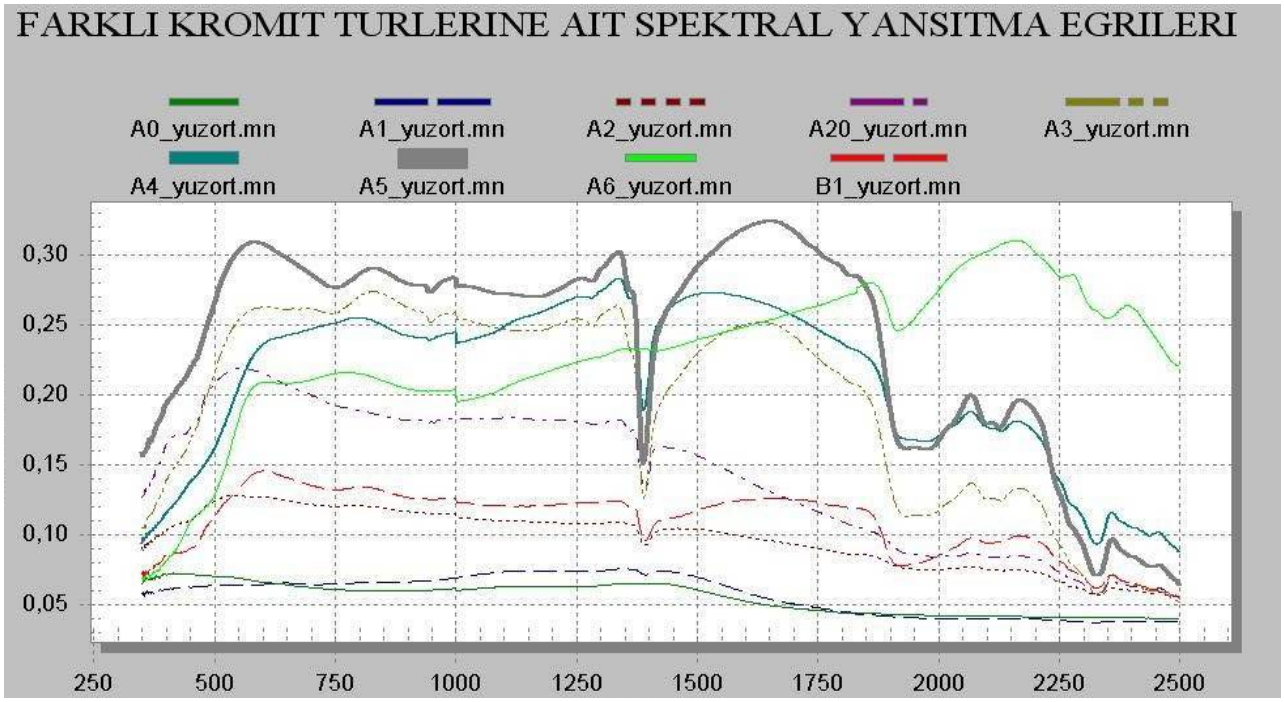
1150-1300 nm aralığında , yansıtma değeri eğrilerinin sıralamasında bir değişim gözlenmiştir. Sıralama yeni haliyle, artan yönde A0, A1, A2, B1, A20, A6, A3, A4, A5 şeklinde değişmiştir. Bu noktada, kimyasal analizlerden yola çıkarak, şöyle bir yorum getirilebilir. A3 kayacı belirtilen dalga uzunluğu aralığında, içerdiği Fe_2O_3 ve MgO oranlarının yüksek olması sebebiyle daha yüksek spektral yansıtma değeri vermiş olabilir. Bunu anlamak için, kimyasal içeriklerin, saf haliyle ayrıca ölçümleri yapılmalı, ve bulunan sonuçlar ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir.
İnceleme yapılan spektrum bölgesinde gözle görünür şekilde farkedilen bir diğer sonuç A6 kayacının, özellikle 1250-1900nm aralığında diğerlerinden farklı bir patern vermiş olmasıdır. A6 kayacının içerdiği kromit, gözle de görülebileceği gibi kayac yüzeylerinde kum taneciklerine benzer şekilde rastgele dağılmaktadır. Ancak bu kayaç türünün, kimyasal analizinin yanısıra detaylı bir araştırmanın konusu olması gerekmektedir.
Yeryüzünün araştırılmasına yönelik olarak projelendirilerek hala hazırda faaliyetini sürdüren mühendislik araştırmaları için veri sağlayan güncel uydu verilerinin geometrik ve spektral çözünürlükleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Bu tabloda ele alınan multispektral (MS) uydu verilerinin band aralıkları, farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrileri grafiğinin üzerinde gösterilerek spektral analizin bu bölgelerdeki davranışları yorumlanmıştır.

Tablo 2. Güncel uydu verilerinin geometrik ve spektral çözünürlükleri.

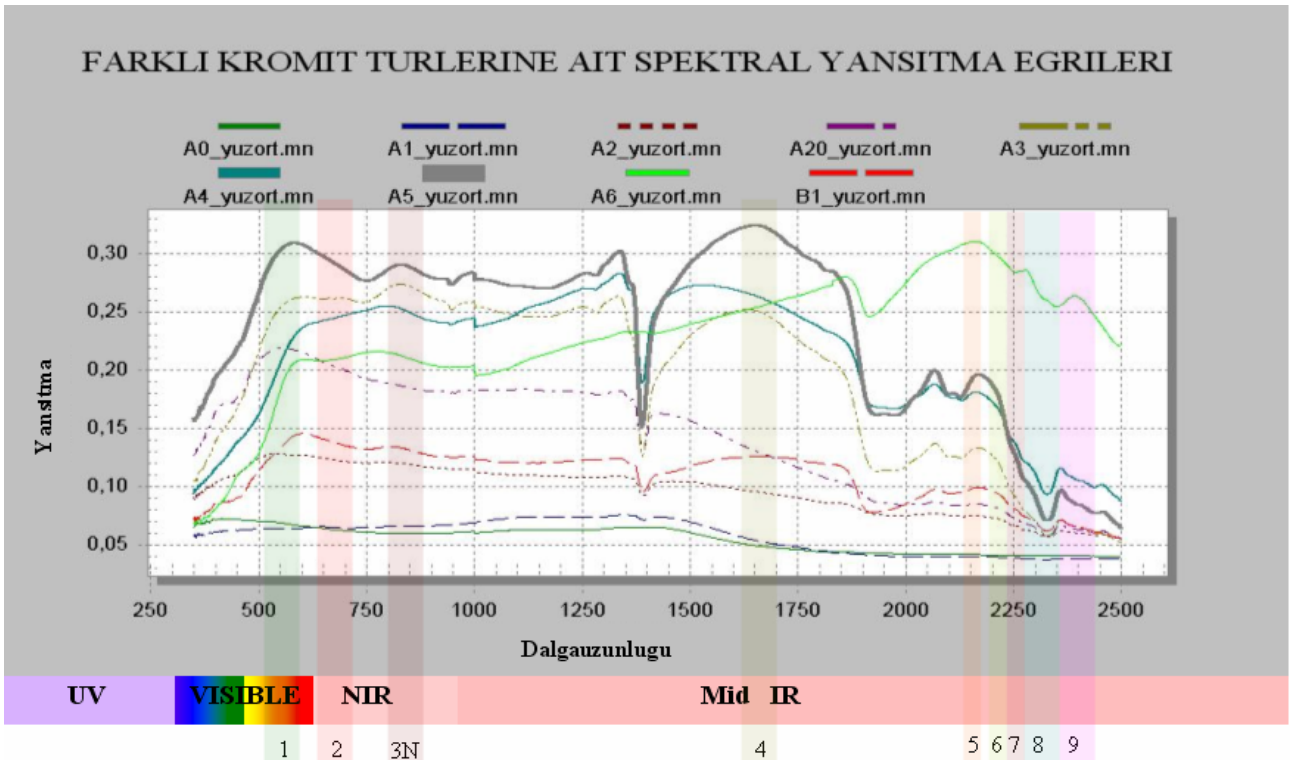


ASTER görüntüleri özellikle kayaç tipi tanımlaması, ayrıntılı volkanik aktivite haritalaması, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının ve mineralojik zon haritalarının hazırlanması, jeotermal alanların belirlenmesi, stereoskopik üç boyutlu görüntü elde edilmesi vb. gibi jeolojik amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından en önemlisi ASTER görüntülerinin 14 spektral aralığına sahip olmasından dolayı, mineral ve alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasıdır. Bu işlem sonucunda olası maden potansiyeline sahip bölgeler hakkında mineral bazında ayrıntılı bilgiye sahip olunmaktadır. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin ASTER Uydu verilerinden MS band aralığı ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 8.2) 3N, 5 ve 8 ile tanımlanmış bölgelerde bu kromit türlerinin ayrılabildiğini, bu band aralıklarında çalışılabileceği sonucu çıkartılabilir. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin Landsat TM Uydu verilerinden MS band aralığı ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 8.3) yalnızca 4. bandda bu türler birbirlerinden rahatlıkla ayırt edilebilirken, band 3 ve band 5'te bazı türler karışabilmektedir. Landsat TM Uydu görüntüleri de, ana kayaç tipi tanımlaması (magmatik, metamorfik, sedimanter), geniş bölgesel yapıların belirlenmesinde jeolojik amaçlar için kullanılabilir. SPOT5-XS, uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan bir diğer uydu verisidir. Farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin SPOT5-XS Uydu verilerinin band aralıkları ile örtüştürülmesinin gösterimine bakıldığında (Şekil 8.4) 3 no'lu bölgenin dışında kalan tüm bölgelerde eğrilerin çakıştığı görülmektedir.

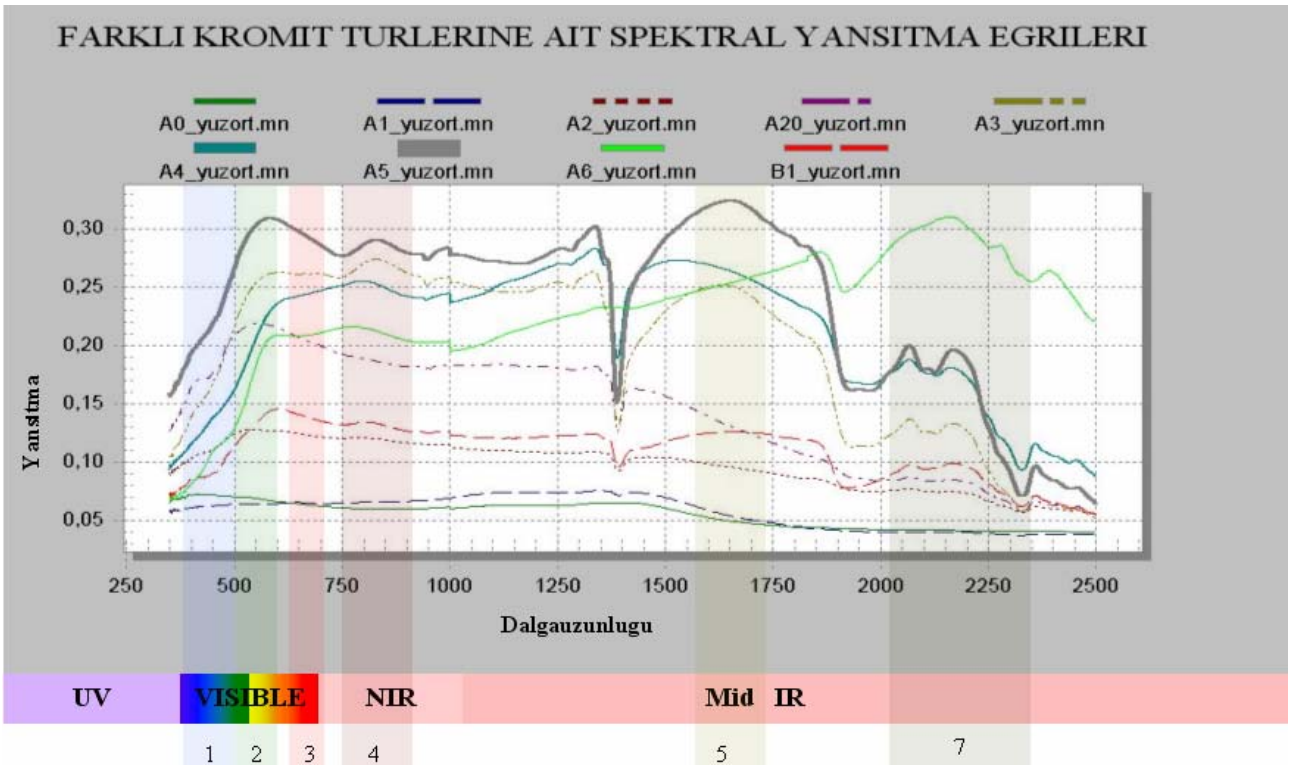
IKONOS ve QUICKBIRD çok kanallı uydu verilerinin band aralıkları ile farklı kromit türlerine ait spektral yansıtma eğrilerinin örtüştüğü bölgelerin gösterimi sırasıyla Şekil 8.5 ve Şekil 8.6'da görülebilir. Geometrik çözünürlükleri oldukça yüksek olmasına karşın, bu tür uydu verileri genellikle dar spektral aralıklarda görüntü sağladığından, jeolojik çalışmalarda tercih edilmeyebilir. Bununla birlikte, geometrik çözünürlüklerinin yüksek olması bazı maden türleri için tercih nedeni olabilir. Günümüzde özellikle kıymetli minerallerin Uzaktan Algılama ile belirlenmesinde Hiperspektral çalışmaların yapılması geometrik ve spektral çözünürlüğün yüksek olması nedeniyle önerilebilir.



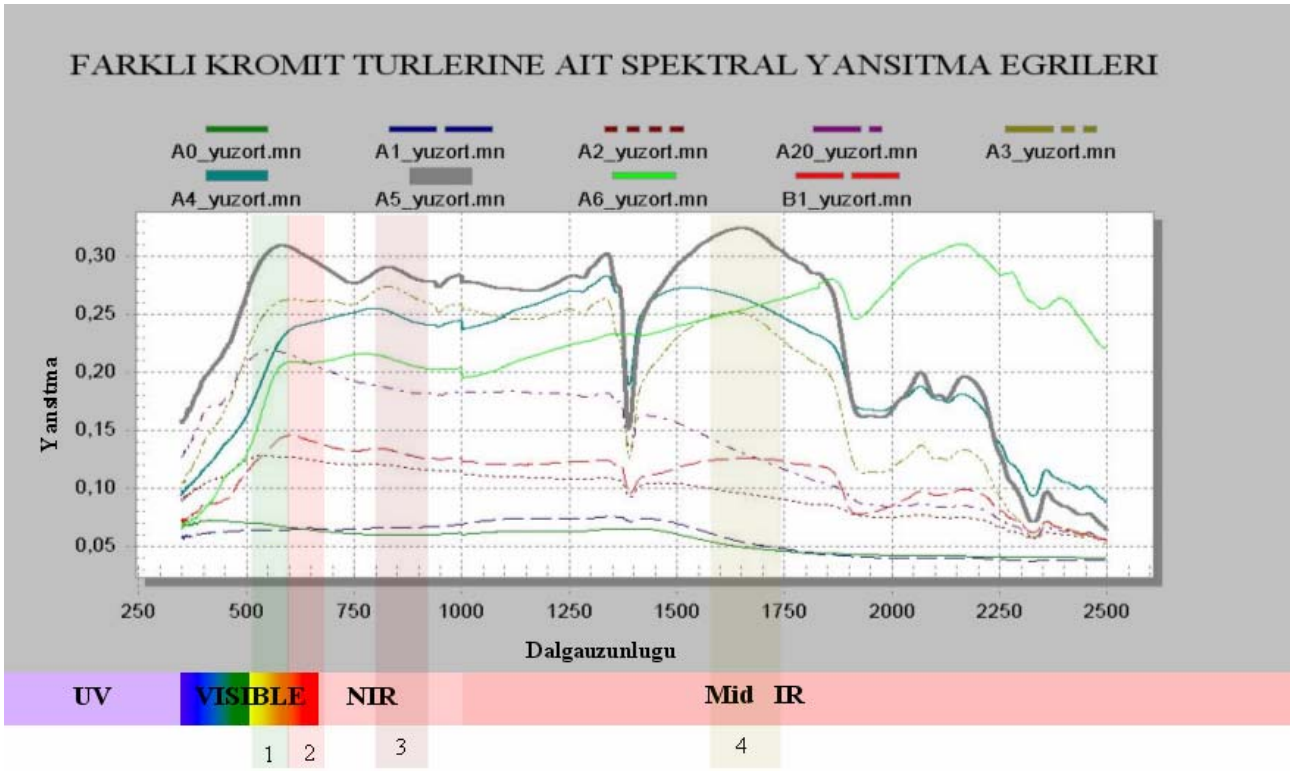
Şekil 8.1 9 farklı kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri



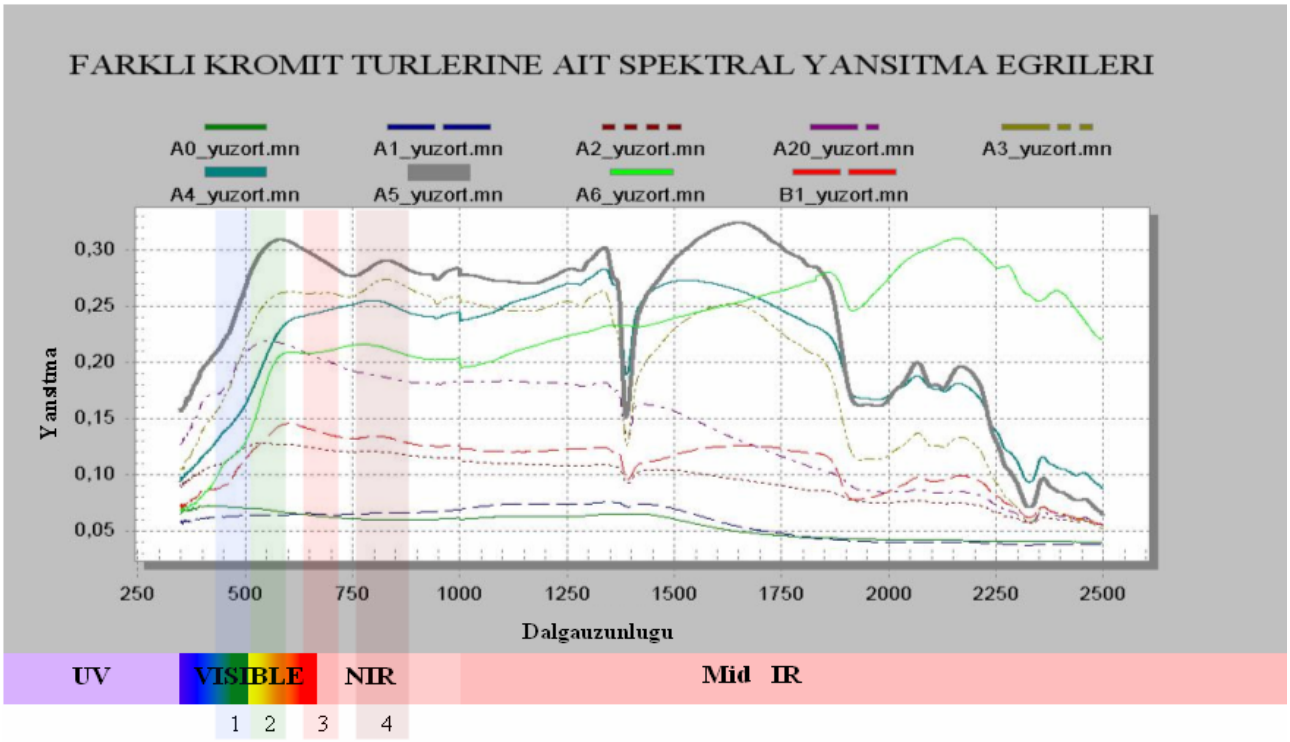
Şekil 8.2. Farklı kromit türlerine ait spektral eğrilerin ASTER (MS) uydusunun spektral band aralıklarıyla örtüşümü



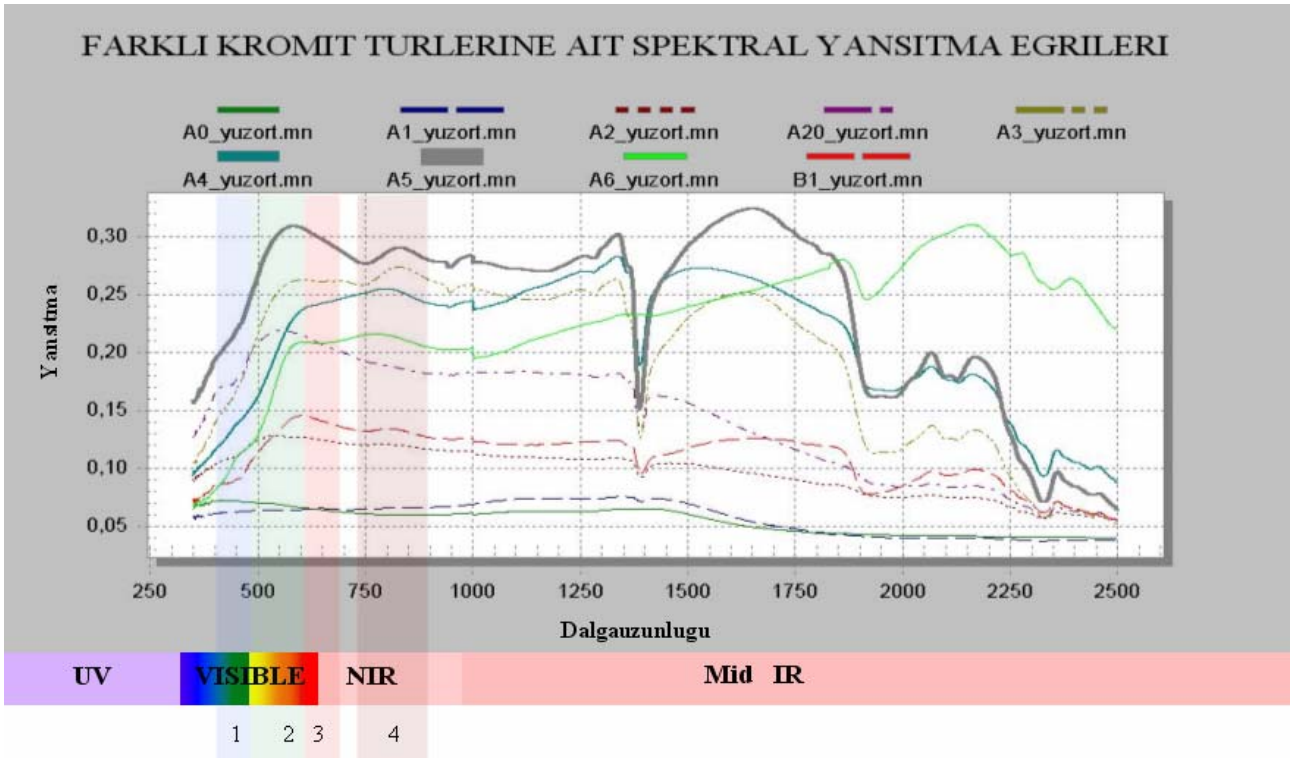
Şekil 8.3. Farklı kromit türlerine ait spektral eğrilerin LANDSAT TM (MS) uydusunun spektral band aralıklarıyla örtüşümü



Şekil 8.4. Farklı kromit türlerine ait spektral eğrilerin SPOT XS (MS) uydusunun spektral band aralıklarıyla örtüşümü



Şekil 8.5. Farklı kromit türlerine ait spektral eğrilerin IKONOS (MS) uydusunun spektral band aralıklarıyla örtüşümü



Şekil 8.6. Farklı kromit türlerine ait spektral eğrilerin QICKBIRD (MS) uydusunun spektral band aralıklarıyla örtüşümü

Sonuçlar

Bu çalışmada, cisimlerin uzaktan algılama ile yüksek doğrulukla belirlenebilmesi amacıyla doğal (güneş ışığı) veya yapay ışığın minerallerden veya maddelerden yansıtma ve yutulma değerlerini ölçen ve bu ölçümleri grafiksel olarak sunan spektroradyometre kullanılarak, kayaç türleri üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Spektroradyometre kullanılarak, 350-2500nm dalga boyu aralığında, görünür ve kızılötesi bölgelerde, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuarı'ndan alınan Bursa bölgesi çevresinde yer alan dokuz farklı kayaç üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, her kromit türüne ait spektral yansıtma eğrileri belirlenmiştir. Ölçülen yüzeylerdeki tüm noktalardan bir kayaca ait tek bir grafik elde etmek için, "ortalama değer hesaplaması" yapılmıştır..

Yer yüzeyini incelemek üzere kullanılan belli başlı uydulardan ASTER, LANDSAT, SPOT5, IKONOS ve QUICKBIRD multispektral uydu verileri, dokuz farklı kromit türlerinin belirlenebileceği band aralıkları ile örtüştürülerek değerlendirilmiştir.

Kaynaklar

Coşkun, H.G., 1992. Uydu Verileri ile İstanbul Boğazı, Haliç, ve Marmara'da Su Kirliliğinin Makro Düzeyde Belirlenmesi, *Doktora Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Curtiss B. and S.L. Ustin., 1988 Spectral changes in Ponderosa Pine associated with natural ozone exposure. *Proc. U.S. Forest Service Forest Response Program Annual Meeting*, Corpus Christi, Texas, February 23 – 26

Gedikoğlu, Atasever, Maden Yatakları Ders notları

(Gülergün) Bayraktar, Ö., 2002. İstanbul'da IRS uydu verileri kullanarak zamana bağlı değişim analizinin izlenmesi, *Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Kırıkoğlu, M.Sezai**,** 1994 Maden Yatakları, İTÜ Yayını, 1994

Manual of Remote Sensing 3rd Edition, 1999.Earth Science Applications of Remote Sensing. John Wiley ans Sons Publishers.

Özkan, C., 2000. Uzaktan algılama verileriyle orman yangını analizi, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Özpeker, Işık, 1987. Maden Yatakları Ders notları

Sabins, F., 1996. Remote Sensing: Principles and Interpretations, W. H. Freeman&Co., New York

Tandaç, B., 2001. Uydu Verileri ile İstinye Koyu'nda Su Kirliliği ve Hidrodinamik Yapının İncelenmesi, *Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul..