

UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE YERSEL SPEKTRAL ÖLÇME VERİLERİNİN ENTEGRASYONU

Önder GÜRSOY*

Şinasi KAYA

Ziyadin ÇAKIR

Cumhuriyet Üniv. Müh. Fak. Geomatik
Müh. Böl.
ogursoy@cumhuriyet.edu.tr

İstanbul Teknik Üniv. İnşaat Fak.
Geomatik Müh. Böl.
kayasina@itu.edu.tr

İstanbul Teknik Üniv. Maden
Fak. Jeoloji Müh. Böl.
cakirz@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 25 Ekim 2012, Kabul Tarihi: 1 Ocak 2013

ÖZET

Uzaktan algılama görüntüleri ve spektral ölçme verilerinin entegrasyonu ile hedefe yönelik sınıflandırmalar yapılabilmektedir. Nitekim, bu tür sınıflandırmalar kullanılarak kaya türleri ayırt edilmektedir. Bu çalışmada, uzaktan algılama verileri ile yersel spektral ölçme verilerinin entegrasyonu kullanılarak yapılan sınıflandırma ile jeolojik birimlerin litolojik olarak birbirinden ayrılması amaçlanmıştır. Sınıflandırma yöntemi olarak, NTRS (Nesne Tabanlı Referans Spektra) (Endmember) toplama analizi yapılmasına olanak veren Spectral Angle Mapper (SAM) yöntemi kullanılmıştır. SAM yönteminde, referans olarak kullanılan spektral yansıtım verilerine göre oluşturulan referans vektörü ile uydu görüntüsü piksel değerlerinden meydana gelen, sınıfı bilinmeyen piksel değerleri ile oluşturulan vektör arasındaki açı hesaplanır. Hesaplanan açı değeri, daha önceden referans spektra sınıfı için belirlenen benzerlik değerinden küçük veya eşitse, sınıfı bilinmeyen piksel ilgili referans spektra sınıfına atanır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kelkit Vadisi bölümünde bulunan, Gölöva bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma verisi olarak, ASTER-SWIR algılayıcısına ait uydu verileri ile 1:25000 ölçekli birim yaşı ve diğer jeolojik öznelik bilgilerine sahip katmanları olan, üzerlerindeki birimlerin alanlarının vektörel özellikleri de bilinen jeolojik haritalar temin edilmiştir. Ayrıca, ASD yersel spektrometre ölçme verileri de kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan uydu verilerine, görüntülerin kullanılabilirliğini artırmak için Crosstalk düzeltmesi, radyans kalibrasyonu ve atmosferik düzeltme ile radyansdan reflektansa dönüştürme işlemleri sırasıyla uygulanmıştır. 2010 yılında bölgede arazi çalışması ile bölgeden toplanan kayaçların laboratuvar ortamında spektral ölçmeleri; jeolojik ince kesitleri alınarak, mikroskobik değerlendirmeleri yapılarak, türleri belirlenmiştir. Referans spektra olarak, "b6" ve "b4" olarak numaralandırılan kayaçların spektralleri NTRS olarak seçilmiştir. Analizlere göre bölgede mermer ve metalav kayaçlarının varlığı tespit edilmiştir. Kontrol amaçlı, arazide mermer (b6) ve metalav (b4) kayaçları için kayıt edilen GPS koordinatlarının, SAM analiz görüntüsünde NTRS'lere ait alanlar içinde olduğu anlaşılmıştır. Sonucun jeoloji haritası ile de karşılaştırılmasıyla, bölgede mermer olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre SAM yönteminin uydu görüntüsü ve yersel spektral ölçme verilerinin entegrasyonunu sağlamada ve litolojik sınıflandırmada başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ASTER SWIR, Spektrometre, Veri Entegrasyonu, DTM.

INTEGRATION OF SATELLITE IMAGERY AND SPECTRAL MEASUREMENTS

ABSTRACT

Goal-oriented classifications can be done with the integration of remote sensing images and spectral. Using classifications, surface rocks can be distinguished from each other. In this study, Gölöva region, located in the Kelkit Valley along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), was selected as study area for applying this technique. Aiming to collect endmember on the ASTER SWIR images based on the lithological classification of geological units, the "Spectral Angle Mapper" (SAM) method was used. The method produces maps of the spectrally predominant mineral for each pixel by comparing the angle between the image spectra and reference spectra in n-dimensional vector space. And smaller angles represent closer matches to the reference spectrum. To increase the utility of the satellite images several processes were applied to remote sensing data respectively. These are crosstalk correction, radiance calibration and atmospheric correction. In 2010, a field study was done in the Gölöva region and 17 rock samples were collected from 17 different locations. Coordinates of each spectral sample point were recorded with a hand GPS (Global Positioning System). At SAM analysis, two kinds

* Sorumlu Yazar

of NTRS that were numbered “b4” assigned marble and “b6” assigned metalava were collected on the ASTER SWIR images. As a result of SAM, marble and metalava rocks were detected in Gölova Region (Alan-10) at the same coordinates of the samples. Then the SAM result was compared with the geological map of the region. Consequently, marble was proved in the geological map about the coordinates of “b4.

Keywords: ASTER SWIR, Spectroradiometer, Data Entegration, DTM

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama verileri ile yersel spektral ölçme verilerinin entegrasyonu kullanılarak yapılan sınıflandırma ile jeolojik birimlerin litolojik olarak birbirinden ayrılması günümüz teknolojisinde başarı ile uygulanmaktadır. Uydu verileri ve yersel spektral ölçmelerin entegrasyonunda en çok kullanılan yöntemlerden biri, görüntüsü kaydedilen alandaki piksellerden spektral imza olarak toplanan değerlerin, analizinin yapılmasına olanak veren SAM yöntemidir [16]. Uzaktan algılama verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan SAM yönteminde, her piksel spektrumu ile hedef spektrum arasındaki açılar hesaplanarak esasına dayandığından belirlenecek eşit değerdeki açı bu yöntemde “endmember” olarak bilinen Nesne Tabanlı Referans Spektra tayini için önemlidir [3]. SAM yönteminde, referans olarak kullanılan spektral yansıtım verilerine göre oluşturulan referans vektörü ile uydu görüntüsü piksel değerlerinden meydana gelen, sınıfı bilinmeyen piksel değerleri ile oluşturulan vektör arasındaki açı hesaplanır. Hesaplanan açı değeri, daha önceden referans spektra sınıfı için belirlenen benzerlik değerinden küçük veya eşitse, sınıfı bilinmeyen piksel ilgili referans spektra sınıfına atanır [17]. Bu tür sınıflandırmalarda, hiperspektral verilerin temin zorluğundan dolayı çok kanallı görüntü kayıt edebilen ve kayaç gruplarının tespiti ve birçok mineralin dağılımının haritalandığı, yakın kızılötesi bantlara sahip ASTER verileri yaygın olarak kullanılmaktadır [14, 16]. Çalışmada kullanılan uydu verilerine, görüntülerin kullanılabilirliğini artırmak için Crosstalk düzeltmesi, radyans kalibrasyonu ve atmosferik düzeltme ile radyansdan reflektansa dönüştürme işlemleri sırasıyla uygulanmıştır. 2010 yılında bölgede arazi çalışması ile bölgeden toplanan kayaçların laboratuvar ortamında spektral ölçmeleri; jeolojik ince kesitleri alınarak, mikroskobik değerlendirmeleri yapılarak, türleri belirlenmiştir. Referans spektra olarak, “b6” ve “b4” olarak numaralandırılan kayaçların spektraları NTRS olarak seçilmiştir. Analizlere göre bölgede mermer ve metalav kayaçlarının varlığı tespit edilmiştir. Kontrol amaçlı, arazide mermer (b6) ve metalav (b4) kayaçları için kayıt edilen GPS koordinatlarının, SAM analiz görüntüsünde NTRS'lere ait alanlar içinde olduğu anlaşılmıştır. Sonucun jeoloji haritası ile de karşılaştırılmasıyla, bölgede mermer olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre SAM yönteminin uydu görüntüsü ve yersel spektral ölçme verilerinin entegrasyonunu sağlamada ve litolojik sınıflandırmada başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Kullanılan Veriler ve Özellikleri

NASA tarafından 1999 yılında kullanıma sunulan, görünür yakın kızılötesi (VNIR) bölgeden termal bölge (TIR) spektral bant aralığını kapsayan 14 multispektral banda sahip bir uydu olan ASTER'in 10 Mayıs 2003 tarihli SWIR algılayıcısı bantlarından oluşan görüntü ile Maden Teknik Arama (MTA) tarafından revize edilen 1:25000 ölçekli jeolojik haritalar kullanılmıştır. Spektral ölçme verileri ise laboratuvarında spektrometre ölçmeleri yapılarak elde edilmiştir. Kullanılan uydu verisi ve jeolojik veriler UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyon sisteminde, WGS 84 (World Geodetic System 1984) datumunda, 37. Kuzey zonda tanımlanmıştır.

2.1.1 Uydu Görüntülerinin Düzenlenmesi

Çalışmada, görüntülerin kullanılabilirliğini artırmak için çapraz karışma düzeltmesi, radyans kalibrasyonu ve atmosferik düzeltme ile radyansdan reflektansa dönüştürme işlemleri sırasıyla uygulanmıştır. ASTER-SWIR bantlarında, görüntü kayıt sırasında 4. bantdan yansıyan fotonların engelleyici bir perde veya başka bir engelleyici yapı bulunmamasından dolayı, diğer bantları etkilemesi sonucu Crosstalk adı verilen bozucu bir etki açığa çıkmaktadır [4]. Temel olarak dedektörler dikdörtgenel bir geometri oluşturacak şekilde yerleştirilmiş durumdadırlar ve 5. ve 9. bantlar fiziksel olarak 4. banda daha yakın olduklarından, crosstalk etkisinden daha fazla etkilenirler. Bütün bantları olumsuz yönde etkileyen bu bozucu etkiyi düzeltme, pikseller arasında bir ofset kabul edilerek yapılmıştır [3]. Uydu görüntüleri üzerindeki sistematik hataları ve atmosferin saçılma ve yutulma gibi olumsuz etkilerini minimize etmek için bütün görüntülere atmosferik ve radyometrik düzeltmeler uygulanır [10]. Radyans kalibrasyonu, uydu görüntüsü üzerindeki parlaklık, atmosferik etki gibi değişken faktörlerin etkilerini düzeltmek için yapılır. Görüntüler üzerindeki nesnelere yansıyan ve gri renk değeri olarak kaydedilen değerler elektromanyetik enerjiye dönüştürülür. Radyans kalibrasyonu işlemi, görüntünün dijital gri renk değerleri atmosferde gözükürken radyans değerlerine yeniden ölçeklenerek dönüştürülür. Kalibrasyonla, sensör sinyallerinin 8 bit veriye dönüştürülmesi, veri kaybını düşürmek için önemli olduğundan yapılmıştır [1]. Görüntünün radyansı üzerindeki saçılma ve yutulmaya bağlı olan atmosfer etkisini hesaplayıp,

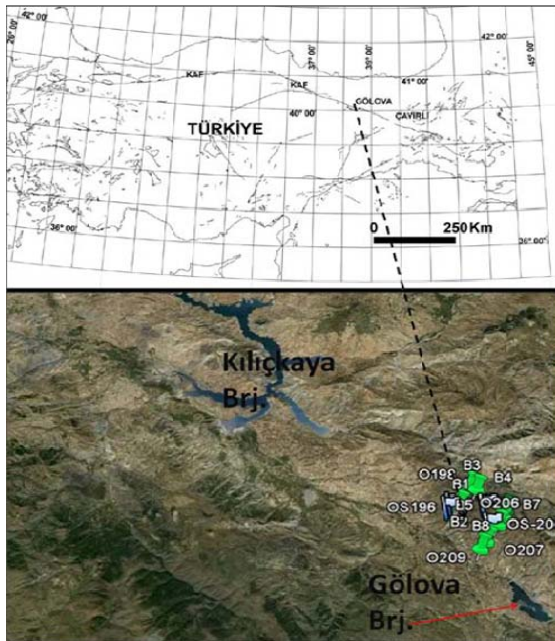
düzeltilmek ve uydu görüntüsünü gerçek yansıtım değerleri ile ifade etmek ve spektrometre veri analizlerinin en iyi şekilde yapılabilmesi için gerekli için atmosferik düzeltme yapılmıştır. Uydu verisine atmosferik düzeltme yapılarak, uydu verisinin atmosfer etkisinin olmadığı spektrometre ölçme verileri ile aynı ortama yaklaşması sağlanır [5]. Çalışmada kullanılan uydu görüntüsünün, [14] tarafından yapılan MODTRAN algoritması kullanılarak hesaplanan değerlere göre atmosferik düzeltmesi yapılmıştır

2.1.2 Jeolojik Veriler

Çalışmada, jeolojik veri olarak DPT 2006K-120220 umaralı proje kapsamında temin edilen, MTA tarafından hazırlanan 1:25000 ölçekli jeolojik formasyon haritaları kullanılmıştır. Jeolojik açıdan, birim yaşı, zemin yapısı ve simge kodlarından oluşan öznelik bilgilerine sahip katmanları olan, üzerlerindeki birimlerin alanlarının vektörel özellikleri de bilinen haritalar, birim yaşına göre yeniden düzenlenmiştir. Bu düzenlemede her birim yaşına farklı bir K-Y-M renk kod değeri atanmıştır. Bu renk kodları, Dünya Jeolojik Harita Komisyonu (CGMW) tarafından hazırlanan, jeolojik zaman tablosu [12] değerlerinden alınmıştır.

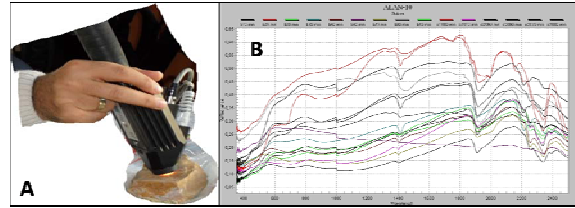
2.1.3 Spektrometre Ölçme Verileri Ve Kayaç Türü Tespiti

2010 yılında Gölova bölgesinde arazi çalışması yapılmış ve bölgede 17 farklı noktadan kayaç örnekleri toplanmıştır (Şekil 1). Kayaç örneği alınan noktanın koordinatları el GPS'i ile kaydedilmiştir. Araziden getirilen kayaç örneklerinin laboratuvar ortamında spektral yansıtım ölçmeleri yapılmıştır.



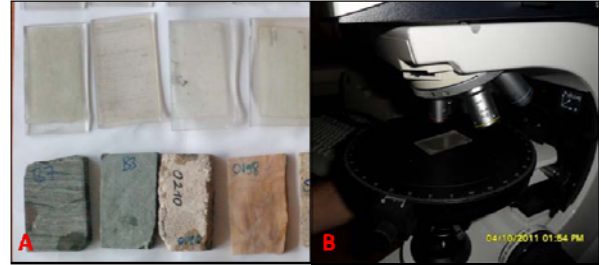
Şekil 1. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) boyunca kayaç örneklerinin toplandığı bölge.

Bu ölçmeler için de FieldspecPro spektrometresi kullanılmış olup, lens olarak kendi ışık kaynağını sağlayan kontak-prob kullanılmıştır. Laboratuvarda yapılan spektrometre ölçmelerinde, her bir kaya için 10 kez tekrarlamalı spektral ölçmeler yapılmıştır. Ölçmeler her bir kayaç örneği için 2 veya 3 yüzeyde yapılmış olup, elde edilen ortalama kayaç spektraları için örnek çeşitliliği sağlanmıştır. Yapılan bu ölçmelerin de ortalama değerleri alınarak, değerlendirme yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. A: Laboratuvar ortamında, ASD spektrometre ile kontak-prob lensi kullanılarak, spektral yansıtım ölçümü. B: Toplanan kayaç örneklerinin ortalama spektral grafikleri.

Toplanan kayaç örnekleri laboratuvar ortamında, mineralojik yapılarına göre gruplandırılması yapılmıştır. Daha sonra kayaç örneklerinin tür ve mineral yapılarını belirlemek için jeolojik ince kesit alma işlemi ve bu kesitlerin mikroskopik incelenmesi İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda yapılarak kayaçların türleri belirlenmiştir (Şekil 3).



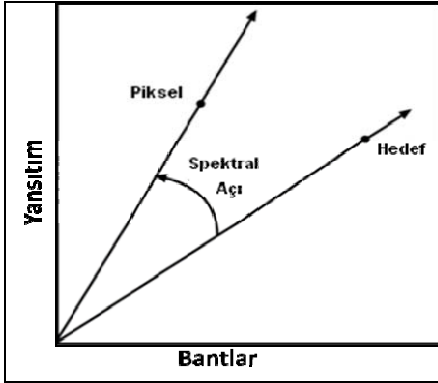
Şekil 3. A: Örnek kayaçların ince kesitleri. B: Laboratuvar ortamında ince kesitlerin mikroskop altında incelenmesi.

2.2 Uydu Görüntüleri İle Spektral Ölçme Verilerinin Entegrasyonu

Uydu verileri ile kullanılan birçok haritalama ve sınıflandırma analizlerinden en popülerlerinden biri olan SAM, iki NTRS arasındaki benzerliğin derecesinin, uygulanan görüntüdeki bant sayısına bağlı olarak değiştiği spektral vektörlerin kullanıldığı bir nesne tabanlı sınıflandırma yöntemidir [8, 9, 11, 13, 15]. Her vektör bir yöne ve uzunluğa sahip olduğundan dolayı, bu yöntemdeki vektörlerin uzunluğu hedef spektranın parlaklığı ile ifade edilir. Vektörün yönünü ise, hedef spektrasının karakteristik özellikleri belirler. Işıkdaki değişiklikler vektörün uzunluğunu etkiler. Farklı spektralar arasındaki karakteristik değişiklikler kendilerine ait vektörler arasındaki açının da değişmesine neden olur. SAM

yöntemi, NTRS'lerin açığa çıkarıldığı ve birbirlerinden ayrıldığı analizlerde, albedo (yüzeyden yansıyan elektro manyetik enerjinin, yüzeye gelen elektro manyetik enerjiye oranı) ve ışıktaki değişimlere karşı hassas olmayan bir yöntemdir. SAM'da, verinin bilinen yansıtım değerlerine gerekli radyometrik ve atmosferik düzeltmeler getirildiğini kabul ederek, fiziksel olarak, iki spektrum arasındaki benzerlikleri hesaplayan, hesaplanan spektraların açılarındaki benzerlikleri onları iki n boyutlu sistemde vektör olarak kabul ederek karşılaştıran bir algoritma çalışır. Burada "n" görüntüdeki bant sayısı olarak belirtilir [7].

ENVI yazılımı kullanılarak yapılan bu yöntemde; yazılım, NTRS spektrum vektörü ile görüntüdeki bütün spektral vektörler arasındaki açıyı karşılaştırır. Yöntemde, vektörler arasındaki daha küçük açılar, referans spektrumuna benzerliğin değerini artırır. Belirtilen özel radyan birimindeki açı eşliğini aşan değerlere ait spektralar sınıflandırılmaz [2]. SAM'da, otomatik olarak görüntü spektralarını ayrı bir spektra ile veya spektral kütüphane ile karşılaştırma olanağı vardır [6, 7]. SAM her piksel spektrumu ile hedef spektrum arasındaki açının hesaplanması esasına dayandığından (Şekil 4) belirlenecek eşik değerdeki açı bu yöntemde NTRS tayini için önemlidir [16].



Şekil 4. SAM geometrisi [16].

Spektrum vektörlerinin yönü, ışığın şiddetine bağlı olmadığından, spektrum vektörünün boyu sadece pikselin yoğunluğuna bağlı olduğundan ve SAM geometrisindeki açıyı etkileyen bir parametre olmadığından, açı hesaplamalarında kullanılmaz [16]. Radyan birimindeki spektral açı, bütün bantlar için ve bütün piksel değerleri için hesaplanır. Bulunan değer, SAM sonuç görüntüsünde, hesaplamaya giren piksel değerinin yerine atanır. Oluşturulan SAM formu, n bant sayılı yeni bir veri küpü olarak görüntüdeki referans spektra sayısına eşittir. Sonuç olarak, sınıflandırılmış bir görüntü elde edilen bu yöntemde, bütün pikseller için en iyi SAM eşleşmesi gösterilir [6].

Çalışmada, SAM yöntemi araziden toplanan örnek kayaçların yüzeylerinde spektrometre kullanılarak ölçülen spektral yansıtım verilerinden

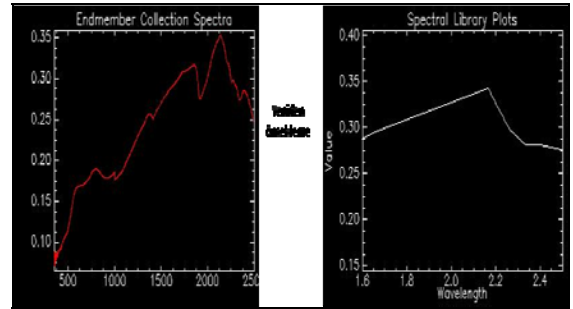
oluşturulan spektral kütüphanelerden alınan NTRS'lere uygulanmıştır.

2.2.1 Spektrometre Ölçme Verilerinin ASTER SWIR Bantlarına Yeniden Örneklenmesi

Spektral yansıtım grafiklerinden de görüldüğü gibi (Şekil 4), yapılan spektrometre ölçmelerinden elde edilen veriler 350-2500 nanometre dalga boyu aralığında bulunmakta ve her bir nm değeri için bir reflektans değeri bulunmaktadır. Diğer yandan uydu verisi olarak kullanılan ASTER-SWIR sensörü görüntüleri ise 1600 ile 2430 nm dalga boyu aralığında kayıt yapan 6 spektral kanaldan oluşmaktadır. SWIR bantları kullanarak, spektral yansıtım ölçme verilerine göre sınıflandırma yapmak için Spektrometre verilerinin SWIR bantlarına yeniden örneklenme işlemi yapılmıştır. Spektrometre ölçmelerinin SWIR bant aralığına (Tablo 1) uygun hale getirilebilmesi için her bir spektral ölçme reflektans değerlerinin her bir bant aralığı için ortalama değeri hesaplanmıştır. Böylelikle, Tablo 1'de gösterilen bant aralıklarının ortalaması, spektral ölçme verisi değerlerinin ortalama spektral dalga boyu aralığının karşılığı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1. ASTER-SWIR bantları spektral dalga boyları (mikrometre).

Bant	Dalga boyu aralığı	Ortalama dalga boyu
SWIR 4	1.600- 1.700	1.655
SWIR 5	2.145- 2.185	2.166
SWIR 6	2.185- 2.225	2.207
SWIR 7	2.235- 2.285	2.264
SWIR 8	2.295- 2.363	2.233
SWIR 9	3.360- 2.430	2.396



Şekil 4. Spektral ölçme verilerinin SWIR bantlarına yeniden örneklenmesi (Solda, spektrometre ölçme verisi, sağda, SWIR'a örneklenmiş hali).

2.2.2 NTRS Toplama Kayaçların Tespiti

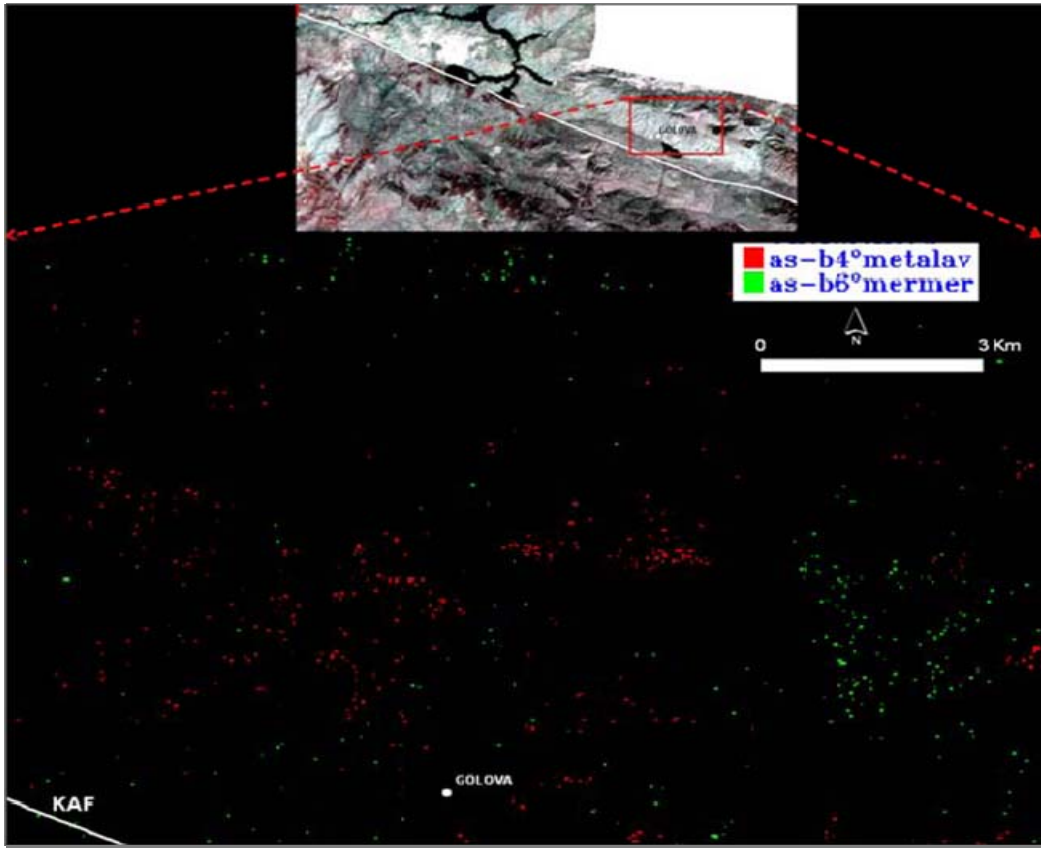
Gölova bölgesinden toplanan kayaçlardan, arazide "b6" ve "b4" olarak adlandırılan kayaçlara ait spektrallardan yararlanarak NTRS toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Jeolojik değerlendirmeler sonucunda b6'nın mermer ve b4'ün metalav olduğu bilinmektedir. Daha önce bu iki bölge için, spektrometre ölçmeleri SWIR bantlarına yeniden örneklenerek yapılan spektral kütüphaneden,

toplanacak NTRS'lere ait spektral değerler alınmıştır. NTRS toplama işleminde kullanılan açılabilir benzerlik değeri için deneme yanılma yöntemi kullanılarak, en uygun benzerlik açıları belirlenmiştir. Benzerlik açıları belirlenirken kayalar arasındaki ayrımın maksimum olmasına özen gösterilmiştir.

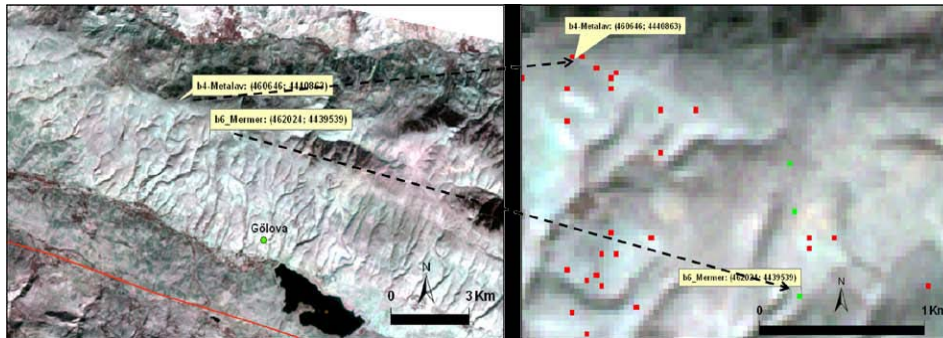
SAM yöntemi ile yapılan mermer ve metalav NTRS'lerinin toplanması sonucunda, bölgede metalav ve mermerler birbirinden ayrılarak, bölgedeki mermer ve metalav kayalarının dağılımı sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucuna göre kırmızı renkteki pikseller metalav ve yeşil renkteki pikseller mermerdir (Şekil 5).

Sonucu kontrol edip, doğrulamak için arazide örnek alınırken her nokta için kayıt edilen GPS koordinatları ile SAM analiz görüntüsünde ilgili NTRS'lerin bulunduğu koordinatlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, arazide mermer (b6) ve metalav (b4) kayaları için kayıt edilen GPS koordinatlarının, SAM analiz görüntüsünde NTRS'lere ait alanlar içinde olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6).

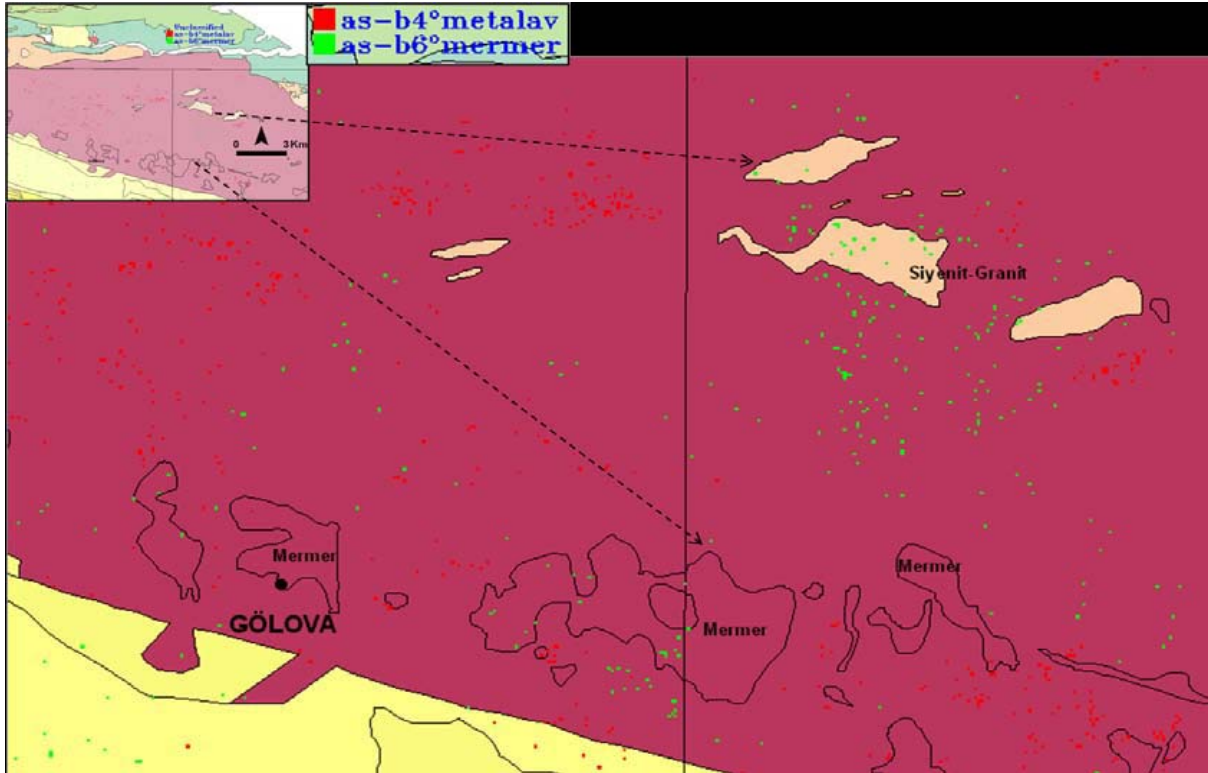
1:25000 ölçekli jeolojik haritalar kullanılarak yapılan değerlendirme ve karşılaştırmada, SAM sınıflandırma görüntüsünde ve jeolojik haritada aynı alandaki jeolojik birimlerin aynı olmadıkları gözükmemektedir. Ancak, SAM analiz görüntüsünde poligonlarla sınırlanan alanlara jeolojik haritada baktığımızda farklı yapıların kesiştiği gözükmemektedir (Şekil 7).



Şekil 5. b4 numaralı metalav (kırmızı renkte) ve b6 numaralı mermer (yeşil renkte) NTRS'leri ile oluşturulan SAM.



Şekil 6. ASTER-SWIR K: 9, Y: 5, M: 4 kombinasyon görüntüsü ve SAM sınıflandırma görüntüsü çakıştırılmasında b4 ve b6 nolu kayaların yerleri.



Şekil 7. Mermer ve metalav NTRS'lerinin toplanması ile oluşturulan SAM analiz görüntüsü ve 1:25000 ölçekli jeolojik haritanın karşılaştırılması.

3. SONUÇLAR

NTRS'lerin SAM yöntemiyle toplanmasına dayalı yapılan sınıflandırmada, metalav ve mermer kayaları uydu görüntüsü üzerinde tespit edilmiştir. Yapılan kontroller sonucunda, her iki kayaca ait örnek toplama koordinatında da iki kayaca ait NTRS'ler analiz sonucunda aynı koordinatlarda tespit edilmiştir. Jeoloji haritası ile de karşılaştırma yapıldığında, her iki kayaca ait lokasyonların desteklendiği anlaşılmıştır.

SAM yöntemi, jeolojik yapıların, litolojik ve mineralojik farklılıklarına dayanarak, yapılan sınıflandırmada başarılı sonuçlar vermiştir. Litolojik birimler bu yöntem kullanılarak tespit edilip birbirinden ayırt edilebilir.

SWIR bantları ile yersel spektrometre ölçme verilerinin entegrasyonu SAM yöntemi kullanılarak yapılan litolojik haritalama için yeterlidir. Birbirine yakın spektral yansıtıma sahip, farklı litolojik sınıfları belirleyebilmek için yakın kızılötesi spektral bölgede (SWIR), spektral çözünürlüğü daha yüksek uzaktan algılama verileri daha küçük benzerlik açısı değerlerinde, daha doğru sonuçlar verebilir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan kayaç örneklerinin jeolojik ince kesit oluşturma işlemleri ve mikroskobik değerlendirmelerinden dolayı, Yrd. Doç. Dr. Gürsel

SUNAL'a ve Doç. Dr. Gültekin TOPUZ'a teşekkür ederiz. Ayrıca M-371 nolu proje ile veri teminini sağlayan CUBAP'a ve DPT-2006K-120220 nolu proje koordinatörü Prof. Dr. Orhan TATAR'a teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

- [1] Abrams, M., Hook, S., (1998) "ASTER User Handbook, Version 1" NASA/Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.
- [2] Cho, M. A., Mathieu, R., Debba, P., (2009) "Multiple Endmember Spectral-angle-mapper (SAM) Analysis Improves Discrimination of Savanna Tree Species", *Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 48, pp. 4133-4142.
- [3] Gürsoy, Ö., (2012) "Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (Erzincan-Çayirli ile Sivas-Koyulhisar Arası) Litolojik Farklılık ve Benzerliklerin Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Belirlenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [4] Iwasaki, A., Tonooka, H., (2005) "Validation of a Crosstalk Correction Algorithm for ASTER/SIWR", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 43, pp. 2747-2751.
- [5] Kalinowski ve Oliver, A., Oliver, S., (2004) "ASTER Mineral Index Processing Manual", *Remote Sensing Applications Geoscience*, Australia.

- [6] Kruse, F. A., (2011) "Mapping Surface Mineralogy Using Imaging Spectrometry", *Geomorphology*, Invited Paper Submitted 3/3/2010 for Publication in Special Issue Summarizing 41st International Binghamton Geomorphology Symposium (BGS), Columbia Doi: 10.1016/j.Geomorph.2010.09.
- [7] Kruse, F. A., Hauff, P. L., (1992) "Remote Sensing Clay Mineral Investigations for Geologic Applications Using Visible/Near-Infrared Imaging Spectroscopy", *Sciences Geologiques*, Vol. 89, pp. 43-51.
- [8] Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., et al, (1993) "The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data", *Remote Sensing of Environment*, Special issue on AVIRIS, Vol. 44, pp. 145-163.
- [9] 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*, Vol.4, pp. 736-759.
- [10] McCubbin I., Green, R., Lang, H., & Roberts, D., (1998) "Mineral Mapping Using Partial Unmixing at Ray Mine, AZ". *Summaries of the 8th JPL Airborne Earth Science Workshop*, Vol. 97.
- [11] Sertel, E., Robock, A., Örmeci, C., (2009) "Impacts of Land Cover Data Quality on Regional Climate", *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.2036.
- [12] Vicente, L. E., Filho, C. R. S., (2011) "Identification of Mineral Components in Tropical Soils Using Reflectance Spectroscopy and Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 115, pp. 1824-1836.
- [13] Pelle, J., (2010) "RGB Color Code According to the Commission for Geological Map of the World (CGMW)", Paris, France.
- [14] Rowan, L. C., Mars, J. C., Simpson, C. J., (2005) "Lithologic Mapping of The Mordor, NT, Australia Ultramafic Complex by Using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 99, pp. 105-126.
- [15] Thome, K., Biggar, S., Slater, P., (2001) "Effects of Assumed Solar Spectral Irradiance on

Intercomparisons of Earth-Observing Sensors", *Proceedings SPIE*, Vol. 4540, pp. 260-269.

[16] 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*, Vol. 18, pp. 1245-1257.

[17] Yuhas R. H., Goetz, A. F. H., and Boardman, J. W., (1992) " Discrimination Among Semi-Arid Landscape Endmembers Using The Spectral Angle Mapper (SAM) Algorithm" *Summaries of the 3rd Annu. JPL Airborne Geosci. Workshop*, Vol. 1, pp. 147-149.

ÖZGEÇMİŞLER

Yard. Doç. Dr. Önder GÜRSOY

Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Önder Gürsoy 1979 yılında Sivas'ta doğmuştur. 2003 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü lisans, 2006 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği programı yüksek lisans, 2012 İstanbul Teknik Üniversitesi doktora programı mezunudur. Uzaktan algılama, litolojik sınıflandırma ve görüntü işleme ile ilgilenmektedir.

Doç. Dr. Şinasi KAYA

İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Şinasi Kaya 1964 yılında Bartın'da doğmuştur. 1987 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü lisans, 1993 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği programı yüksek lisans, 1999 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği doktora programı mezunudur. Uzaktan algılama, afet yönetimi ve risk analizi, geoistatistik, zamansal analizler ve veri entegrasyonu ile ilgilenmektedir.

Doç. Dr. Ziyadin Çakır

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Ziyadin Çakır 1968 yılında Eskişehir'de doğdu. 1991 yılı Ankara Üniversitesi, Jeoloji Bölümü lisans, 1993 yılı Bristol Üniversitesi, Yapısal Jeoloji programı yüksek lisans, 2003 yılı İstanbul Teknik Üniversitesi ve IPG de Paris Üniversiteleri jeoloji mühendisliği doktora programı mezunudur. INSAR, Coulomb, deformasyon modelleme, tektonik jeomorfoloji, paleosismoloji ve uzaktan algılama ile ilgilenmektedir.