

HİPERSPEKTRAL CHRIS-PROBA GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK JEOLJİK BİRİMLERİN HARİTALANMASINA OFİYOLİTİK BİR KARIŞIKTAN ÖRNEK: SİVAS HAVZASI GÜNEYDOĞU KENARI

Hande KONYA, Kaan Şevki KAVAK

Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas/TURKIYE

hande.konya@cumhuriyet.edu.tr, kaank@cumhuriyet.edu.tr

ÖZ

Hiperspektral uydu verileri, dar bant aralığı ile çok fazla bilgi içeriğine sahip olup multispektral sistemlerden farklı olarak nanometre seviyesindeki dalga boyu ile ifade edilirler. Bilindiği gibi kayaçları oluşturan mineral tiplerinin ortaya çıkarılmasında algılayıcılar tarafından toplanan yansıma spektraları kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Sivas Tersiyer Havzası'nın güneydoğu kenarında seçilen Çataldağ ve civarında yüzeyleyen ofiyolitik karışığa ait farklı birimlerin ayrışması amaçlanmıştır. Bölgede Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları üzerine tektonik dokanakla bir ofiyolit karışığa ait birimler gelmektedir. Tecer Dağlarının güneyinde yer alan bu ofiyolitik kayaçların daha güney-güneydoğudaki Divriği ofiyolitinin uzantıları olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanındaki ofiyolitik kayaçlar genel olarak bir ofiyolit dizisinin alt bölümleri ile temsil edilmektedir. Bu birimler tabandan tavana doğru; manto tektonitleri, gabroyik kümülat kayaçlar ve manto tektonitlerini değişik seviyelerde kesen izole diyabaz ve piroksenit dayklarından oluşmaktadır. Ayrıca harzburgitik manto tektonitleri içinde oldukça büyük rezervlerde aktif olarak işletilen kromit mineralizasyonları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında inceleme alanında gözle ayırt edilemeyen ofiyolitik karışığa ait ultramafik kayaçlardan ayrıca petrografik analiz amaçlı örnekler alınmış ve spektra ölçümleri toplanmıştır.

İnceleme alanı, Sivas ilinin yaklaşık olarak 60 km güneydoğusunda yer almakta olup, "İç Torid Okyanusu" olarak adlandırılan okyanusal kalıntı kuşağı üzerinde gelişmiştir ve bölgesel jeolojik evrim açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, CHRIS-Proba algılayıcıya ait hiperspektral uydu görüntülerinin 37 bantlık bölümü kullanılmış olup görüntüler 17.06.2007 ve 14.07.2007 olmak üzere farklı 2 günde alınmıştır. Söz konusu birimlerden arazi çalışmaları kapsamında CHRIS-Proba görüntü alımı ile eş zamanlı spektralar alınmıştır ve görüntünün bant aralığına uygun el tipi spektrometre kullanılmıştır.

CHRIS-Proba uydu görüntüleri, hiperspektral görüntü işleme analizlerine başlamadan önce atmosferik düzeltme işlemleri yapılarak hazırlanmıştır. Görüntü işleme analizlerinden uygun olanları, bölgede yüzeyleyen ofiyolitik karışığın ayrışmasına yönelik olarak seçilmiş ve bu kapsamda Koptagel (1997) nin arazide yapmış olduğu temel harita esas alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: CHRIS-Proba, hiperspektral görüntü analizi, ofiyolitik karışık, Sivas Havzası.

AN EXAMPLE OF MAPPING GEOLOGIC UNITS FROM AN OPHIOLITIC MÉLANGE USING HYPERSPECTRAL CHRIS-PROBA IMAGES: SOUTHEASTERN BOUNDARY OF THE SIVAS BASIN

Hande KONYA, Kaan Şevki KAVAK

Cumhuriyet University, Department of Geological Engineering 58140 Sivas/Turkey

hande.konya@cumhuriyet.edu.tr, kaank@cumhuriyet.edu.tr

ABSTRACT

Hyperspectral data have large amount of information within narrow bandwidths and the spectra are measured in nano-scale different from multispectral systems. As known, the reflection spectra gathered through the sensors are utilized to determine the certain mineral and rock types which were made up of outcropping rock units of any region. This work is devoted to separate different type of units belonging to ophiolitic mélange crop out around Çataldağ Mountain which is also located on the southeastern boundary of the Tertiary Sivas Basin. In the region, an ophiolitic mélange has been observed tectonically on top of the Upper Triassic-Lower Cretaceous limestones. It is supposed that the ophiolite rocks located on the south of Tecer Mountains are the extensions of Divriği ophiolites at the further south and south-east. The ophiolitic rocks in the studied region are presented as the lower parts of the ophiolitic serie. These units are formed from bottom to top by mantle tectonics, gabbroic cumulates and isolated diabase and pyroxenite dikes on various levels. In addition, there are also chromite mineralizations which are exploited with large reserves in the harzburgitic mantle tectonits. In this work, some samples and spectra measurements were obtained from the ultramafic rocks belonging to ophiolitic mélange which cannot be detected in mesozoic scale.

The study area is 60 kilometres away from Sivas city centre and developed on an oceanic remnant belt called "Inner Tauride Ocean" in literature. In that manner, region has an importance in terms of geological evolution. During the studies, 37 bands of the CHRIS-

Proba hyperspectral satellite images were utilized. These images were acquired on two different days as 17 June 2007 and 14 July 2007. Spectra have been also gathered simultaneously during CHRIS-Proba image acquisition from the corresponding units. A hand-held spectroradiometer has been utilized which is compatible with the spectral bandwidth of the CHRIS-Proba satellite images.

Apart from area study, CHRIS-Proba images were preprocessed by radiometric correction methods. The appropriate processing tools have been chosen in order to differentiate the ophiolitic mélange and in that manner the map extracted by Koptagel (1997) has been used as the reference map.

KEYWORDS: CHRIS-Proba, hyperspectral image processing, ophiolitic mélange, remote sensing, Sivas Basin.

1. GİRİŞ

Sivas Havzası'nın güneydoğu kenarında yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ilişkilerinin ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması birincil olarak amaç edinilmiştir. Çalışmanın ikinci amacını ise, özellikle son yıllarda uzaktan algılama yöntem-biliminin jeolojik kullanım açısından en yararlı uygulamalarını içeren hiperspektral görüntü analizleri oluşturmaktadır. Bu amaçla, inceleme alanını içerisine alan bölgenin CHRIS-Proba hiperspektral görüntüleri Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından temin edilmiş ve görüntülerin çekildiği saatle eş zamanlı olarak bu çalışmayı tamamlayıcı nitelikte kaya birimlerinden spektrometre yardımıyla spektra ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Stratigrafik açıdan bölgenin tabanında Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşlarının üzerine tektonik dokanakla gelen Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığına ait birimler yer almaktadır. İnceleme alanının da içinde yer aldığı bölgede, paleotektonik evrim açısından büyük önem taşıyan İç Torid Okyanusu'nun ürünleri Divriği ofiyolitli karışığı ile temsil edilmekte ve karışığa ait birimler içerisinde halen işletilmekte olan önemli miktarda kromit mineralizasyonları da bulunmaktadır. Bu birimi uyumsuzlukla örten ve sedimanter kayalardan oluşan Orta Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bölgedeki stratigrafik istifi tamamlamaktadır. Tektonik açıdan bir diğer önemli ayrıntı ise, arazi ve büro çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan ve Yılanlıdağ formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen sağ yanal doğrultulu atımlı faylar oluşturmaktadır. KB-GD yönlü bu tektonik unsurlar hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinde de açıkça gözlemlenmektedir.

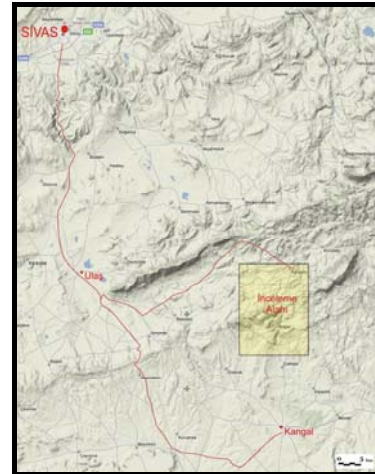
Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan hiperspektral uzaktan algılama uygulamalarında ise, ilk olarak CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüsüne radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltme yöntemleri uygulanarak görüntü zenginleştirme analizlerine geçilmiştir. Bu işlemler sonucunda hiperspektral verilerin bilgi içeren bölümleri veri boyutu düşürülerek ortaya çıkarılmıştır. Görüntü zenginleştirme amaçlı olarak en az parazit bölünmesi (MNF), görüntü elemanı saflık ölçütü (PPI) ve n-boyutlu görselleştirme (n-dimensional visualization) gibi uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Görüntü elemanı saflık ölçütü ve n-boyutlu görselleştirme işlemleriyle, arazideki birimleri temsil eden görüntü elemanları belirlenmiş ve ilişkili oldukları noktalar ortaya çıkarılmıştır. Uzaktan algılama çalışmalarıyla ilişkili olarak inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerinden, yansıma-dalga boyu eğrileri olarak da bilinen spektra ölçümleri yapılmış ve bu spektrallardan bir spektral kütüphane oluşturulmuştur.

Böylece, son yıllarda yaygınlaşan uzaktan algılama çalışmalarının jeolojik uygulamalarda önemli bir alan olarak,

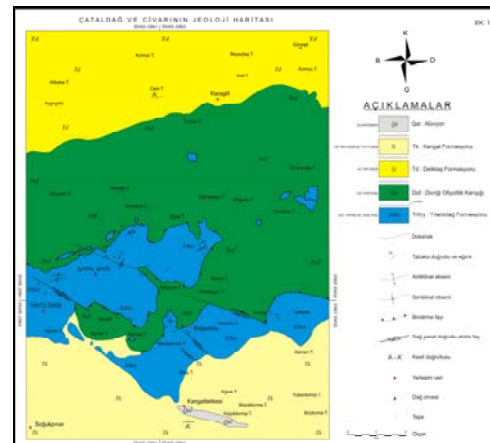
jeolojik çalışmalarla birlikte yürütülmesini amaçlayan bir bakış açısı bu çalışmada sunulmuştur.

2. İNCELEME ALANI JEOLJİSİ

Bu çalışma, Sivas il merkezinden yaklaşık 60 km güney doğusunda yer alan (Şekil 1) ve 1/25.000 ölçekli Sivas J38 b1- J38 b2- J38 b3- J38 b4 paftaları içerisinde yer alan, Çataldağ, Yaycı Dağı ve yakın çevresini kapsayan alanın jeolojik özelliklerinin hem arazi çalışmaları hem de CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntülerini kullanarak bölgenin jeolojik açıdan aydınlatılmasını amaçlayan iki ayrı bölümden oluşmaktadır.



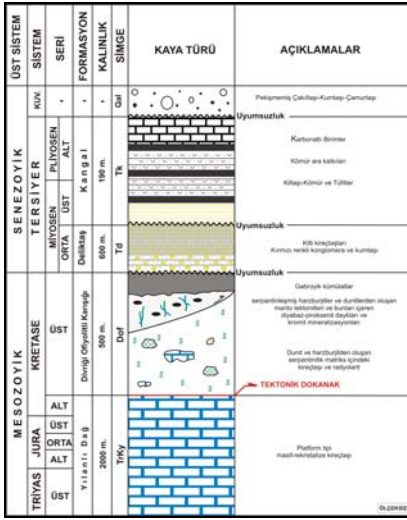
Şekil 1: İnceleme alanına ait yer bulduru haritası.



Şekil 2: İnceleme alanına ait jeolojik harita.

Bölgedeki en yaşlı birimleri platform ortam ürünü Toros kuşağına ait kristalize nitelikteki kireçtaşlarında oluşan Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Yılanlıdağ formasyonu (TrKy) oluşturmaktadır. Bu birimler üzerinde ise tektonik

dokanakra Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitli karışığı (Dof) yer almaktadır. Bu karışığa ait birimleri genel olarak tabanda serpantinolitik bir hamur içerisinde kireçtaşı ve radyolarit olistolitlerinden oluşan melanj niteliğindeki birimler oluşturur. Bu melanj seviyelerinin üzerinde ise eksikli bir ofiyolit dizisinden oluşan ve sepanitlenmiş dünit ve harzburjitlerden oluşan manto tektonitleri, bu tektonitleri kesen izole diyabaz ve piroksenit daykları yer almaktadır. Divriği ofiyolitli karışığının üzerinde ise, uyumsuz olarak yer alan Orta Miyosen yaşlı sedimanter birimleri kırmızı renkli konglomera ve kumtaşlarıyla başlayıp görsel nitelikteki killi kireçtaşlarıyla tamamlanan Deliktaş formasyonu ile killi/tüfitli seviyeler içeren kömür ara katkılı Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu bulunmaktadır. İnceleme alanının en genç birimlerini ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 2 ve Şekil 3).

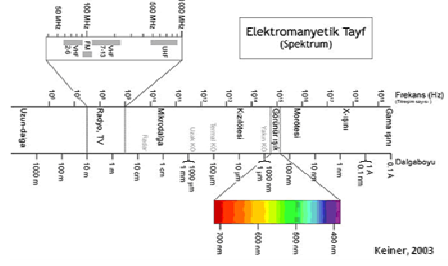


Şekil 3: İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).

3. HİPERSPEKTRAL UZAKTAN ALGILAMA

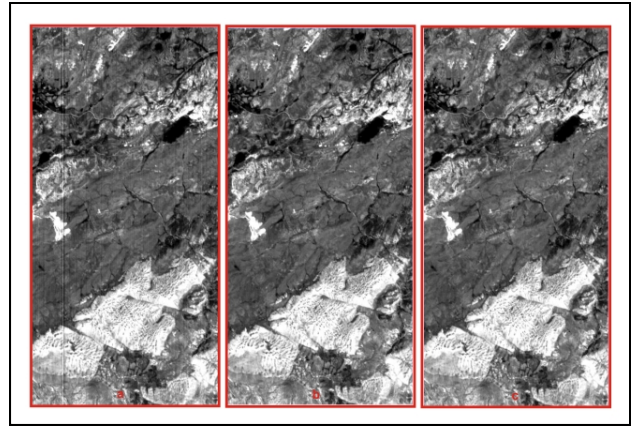
Çalışmanın ikinci kısmını oluşturan hiperspektral uzaktan algılama, multispektral uzaktan algılamaya göre daha dar bant aralığı ve çok sayıda bantta sahip elektromanyetik radyasyon (Şekil 4) kullanımı olarak tanımlamak mümkündür. Bu yöntemle cisimlerin yansımadağaboyu eğrileri olarak da bilinen spektraları nanometre seviyesinde ölçüldüğü için kayaları oluşturan mineral tiplerinin belirlenebilmesi de içerdiği absorpsiyon (soğurma) değerlerine göre mümkün olmaktadır. Görüntüleme spektroskopisi (imaging spectrometry) olarak da bilinen hiperspektral uzaktan algılamanın özellikle mineral haritalama ve alterasyon zonlarının belirlenmesinde etkin olarak kullanıldığı söylenebilir. Bütün bantların kayıtları biraraya getirildiğinde arazinin her bir görüntü elemanı için, bu bantlar esas alınarak kesintisiz bir yansımadağrafı çizebilmektedir.

Hiperspektral bir uydudan Proba (Project for On Board Autonomy), Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) programı çerçevesinde finanse edilen bir misyon olup, 22 Kasım 2001 tarihinden itibaren başarılı bir şekilde veri sağlamaktadır. Proba'nın, iki yer gözlem enstrümanı bulunmaktadır. Bunlar, Yüksek Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (CHRIS-Compact High Resolution Imaging Spectrometer) ve Yüksek Çözünürlüklü Kamera (HRC-High Resolution Camera) 'dır.

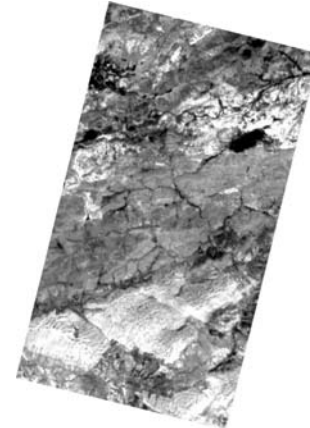


Şekil 4: Elektromanyetik spektrum.

Bu çalışmada 37 bantlı olan ve 447-1036 nm. Dalga boyu aralığına sahip CHRIS-Proba hiperspektral uydudan görüntüleri kullanılmış olup, işlenmiş haldeki CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde radyometrik, atmosferik (Şekil 6) ve geometrik düzeltme işlemleri (Şekil 7) yapılarak görüntü zenginleştirme analizlerine hazır hale getirilmiştir.

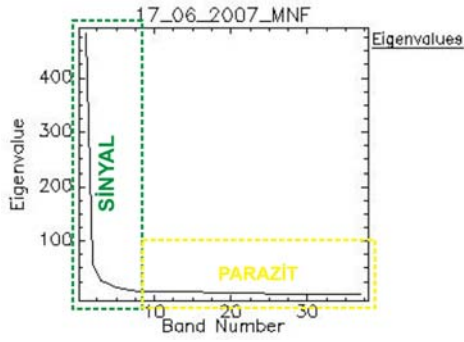


Şekil 5: CHRIS-Proba hiperspektral görüntü üzerinde yapılan (a) ham görüntü, (b) radyometrik düzeltme, (c) atmosferik düzeltme.



Şekil 6: CHRIS-Proba hiperspektral görüntü üzerinde yapılan geometrik düzeltme.

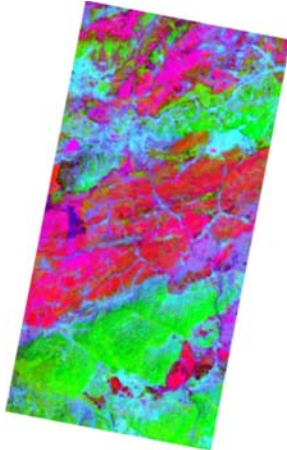
Görüntü düzeltme işlemlerinin ardından görüntü zenginleştirme işlemlerine geçilmiştir. İlk olarak MNF işlemi yapılarak görüntü üzerinde, en az parazit bölümlenmesi (MNF), görüntü elemanı saflık ölçüsü (PPI) ve n-boyulu gösterim analizleri yapılarak 37 bantlı olan CHRIS-Proba hiperspektral uydudan görüntülerinde, görüntünün kullanılabilir kısımları ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 7: MNF analizi sonucu elde edilen grafik.

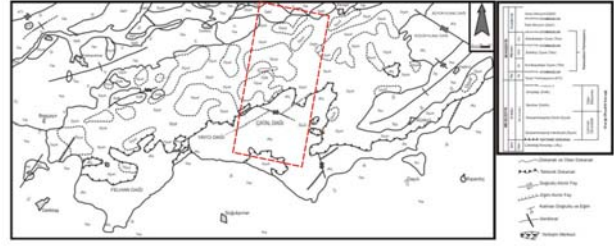
MNF analizi, veri kümesindeki toplam uyumsuzluğa katkı sağlayan, önemli bilgi içeren bantlardan gelen parazitleşmiş baskın spektral bantların ayrılmasını sağlar. MNF, veri kümesinin boyutunu azaltır ve az sayıda parazitten arınmış elemanı saklar. Sinyal ve parazit arasındaki sınır bölgesinin belirlenmesinde, eigen (öznelik) değerleri şeklini incelemek gerekmektedir. Bilgi saklayan MNF bantları için eigen değerleri, diğer parazit içeren bantların eigen değerlerine göre daha yüksek olacaktır. Eigen numaraları arttıkça kalite düşer, yani parazit miktarı artar böylece hangi bant aralıklarının kullanılıp kullanılmayacağı belirlenebilir. Yapılan uygulamada, yaklaşık olarak 9. banttan itibaren parazit kısmı başladığını gösteren bir grafik ve 9. banttan itibaren parazit kısmın başladığını gösteren görüntülerde elde edilmiştir.

Ayrıca MNF analizi sonucu (123) bantları kullanılarak RGB görüntüsü elde edilmiş olup, Divriği ofiyolitik karışığına ait birimlerin zengin sınıf aralığı verdiği gözlenmiştir. Koptagel (1993) tarafından yapılan çalışmada ofiyolitik karışığın bölgede serpantinleşmiş dünit ve harzburjitlerden oluştuğu ortaya çıkarılmıştır.

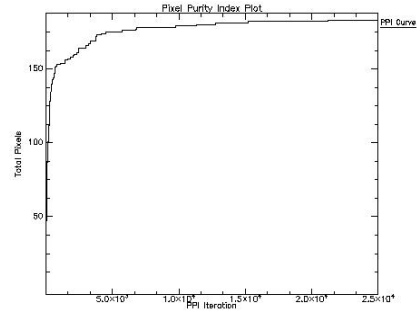


Şekil 8: MNF RGB (123) görüntüsü.

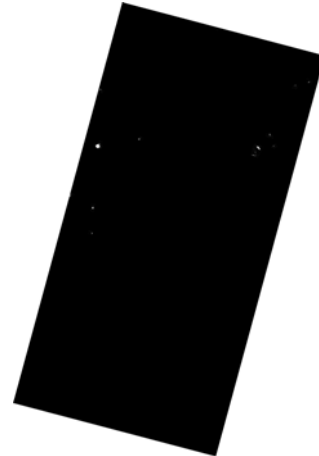
Görüntü elemanı saflık ölçüsü (PPI), son üyelerin (endmember) belirlenmesi için kullanılan bir tekniktir. Üye elemanlar, spektral olarak çok saf veya benzersiz görüntü elemanlarıdır. Büyük boyuttaki veriden dolayı, PPI genellikle MNF dönüşümüne uğramış veri üzerinde kullanılır. Eğer görüntü spektrarı n-boyutlu uzaya çizilirse, saf görüntü elemanları, veri noktalarının çok boyutlu bulutunda köşe noktalarına karşılık gelmektedir (Boardman 1993).



Şekil 9: MNF RGB (123) görüntüsünün koptagel (1993) çalışması ile gösterimi.



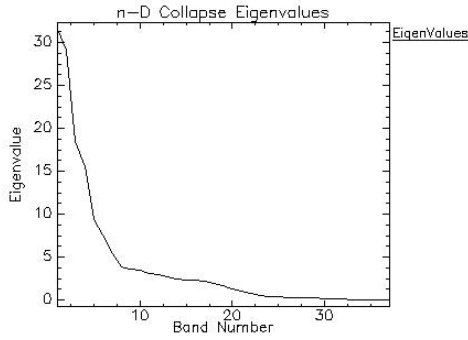
Şekil 10: PPI sonucu elde edilen grafik.



Şekil 11: PPI analizi sonucu elde edilen görüntü.

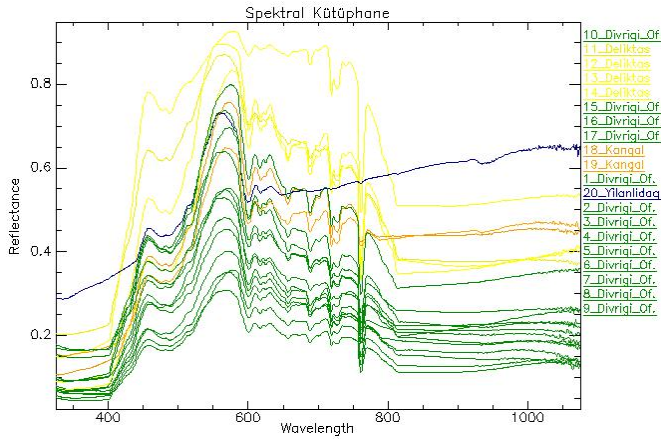
PPI prosedürü, n-boyutlu saçılım çizimlerinin rastgele birim vektöre sürekli olarak izdüşümünü alarak n-boyutlu uzaydaki sınırlar boyunca uç spektraları otomatik olarak bulmaktadır. MNF uygulaması sonucu elde edilen bilgiler PPI analizinde kullanılarak en saf görüntü elemanlarını gösteren grafik ve görüntü elde edilmiştir. n-boyutlu gösterimle uzaydaki yeri belirlenmiştir.

Hiperspektral görüntü işleme analizlerinin diğer kısmını ise, spektral analizler oluşturmaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları bir çok bilim dalında kullanıldığı gibi jeolojik çalışmalarda da önemli bir yere sahiptir. Hiperspektral görüntü işleme analizlerine destek amaçlı olarak spektral analizler yapılmaktadır.



Şekil 12: n-boyutlu gösterim sonucunda elde edilen grafik.

Bu çalışmada 14 Temmuz 2007 ve 22 Temmuz 2007 tarihlerindeki ESA tarafından CHRIS-Proba uydu görüntüsü alımı ile eş zamanlı olarak arazi çalışmalarında, bir dizüstü bilgisayar ve RS³ yazılımı yardımıyla, 20 farklı noktadan FieldSpec HandHeld marka el spektrometresi (FieldSpec HandHeld, 325-1075 nm dalgaboyu aralığına sahip olup, sağ el yada sol el kullanımları için ergonomiktir) ile spektra alımı yapılmıştır. Bu 20 noktadan her birinden 10'ar defa spektra alımı yapılmış ve ortalamaları alınarak incelemeye hazır hale getirilmiştir. Bu spektraldan spektral kütüphane oluşturulmuştur. Ayrıca CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde yaklaşık aynı noktalardan alınan spektraldan da spektral kütüphane oluşturulmuştur. Bu iki kütüphanede aynı birimlerde benzer spektralar gözlenmiştir.

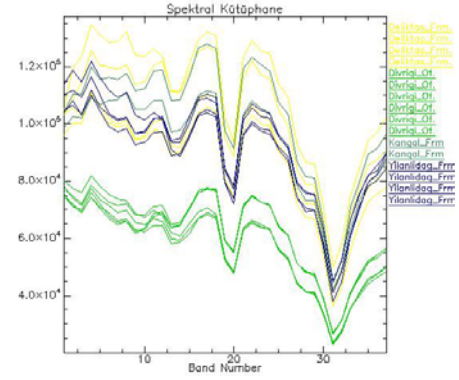


Şekil 13: Spektrometre yardımıyla alınan spektraldan oluşturulmuş spektral kütüphane.

Ofiyolitik kayaların tanınması için 600 ve 750 nm civarında gözlenen soğurma değerlerine sahip olup, bölgedeki sedimanter birimlerin ise, 750 nm civarında belirgin soğurma değeri dikkati çekmektedir. Spektral kütüphane oluşturmadan önce, arazide spektra alınan noktalardan petrografik analiz için örnekler alınmıştır ve ince kesitler incelenerek spektraların ne tür birimlere ait olabileceği yorumu yapılmıştır. İnceleme alanında ayrılan her bir litoloji adı kullanılmıştır. Bu her bir litolojiye ait spektralar benzerlik göstermektedir.

4. SONUÇLAR

- İnceleme alanına ait yerbulduru haritası, jeoloji haritası ve ölçsüz stratigrafik dikme kesit oluşturulmuştur.



Şekil 14: CHRIS-Proba görüntüsü üzerinden alınan spektraldan oluşturulmuş spektral kütüphane.

- ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntüsü alınmıştır.
- CHRIS-Proba görüntüsü üzerinde radyometrik, atmosferik ve geometrik olmak üzere bazı yazılımlar yardımıyla bu düzeltme işlemleri yapılmıştır. İlk olarak radyometrik düzeltme işlemi yapılmış olup, görüntüyü oluşturan elemanlardaki her hangi bir sütünün veya sıranın eksikliği sonucunda ortaya çıkan görüntü bozukluğunun ortadan kaldırılmıştır. Atmosferik düzeltme işlemi ile görüntü daha net ve parlak hale getirilmiştir. Son olarak geometrik düzeltme işlemi ile görüntü belli bir koordinata oturtulmuş olup, geometrik bozukluklar ortadan kaldırılmıştır.
- 37 bandlı CHRIS-Proba hiperspektral uydu görüntülerine düzeltme işlemlerinin ardından spektral zenginleştirme yöntemlerinden MNF ve PPI işlemleri uygulanarak görüntü daha kaliteli hale getirilmiştir. Bu işlemlerden MNF işlemi sonucunda 37 bandlı görüntüde 9. bandtan itibaren parazit kısmın başladığı ortaya çıkarılmıştır.
- CHRIS-Proba görüntülerinin alındığı tarihlerde eş zamanlı olarak 20 farklı noktada inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimlerinden spektra ölçümleri yapılmış ve bu spektraldan bir spektral kütüphane oluşturulmuştur.
- Hiperspektral görüntü işlemleri sonucunda bölgedeki jeolojik ayrılanmaya bir yaklaşımda bulunmak üzere, Koptagel (1993)'in hazırlanmış olduğu jeolojik harita referans alınarak bir karşılaştırma yapılmıştır.
- Oluşturulan spektral kütüphanelerde, inceleme alanında gözlenen birimlere ait spektralar litolojik adlarıyla verilmiştir. Aynı litolojiye ait birimlerden alınan spektralar benzer dalga boyu-yansıma değerlerine sahiptir.

5. KAYNAKLAR

- Clark ve diğerleri, 1993, The U. S. Geological Survey, Digital Spectral Library Version 1: 0.2 to 3.0 μ m, U.S. Geological Survey, Open File Report 93-592, 1326 pages.
- Clark, R. N., 1995, Reflectance Spectra, AGU Handbook of Physical Constants, 178-188.
- Gürsoy, H., 1986, Örenlice-Eskiköy (SİVAS) Yöresinin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri,

Cumhuriyet Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi.

- Gökten, E., 1993, Ulaş (Sivas) Doğusunda Sivas Havzası Güney Kenarının Jeolojisi: İç Toros Okyanusu'nun Kapanımıyla İlgili Tektonik Gelişim, TPJD Bülteni, C.5-1, S.35-55.
- HypecTeach (Training in Imaging Spectroscopy), Teory and Hands-on, Hiperspektral Uzaktan Algılama Kursu (4-8 Aralık 2006, İTÜ).
- İnan ve diğ., Ulaş-Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi, Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi/Tr. J. Of Earth Sciences, 1-15.
- Koptagel, O., Gökçe, A., 1991, Başçayır-Dağönü (Ulaş-Sivas) Yöresinde Divriği Ofiyolitli Karışımın Ana Bileşenleri ve Kromit Yataklarının Jeoloji, Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.8 S.1.
- Maktav, D. ve Sunar, F., 1991. Uzaktan Algılama: Kantitatif Yaklaşım, Hürriyet Ofset A.Ş., İstanbul.
- Yümün, Z., Kılıç, A., 2006, Doğu Toroslarda (Ulaş-Sivas) Yeni Bir Triyas Bulgusu, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 49, S. 3.