

GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME ANALİZLERİ VE SPEKTRAL ÖLÇMELER KULLANILARAK ULTRAMAFİK KAYAÇLARIN TESPİT EDİLMESİ

Ö. Gürsoy^a, T. Ekici^b

^a Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Müh. Böl. 58140 Sivas, Türkiye - ogursoy@cumhuriyet.edu.tr

^b Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl. - tanere@cumhuriyet.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Uzaktan Algılama, Bant Oranlama, PCA, Spektrometre, Ultramafik Kayaçlar

ÖZET:

Kızıl ötesi bölgede algılanmış çok bantlı uydu görüntülerinin jeolojik birimlerin ayırt edilmesinde ve saptanmasında kullanımını konu alan bu çalışmada, Sivas İli Ulaş İlçesi Tecer Dağı bölümü seçilmiştir. İnceleme alanındaki krom yatakları ile ilişkili olan ultramafik kayaçlar Üst Kretase yaşlı Divriği ofiyolitik karışıma ait birimlerdir. Çalışmada ASTER uydusunun SWIR algılayıcısına ait 6 bant kullanılmıştır. Ayrıca, arazi çalışması yapılarak toplanan kayaç numunelerinin spektrometre ölçmeleri ve bu numunelerin mikroskopik değerlendirme analizleri de çalışma verisi olarak kullanılmıştır. ASTER-SWIR bantlarının kayıt hataları düzeltildikten sonra, görüntü radyometrik ve atmosferik olarak da düzeltilmiştir. Görüntünün spektrometre verileri ile entegrasyonunu sağlamak için görüntü bantları yansıtım verilerine dönüştürülmüştür. Ultramafik kayaç gruplarını ön plana çıkarmak için kayaç yansıtımının maksimum ve minimum olduğu ASTER-SWIR bantları belirlenmiştir. Bu bantlara yeni bir oranlama algoritması uygulanarak, ultramafik kayaçların ön plana çıkarıldığı bir oran görüntüsü elde edilmiştir. Ayrıca uydu görüntüsüne Ana Bileşenler dönüşümü de uygulanarak, görüntü bantları arasındaki korelasyon giderilmiştir. Oluşturulan Ana Bileşenlerden 1. ve 2.'si alınarak, yeni oran görüntüsünün de bulunduğu RGB kombinasyon görüntüsü de elde edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanındaki ultramafik kayaç türleri kendilerine özgü spektral imzalarına en uygun bantların zenginleştirilmesi ile belirlenmiştir. Böylelikle ülke ekonomimize yarar sağlayacak krom yataklarını içeren ultramafik kayaçların belirlenmesi ve haritalanmasını kolaylaştıracı yeni bir oran görüntüsü ve RGB kombinasyonu elde edilmiştir.

KEY WORDS: Remote Sensing, Band Ratio, PCA, Spectroradiometer, Ultramafic Rocks

ABSTRACT:

Distinguishing and detecting of geological units by using multispectral satellite images that acquired in shortwave infrared region in the study area of Sivas City, Ulaş Town, Tecer Mountain region was selected as subject of the study. The ultramafic rocks which are related to the source of chrome is age of Upper Cretaceous and in the ophiolite complex of Divriği. In the study, six SWIR bands that were acquired in the year of 2002 and spectroradiometer measurements and microscopic observation of the sample rocks that were collected from the area were used. ASTER image was corrected for crosstalk effect, radiometric errors and atmospheric error respectively. After merging spectral signatures and ASTER SWIR band regions, according to the spectral behavior of samples in band regions, we determined the ASTER bands that used for band ratio. We used a new band-ratio of ASTER SWIR bands and RGB band combinations of the ratio image. Principal component analysis applied to ASTER data for combining the components to the new band combination. Our approach of integrating ASTER band-ratio images and band combinations with geological field data leads to effective lithological mapping in the study area. This article deals with the evaluation of ASTER data for mapping the varied ultramafic lithology.

1. GİRİŞ

Uydu görüntülerinin zenginleştirilmesi esasına göre yapılan çalışmalarda jeolojik benzerlik ve farklılıkları göz önüne çıkarmaktadır. Bu zenginleştirme metaodlarından olan ana bileşenler dönüşümü, yüzey materyallerinin (hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek için) görsel olarak yorumlanmasında ve tanımlanmasında yararlıdır (Sing and Harrison, 1985; Massironi vd., 2008; Gürsoy vd., 2013; Kariuki vd., 2003; Natraj vd.2010). ASTER uydu görüntüsünün VNIR ve SWIR bölgedeki bantlarından 3 veya 4 bant seçilerek yapılan ana bileşenler dönüşümü analiz yöntemi kullanılarak, jeolojik çalışmalarda yorumlanabilirliği artırılmış sonuçlar sağlanmıştır. Ofiyolitik karışıma ait birimlerin sınırlarını ortaya çıkarmak için Khan ve Gleen tarafından 2006'da yapılan çalışmada olumlu sonuçlar alınmıştır.

Kayaçların spektralleri analiz edilerek yapılan çalışmalarda, değişik birimler tanımlanıp, ayırt edilmiştir. ASTER uydu verileri kullanılarak, birçok mineralin dağılımı da haritalanabilir (Van der Meer, 1997; Rowan ve Mars, 2003; Hewson vd., 2005). Ayrıca, minerallerin atom yapısında gerçekleşen

elektronik ve titreşimsel geçişler sonucunda ortaya çıkan soğurma özellikleri sayesinde, mineral türlerinin kendilerine özgü spektral özellikleri temel alınarak mineraller ve oluşturdukları kayaç grupları, yakın kızılötesi bölgelerinde tanımlanabilir (Kruse ve Hauff, 1990). Alterasyon minerallerinin farklı dalga boylarındaki soğurma değerleri, ASTER uydu görüntüleri kullanılarak, mineral haritalaması yapılmasına olanak sağlar. ASTER, farklı dalga boyu aralıklarında gözlem yapabilen 3 farklı algılayıcıdan oluşur. Bu algılayıcılardan SWIR, altı banttan oluşur ve AlOH, FeOH ve MgOH moleküllerinin kimyasal bağları arasındaki titreşime duyarlıdır. VNIR ise üç banttan oluşur ve bu aralıktaki soğurma değerleri kayaçlardaki demir (ferric, ferrous +2 +3) içeriğine işaret eder.

Bant oranlama kombinasyonları spektral karakteristikleri incelemede ve öne çıkarmada son derece etkili bir görüntü işleme yöntemidir (Okada ve Ishii, 1993; Hewson vd., 2001; Rowan ve Mars, 2003). Üç farklı spektral, mekansal ve radyometrik algılayıcıya sahip ASTER uydu verileri kullanılarak, yapılan çalışmada (Gad, Kusky, 2007) VNIR bantları kullanılarak yapılan bant oranlama analizleri ile bitkisel haritalama ve demir oksit minerallerinin açığa çıkarılmasından

bahsedilmiştir. Ayrıca, SWIR (Yakın Dalgaboyu Kızılötesi) bantları kullanılarak, toprak sınıfı haritalama, litolojik haritalama ile kayaların emilim karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalardan bahsedilmiştir.

Arazi spektroskopisi, spektral kalibrasyonlarda, analizlerde ve görüntü spektrasının değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Kilit spektral özellikler, laboratuarda ve arazi spektroskopisi kullanılarak, mineral, bitki, yapay yapılar, kar, buz ve su materyallerindeki minerallerin değişkenlikleri tanımlanabilmektedir. (Clark vd., 2007). Ancak, mekansal ölçeklemelerden dolayı, görüntü spektrasının değerlendirilmesi oldukça kompleksdir. Uzaktan algılamada, piksel veya resim elemanlarıyla yansım yüzeylerinin spektral özelliklerini karakterize etmek oldukça zordur. Arazi spektrometresi santimetre çapında alanlarda spektral ölçme yaptığından, yüzeydeki bütün mineral bileşenlerinin özellikleri yansıtılır. Arazide ölçülen spektralar, daha çok görüntü spektralarından yapılmış haritaların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Buradaki kilit faktör ise, arazide spektral yansım ölçmesinde kullanılan spektrometrenin spektral çözünürlüğünün en az değerlendirilmesi yapılan görüntünün spektral çözünürlüğü kadar olması gerekmektedir (Kruse, 2009).

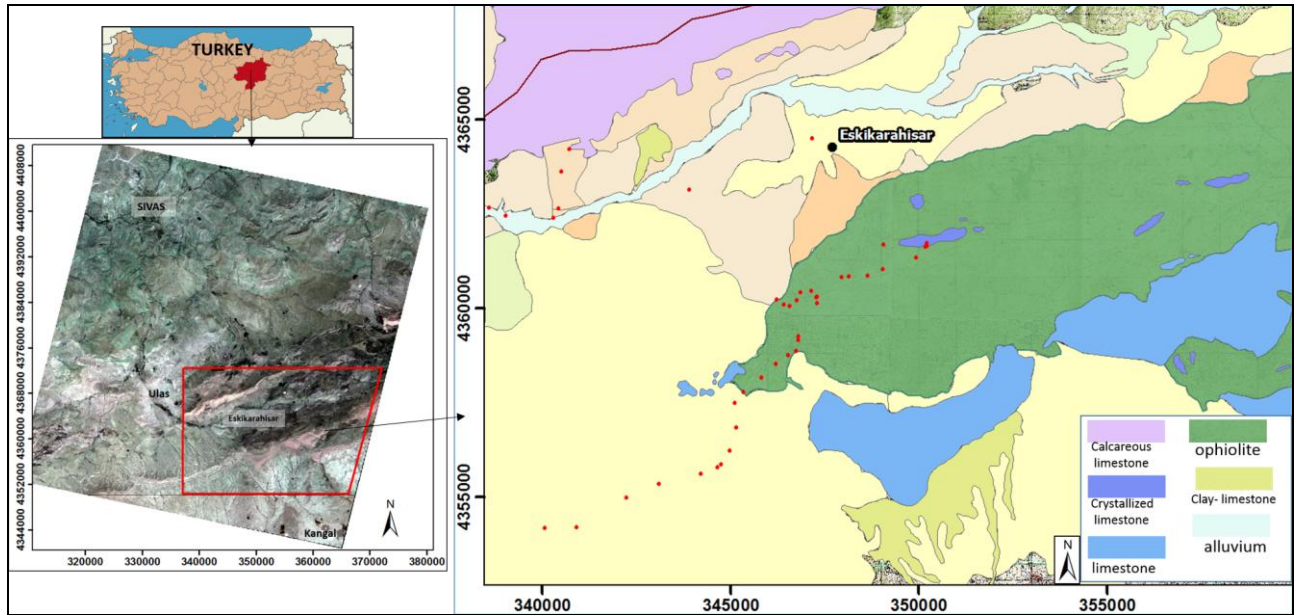
1.1 Çalışma Alanının Jeolojik Yapısı

Ultramafik kayaç gruplarının uzaktan algılanma görüntü işleme yöntemleri ile açığa çıkarılması için Mesozoyik ve Senozoyik üst sistemlerine ait kaya birimlerinin yüzeylediği bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Bölge, Kırşehir Masifi ile Anadolu-Torid Bloğu (Okay ve Tüysüz, 1999) arasındaki sınırda ve Triyas-Paleosen aralığında varlığı bilinen İç Torid Okyanusu'nun (Şengör ve Yılmaz, 1981) kalıntıları üzerinde bulunmaktadır. Bölgenin temelini oluşturan Yılanlıdağ formasyonu ve bu formasyon üzerinde tektonik dokanakla yer alan Divriği Ofiyoliti karışığı, inceleme alanı ve çevresinde oldukça geniş bir yayılıma sahiptir.

Tersiyer yaşlı birimleri Alt Miyosen yaşlı Deliktaş formasyonu ve Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kangal formasyonu oluşturur. İnceleme alanının en genç birimlerini ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır. Krom yataklarının ilişkili oldukları ultramafik kayaçları; jeolojik konumları, içerdikleri kayaç türleri ve iç yapıları bakımından; tabakalı (stratiform) ultramafik masifler ve alpin tipi ofiyolitler şeklinde iki temel gruba ayırmak mümkündür. Alpin tipi ofiyolitler ve ilişkili krom yatakları Türkiye'nin de içinde bulunduğu Alp Orojenez Kuşağı boyunca gözlenen ofiyolitik karmaşıklar (kompleksler) ve/veya ofiyolitli karışıklar (melanjlar) şeklinde tanımlanan birimler içinde gözlenmektedirler. Bu oluşumların, kıtasal plakalar üzerine sürüklenmiş okyanusal kabuk malzemeleri oldukları düşünülmektedir.

Alpin tipi krom yatakları, bu ofiyolitik karışıklar içinde harzburjit ve dunitlerden oluşan ultramafik tektonit seviyesinde özellikle dunitik bir kılıfla sarılmış olarak; merccekler, küçük cepler, torba ve çorap şekilli kütleler, ender olarak ta kalem, boru ve levha şekilli zenginleşmeler şeklinde gözlenmektedirler. Genellikle merccek ve cep şekilli olmaları nedeniyle podiform krom yatakları olarak ta isimlendirilen bu yataklar, yan kayaçla ilişkileri bakımından genellikle uyumlu, yer yer ise yarı uyumlu ve/veya uyumsuz yataklanmalar göstermektedirler. Ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir. Teorik mineraloji formülü $FeCr_2O_4$ olmakla birlikte, doğada bulunduğu haliyle formülü ; [(Mg, Fe)⁺⁺ (Cr, Al, Fe)⁺⁺⁺] 2 O₄ olan spinel grubu bir mineraldir (Gökçe,2006).

Bölgenin kompleks yapısı ve zorlu arazi şartlarından dolayı, jeoloji haritası yapımında güçlükler yaşanmaktadır. Bundan dolayı uzaktan algılama teknolojisi ve bu teknoloji ile bütünleşik olarak kullanılan verilerin önemi artmaktadır. Araziden toplanan kayaç örneklerinin mikroskobik değerlendirme sonuçları yapılarak türleri belirlendikten sonra spektral ölçme verileri sınıflandırılarak, görüntüler ile aynı spektral çözünürlüğe getirilerek kullanılmaktadır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi

2. MATERYALLER

Bu çalışmada 31 Ağustos 2002 Tarihinde çekilen ASTER level 1B uydusuna ait SWIR algılayıcısının SWIR bantları kullanılmıştır. Görüntü UTM projeksiyonunda, WGS-84 datumunda 37. Bölgede tanımlanmıştır. Ayrıca arazi çalışmasında bölgeden toplanan 15 adet ultramafik kayaç örneğinin spektral ölçme verileri ve bu kayaçlara ait jeolojik ince kesitlerin mikroskobik değerlendirme sonuçları kullanılmıştır. Jeolojik varyasyon olarak, MTA tarafından üretilmiş 1:25000 ölçekli paftalar kullanılmıştır.

3. METHOD

Çalışmada kullanılan ASTER SWIR verileri iki farklı analizde kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi olan ana bileşenler dönüşümü (PCA) görüntülere uygulanarak, görüntü bantları arasındaki korelasyon (Tablo 1) minimuma indirilmiştir. Diğer bir analizde ise, görüntülere bant oranlama işlemi uygulanmıştır.

3.1 Uydu Görüntüsünün Önışlenmesi

ASTER level 1B görüntüsünün SWIR bantlarını crosstalk olarak bilinen, bantlar arasındaki foton sızıntısının sebep olduğu hatalar giderilmiştir. Daha sonra görüntünün radyans kalibrasyonu da yapılarak, görüntüye atmosferik dönüşüm algoritmasının en yaygın olarak kullanılanı olan Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance Model (MODTRAN) algoritması uygulanmıştır. Son olarak görüntünün radyans değerleri yansıtım değerlerine dönüştürülmüştür.

3.2 Ana Bileşenle Dönüşümü

ASTER SWIR bantları arasındaki % 90 civarındaki korelasyonu minimuma indirerek, toplam varyansın tamamına yakını ilk üç bantta toplamak için görüntüye PCA uygulanmıştır (Tablo 1). Bu çalışmada, dönüşüm sonucunda elde edilen temel bileşenler hem görselleştirme amaçlı hemde maksimum varyansa sahip iki bileşenin bulunduğu yeni bir bant kombinasyonunda kullanılmıştır.

Correlation	SWIR1	SWIR2	SWIR3	SWIR4	SWIR5	SWIR6
SWIR1	1.000000	0.995703	0.996365	0.995654	0.995824	0.988066
SWIR2		1.000000	0.997762	0.994471	0.994760	0.989195
SWIR3			1.000000	0.996684	0.996713	0.991532
SWIR4				1.000000	0.998267	0.992804
SWIR5					1.000000	0.992767
SWIR6						1.000000
Temel Bileşenler	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4	PCA 5	PCA 6
Varyans (%)	90.04	7.29	1.34	0.63	0.47	0.23

Table 1. SWIR bantları arasındaki korelasyon katsayısı ve temel bileşenlerin varyans değerleri

3.3 Bant Oranlama

Bant oranlama, uzaktan algılamada hedef objeler arasındaki farklılığı ön plana çıkararak, gerekli abartmaları sağlamada kullanılan bir tekniktir (Abrams ve diğ., 1983). Oran görüntüleri objelerin kendilerine has yutulma özelliklerini görüntüleme için disajyn edilerek, litoloji haritalamada kullanılmaktadır (Nair ve Mathew 2012, Kalinowski ve Oliver 2004, Rowan ve Mars 2003, Hewson ve diğ., 2005, Rowan ve diğ., 2005, Gad ve Kusky 2007). Bant oranlama için optimum band seçimi, hedef

objelerin yüzeylerine ait spektral yansıtımının birbirlerine göre olan durumlarına göre yapılır (Crowley ve diğ., 1989).

3.3.1 Spektral Yansıtım Ölçmeleri ve Kayaçların Gruplandırılması

Kayaçların spektral ölçmeleri ASD Fieldspec HiRes-4 Pro arazi tipi spektrometre ile yapılmıştır. Kayaç yüzeylerindeki ölçmeleri 10 kez tekrarlı olarak, her kayacın 2 veya 3 yüzeyinde yapılmıştır.

Kayaçların mineral yapılarını ve içeriklerini belirlemek amacıyla, kayaç numunelerinden elde edilen jeolojik ince kesitlerin mikroskobik gözlemleri yapılmıştır. Spektral ölçmeler ve mikroskobik değerlendirmeler sonucunda, 15 adet ultramafik kayaç örneğinin mineral yapıları ve spektral ölçmelerine göre kendi arasında 3 farklı gruba ayrıldığı belirlenmiştir.

3.3.2 Ultramafik Kayaçlar için Bant Oranlama

Spektral ölçmeleri ve mikroskobik değerlendirmeler sonucunda üç farklı gruba ayrılan ultramafik kayaçların spektral imzaları ASTER SWIR bantlarının spektral bant aralığı ile karşılaştırılarak, bant aralıklarındaki yansıtım ve yutulum bantları belirlenmiştir. Bunu sonucunda, spektral değerlerin SWIR4 ve SWIR5 bant aralıklarında arttığı, SWIR8 ve SWIR9 bant aralıklarında ise düştüğü görülmüştür. Buna yansıtım değerlerine göre ultramafik kayaçların spektral yansıtımının abartılarak, görselleştirilmesi amacıyla maksimumun yüksek ve düşük olduğu bantlar kendi aralarında birbirleri ile çarpılmıştır. Daha sonra maksimum yansıtımın olduğu bantların çarpımı; (SWIR4 x SWIR5), yansıtımın minimum olduğu bantların çarpımına; (SWIR4 x SWIR5) bölünmüştür.

4. SONUÇLAR

Çalışma bölgesi Ofiyolitik (serpantin, kromit), kireçtaşı, alüvyon ve kil kayaç türlerinden oluşmaktadır. Çalışma bölgesindeki ofiyolit kuşağında çok sayıda maden ocağı bulunmaktadır. Bu maden ocaklarının çoğu ise 2005 yılından itibaren krom ocaklarıdır. Bölgedeki kayaçların optimum düzeyde uydu görüntüsünde görselleştirilebilmesi için, yeni bir bant oran algoritması bu oranın kullanıldığı yeni bir RGB bant kombinasyonu oluşturulmuştur. Buna göre Yeni bant oran görüntümüzle, PCA ile oluşturulan birinci ve ikinci ana bileşenler kullanılmıştır.

4.1 Bant Kombinasyonu

Litolojideki dağılımı belirlemek için uzaktan algılamada kullanılan iki yöntem olan PCA ve bant oranlama RGB bant kombinasyonunda birlikte kullanılmıştır. Kombinasyonda kırmızı filtreye, birinci bileşen, yeşil filtreye ise bant oranlama görüntümüz ve mavi filtreye ise ikinci bileşen konularak ultramafik kayaçlar optimum düzeyde görselleştirilmiştir.

Diğer bir kombinasyonda ise, ultramafik kayaçların yansıtım değerleri ile ASTER SWIR bant aralıklarının karşılaştırılmasına göre en fazla yansıtım olan bantlar kullanılmıştır. Buna göre Yansıtımın en azla olduğu dördüncü ve beşinci bantların yanı sıra dokuzuncu bantta kullanılmıştır (R: SWIR9, G: SWIR5, B: SWIR4).

Çalışmada kullanılan ASTER görüntülerinin 2002 yılına ait olmasından dolayı ve bu tarihte bölgede krom maden ocağının olmamasından dolayı, analiz görüntüleri 2013 tarihli Google Earth görüntüsü ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda ASTER görüntüsünün çekildiği tarihte olmayan krom maden ocağının 2013 tarihli Google Earth görüntüsündeki konumu, analiz görüntülerinde incelenmiştir. Bu incelemeye göre krom maden ocağının 2002 tarihli görüntü analizlerinde anomali verdiği anlaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

CUBAP M-523 Nolu proje katkısından dolayı Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, Araş. Gör. Hüseyin Duman ve Mehmet Demirel'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Clark, R.N., Swayze, G.A., Wise, R., Livo, E., Hoefen, T., Kokaly, R., Sutley, S.J., 2007. USGS digital spectral library splib06a: U.S. Geological Survey, Digital Data Series, 231.
- Gad, S., Kusky, T., 2007. GR Letter ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian – Nubian shield , the Neoproterozoic Wadi Kid area , Sinai , Egypt. *Gondwana Research*, 11, 326-335, doi: 10.1016/j.gr.2006.02.
- Gökçe, A., 2006, Maden Yatakları. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, 100.
- Gürsoy, Ö., Kaya, Ş., Çakır, Z., 2013. Uydu Görüntüleri ile Yersel Spektral Ölçme Verilerinin Entegrasyonu. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6, 81-86.
- Hewson, R.D., Cudahy, T.J., Huntington, J.F., 2001. Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data. *International Geosciences and Remote Sensing Symposium 2*, 724–726.
- Hewson, R.D., Cudahy, T.J., Huntington, J.F., 2001. Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data. *International Geosciences and Remote Sensing Symposium 2*, 724–726.
- Kariuki, P. C., Van der Meer, F. D., Siderius, W., 2003. Clasification of soils based on engineering indeces and spectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 2567-2574.
- Khan, S. D., Glenn, N., 2006. New strike slip faults and litho-units mapped in Chitral N. Pakistan using field and ASTER data yield regionally significant results. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 4495–4512.
- Kruse, F. A., Hauff, P. L., 1990. Remote sensing clay mineral investigations for geologic applications using visible/near-infrared imaging spectroscopy: *Sciences Geologiques*, 89, 43-51.
- Kruse, F. A., 2009. Mineral Mapping Using Spectroscopy : From Field Measurements to Airborne and Satellite-Based Imaging Spectrometry. *Arthur Brant Laboratory for Exploration Geophysics*, University of Nevada, Reno, Nevada.
- Massironi, M., Bertoldi, L., Calafa, P., Visonà, D., Bistacchi, A., Giardino, C., Schiavo, A. 2008. Interpretation and processing of ASTER data for geological mapping and granitoids detection in the Saghro massif eastern Anti-Atlas, Morocco. *Geosphere*, 4, 736–759. Natraj, V., Shia R. L., Yung, Y. L., 2010. On the use of principal component analysis to speed up radiative transfer calculations. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 111, 810-816.
- Okada, K., Ishii, M., 1993. Mineral and lithological mapping using thermal infrared remotely sensed data from ASTER simulator. *International Geosciences and Remote Sensing Symposium "Better Understanding of Earth Environment"*, 93, 126–128.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" eds. B. Durand, L. Jolivet, F. 80 Horváth and M. Séranne. Geological Society, London, Special Publication, 156, 475-515.
- Rowan, L. C., Mars, J. C., 2003. Lithologic mapping in the Mountain Pass , California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer ASTER data. *Remote Sensing of Environment*, 84, 350-366.
- Şengör, A.M.C., and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Sing, A., Harrison, A., 1985. Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 883–896.
- Van der Meer, F., Vasquez-Torres, M., Van Dijk, P. M. 1997. Spectral characterization of ophiolite lithologies in the troodos ophiolite complex of cyprus and its potential in prospecting for massive sulphide deposits. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 1245–1257.