

YERBİLİMLERİNDE VE MADEN YATAKLARININ ARANMASINDA SPEKTRAL VERİ TABANI OLUŞTURMA ÇALIŞMALARI

Engin Öncü SÜMER

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Dr. İsmail SEYHAN Uzaktan Algılama Merkezi,
Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:139 06800 Çankaya/ANKARA
esumer@mta.gov.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER; *Spektrometre, spektral veri tabanı, hiperspektral veriler, jeolojik uzaktan algılama*

ÖZ

Uydu verilerinin en temel özelliklerinden biri olan spektral çözünürlük, özellikle jeolojik uzaktan algılama çalışmaları, mineral haritalama, maden, endüstriyel ve enerji hammadde gibi doğal kaynak aramalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde uydu ve uçaklardan alınan 14 ile 224 arasında banda sahip yüksek spektral çözünürlüklü, veriler bu amaç için kullanılmaktadır.

Her doğal madde, kendisine gönderilen yapay veya doğal ışık karşısında farklı bir yansıma ve soğrulma özelliği sergilemektedir. Elektromanyetik spektrumda bu yansıma değeri aynı mineral için aynı grafiksel eğri özelliği göstermektedir. Bu karakteristik yansıma eğrisine cismin “spektral yansıma eğrisi” veya “spektral imzası” denilmektedir.

Doğada gözlenen birçok madde ve özellikle kayalar birbirinden farklı minerallerin bir arada bulunması sonucu karışım halinde heterojen bir yapıda bulunmaktadır. Ayrıca, minerallerin kimyasal ve kristalografik özellikleri de farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, hali hazırda yapılmış çalışmalar sonucu elde edilen spektral kütüphaneler kayaların tanımlanması için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle kayaç tanımlaması için termal kızılötesi spektral alanlar kullanılmaktadır.

Metalik ve endüstriyel hammaddeler gibi doğal kaynakların aranması ve jeolojik uzaktan algılama çalışmalarında özellikle kayalardan alınan örneklerin spektral özelliklerini kullanarak uydu görüntü analizi yapmak daha etkili bir yöntem olmaktadır. Bu amaçla, ülkemiz genelinde yapılan uzaktan algılama çalışmaları sırasında görüntü analizlerine bağlı oluşturulan mineral haritalamaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar ardından yapılan arazi doğrulama çalışmalarında elde edilen birçok kayaç numunesinin saf minerallerden oluşmayıp, doğal olarak birçok mineralin belirli oranlarda karışımından meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu örneklerin spektral yansıma değerleri, ASD Arazi Spektrometresi kullanılarak 350 nm ile 2500 nm dalga boyu aralığındaki yansıma değerleri ölçülmektedir. Buna göre, saf mineraller dışındaki kayaların spektral imzalarında farklı yansıma değerleri tespit edilmiştir.

Arazi doğrulama çalışması ile elde edilen kayaç numunelerinin mineral içeriklerinin tespit edilmesi amacıyla farklı mineralojik analizler yapılmaktadır. Ayrıca, spektrometre aleti ile elde edilen spektral imzalar çoğunlukla karışık mineral içeriğine sahip kayaları temsil etmektedir. Spektral imza analizleri sonucunda spektral karışım (spektral mixture) eğrileri oluşturulmaktadır. Mineralojik analizler sonucunda farklı mineral karışımına sahip kayaların tüm özellikleri ile spektral karışım imzaları bulunmakta ve böylece kayalara yönelik bir veri tabanı oluşturulabilmektedir. Bu amaçla, Türkiye'nin birçok yerinden elde edilen spektral veriler, jeoloji haritaları ile karşılaştırıldığında, farklı alanlarda bulunan aynı çeşit kayaların dağılımı bulunabilecektir. Bu özellikle jeolojik çalışmalar, maden yatağı arama çalışmaları gibi birçok çalışmaya katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde her geçen gün hiperspektral verilere olan talep artmaktadır. Bu nedenle, ülke genelinde pilot çalışma olarak başlatılmış olan spektral veri tabanı, görüntü analizleri ve hiperspektral kalibrasyon çalışmaları için bir altlık olması bakımından önemlidir.

1. GİRİŞ

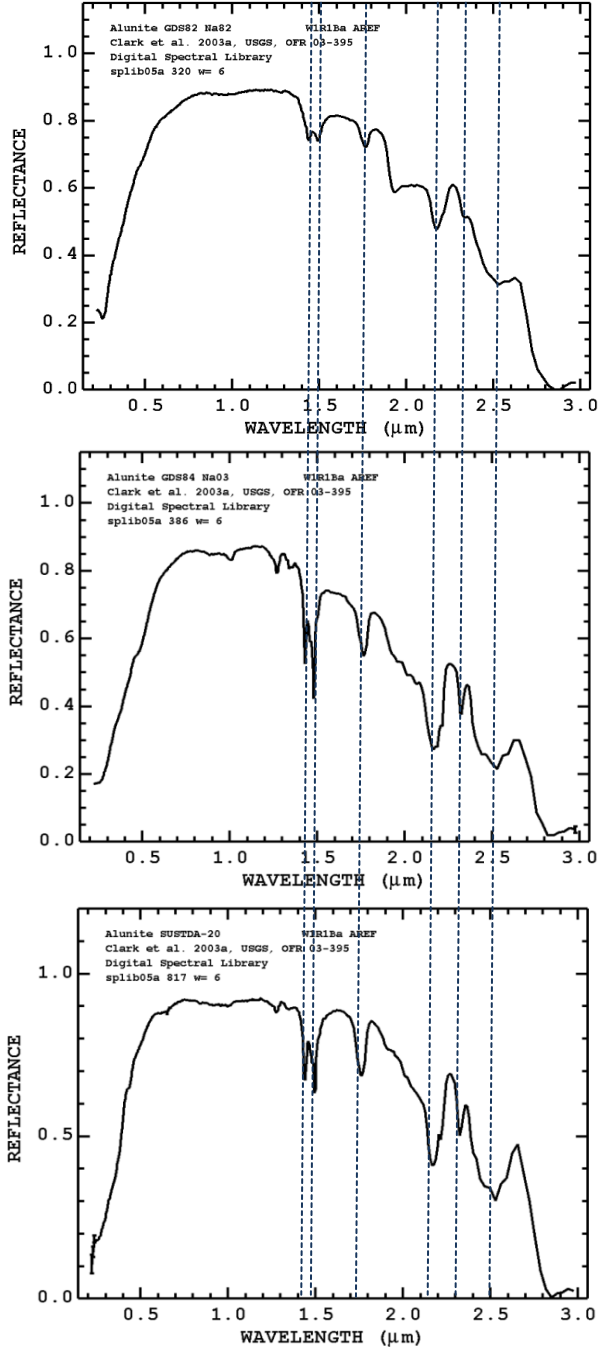
Uzaktan algılama analizlerinin en önemli verilerini uydu algılayıcılarının spektral çözünürlükleri oluşturmaktadır. Jeolojik oluşumların, maden yataklarının ve endüstriyel hammaddelerin aranması amacıyla yapılacak uzaktan algılama analizlerinin vazgeçilmez spektral çözünürlüktür. Bu nedenle, bu çalışmalara yönelik olarak özellikle multispektral ve hiperspektral uydu verileri kullanılmaktadır.

Multispektral ve hiperspektral algılayıcılara sahip uyduların yapılış amacı özellikle kayalar, mineraller, bitki örtüsü gibi doğal maddelerin spektral özelliklerini kullanarak birbirlerinden ayırt edilmesini sağlamaktır. Bu amaçla, maddelerin güneş ışınları karşısında yansıttığı ve insan gözünün fark edilemeyeceği elektromanyetik dalga boylarında uzaktan algılama analizleri yapılmaktadır. Jeolojik uzaktan algılama çalışmalarında ve özellikle maden yataklarının aranmasında

uygulanan birçok uzaktan algılama yöntemi, maddelerin elektromanyetik dalga boyunda yansıtmış olduğu karakteristik spektral özellikleri kullanılarak bir yaklaşımda bulunmaktadır. Bu amaçla, farklı doğal maddelere ait karakteristik spektral özellikler belirlenmiştir.

Maddenin göstermiş olduğu bu karakteristik elektromanyetik yansıma değerleri spektrometre adı verilen bir ölçüm aleti kullanılarak tespit edilmektedir. İnsan gözü ancak 400-700 nm dalga boyu aralığında maddeleri birbirlerinden ayırt edebilmektedir. Yakın kızıl ötesi (NIR) ve kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) dalga boyu 700-2500 nm aralığında ölçüm yapabilme kapasitesindedir. Bu çalışmada kullanılan spektrometre ölçüm aleti ise 350 nm ile 2500 nm aralığındaki dalga boyu yansıma değerlerini ölçebilmektedir. Bu ölçümler sırasında farklı maddeler, kayalar ile diğer doğal veya yapay maddeler kendilerine özgü yansıma ve soğrulma değerlerine sahiptir. Bu

konuda yapılan birçok çalışma ile doğal ve yapay maddelere ait karakteristik grafiksel eğriler oluşturulmuş ve bunlar spektral kütüphaneler şeklinde yayınlanmıştır (Clark, 1999; Clark ve diğ., 2003). Bu spektral kütüphanelerde bulunan karakteristik eğrilere maddenin “spektral yansıma eğrisi” veya “spektral imzası” denilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: USGS tarafından minerallere yönelik hazırlanan spektral kütüphanede farklı bölgelerden alınmış alunit mineraline ait spektral imzalar (Clark ve., 2003).

Kayaçların, minerallerin veya diğer doğal maddelerin uydu görüntüleri kullanılarak tespit edilmesi amacıyla hazır spektral veri tabanları oluşturulmuştur. Jeolojik araştırmalar ve özellikle doğal kaynakların aranmasında kullanılan bu hazır veriler spektrometre ölçüm aletleri ile hazırlanmıştır. Ancak, bu spektral veri tabanları çoğunlukla arazi çalışmaları ile

erişilebilen kayaçların spektral imzalarını içermektedir (Clark ve diğ., 2003).

Doğada kayaçları oluşturan mineraller, kayaç içinde farklı oranlarda bulunmalarından dolayı sürekli heterojen bir karışım oluşturmaktadır. Bir multispektral veya özellikle hiperspektral uzaktan algılama çalışmalarında inceleme yapılan bölgedeki kayaçların spektral özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç doğmaktadır. Bu nedenle, arazi çalışmaları sırasında alınan kayaç örneklerinin spektrometre aleti kullanılarak mineral içeriklerinin ve karışım spektral özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Dr. İsmail SEYHAN Uzaktan Algılama Merkezinde bulunan ASD Arazi Spektrometre Ölçüm Aleti (Şekil 2) kullanılarak oluşturulması planlanan Türkiye Geneli Spektral Veri Tabanı oluşturma çalışmalarını kapsamaktadır. 2002 yılından bu yana Türkiye genelinde gerçekleştirilen uzaktan algılama çalışmaları ve buna bağlı arazi doğrulama çalışmaları ile birçok kayaç ve mineral örneğinin spektral imzaları tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak oluşturulacak sistematik çalışmalar ile ülkemizi kapsayan bir spektral kütüphane oluşturulması planlanmaktadır.



(a)



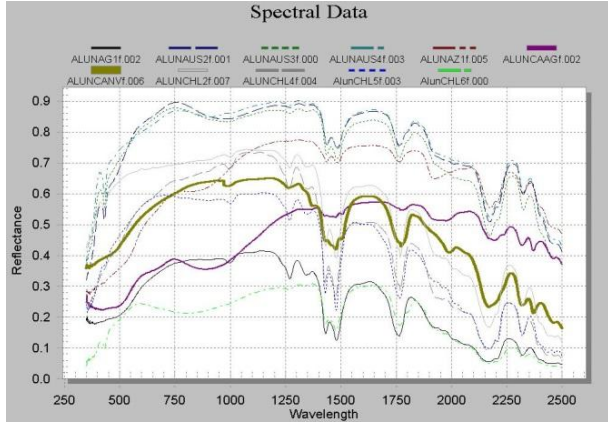
(b)

Şekil 2. ASD Arazi Spektrometre Ölçüm Aletinin (a) laboratuvarında, (b) arazide kullanımı.

2. SPEKTROSKOPİK YANSIMA

Kızılötesi Spektroskopisi atom ve moleküller arasında ve moleküllerin içinde yapısal bağların titreşim enerjilerini ölçmektedir. Bu enerji moleküller arasındaki bağ uzunluğunun bir fonksiyonu olarak değişir. Bu bağlar farklı enerjilerde titreşime sahiptir. Bu nedenle, bir ışın enerjisi farklı elektromanyetik dalga boyu değeri gösterecektir. Daha basit olarak söylemek gerekirse, mineraller içinde bulunan Al, Mg ve Fe gibi büyük katyonlar, OH gibi büyük moleküller, farklı bağ uzunluklarına sahiptir. Bu nedenle H₂O, CO₃, SO₄ ve NH₄, kısa dalga kızılötesi bölgede tespit edilebilir. Kayaçların kimyasal özellikleri mineral türlerine göre ve minerallerin kristalizasyonuna göre farklılıklar gösterecektir. Bu farklılıklar

minerale gönderilen ışın enerjisine karşı, ışını yansıtma ve soğurma derecesini verecektir. Her doğal ve yapay madde kristal yapısına göre sabit olmayan spektral derinliği bulunmakta, fakat aynı mineralin göstereceği spektral imza aynı dalga boyunda sabit kalmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı bölgelerden alınan alunit mineralinin kristal yapısına bağlı göstermiş olduğu farklı yansıma derinlikleri ve aynı dalga boylarında sabit kalan spektral imzaları.

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Bu çalışma 2002 yılında MTA Genel Müdürlüğü, Uzaktan Algılama Merkezi'nde kullanılmaya başlanan multispektral özellikteki ASTER uydu verilerinin analizleri ile elde edilen sonuçlar ışığında yapılan arazi çalışmaları ile birlikte eş zamanlı yürütülmesi planlanmıştır. Türkiye genelinde jeolojik özelliklerin saptanmasına yönelik uzaktan algılama çalışmaları tamamlanma aşamasına gelmiştir. Yaklaşık 300'ü aşkın ASTER uydu görüntüsünden elde edilen veriler kullanılarak Türkiye'nin birçok bölgesinde arazi doğrulama çalışmaları yapılmıştır (San ve diğ., 2011; Sümer ve Koruyucu, 2012; Sümer ve diğ., 2013). Bu arazi doğrulama çalışmaları sırasında özellikle maden arama çalışmaları açısından öneme sahip bölgelerden kayaç örnekleri derlenmiştir.

Kayaç örneklerinin derlenmesindeki amaç, öncelikle uygulanan uzaktan algılama yönteminin arazi doğrulaması yapılarak, çalışma alanını temsil edebilecek kayaç örneklerinin toplanması ve bunların spektral özelliklerinin arazi spektrometresi kullanılarak tespit edilmesidir. Bu yöntem sayesinde, daha sonra uygulanacak uzaktan algılama analizleri için spektral veriler elde edilebilir. Ayrıca, bir maden yatağının oluşumu açısından potansiyel olabilecek alanların ayrıntılı olarak belirlenmesi amacıyla da derlenen kayaç örneklerinin mineralojik, jeokimyasal ve petrografik analizleri yapılarak mineral ve kimyasal bileşimleri tespit edilmektedir. Böylece, spektrometre ile elde edilen mineral bileşimleri karşılaştırılmakta ve alınan örneklerde kıymetli olabilecek minerallerin varlığının saptanması amaçlanmaktadır.

Bu yöntem kullanılarak Türkiye'nin birçok bölgesinden kayaç örneği derlenmiş ve bu örneklerin çoğunun spektral imzası alınmıştır. Ayrıca, bu kayaçların mineral içeriklerinin tayin edilebilmesi amacıyla X-ışınları kırınımı, jeokimya ve petrografi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların ardından ortaya çıkan mineral karışımları sonuçları ile kayaçların spektral imzaları karşılaştırılmaktadır.

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen farklı kayaç tiplerinin spektral imzalarının ölçülmesi sonucunda, bu spektral eğri grafiklerinde önemli ölçüde farklılıklar bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bunun da özellikle kayacın farklı oranlarda mineral karışımlarından meydana gelmesinden dolayı kaynaklandığı yapılan X ışınları kırınım ve petrografik analizler sonucunda

ortaya konulmuştur. USGS (Clark, 2003), ASD (Hauff, 2002) gibi hazır durumda bulunan spektral kütüphaneler ve veri tabanları daha çok saf mineralleri veya kayacın alındığı bölgeyi karakterize etmektedir. Bu nedenle, ülkemize ait farklı kayaçları içine alacak bir veri tabanına veya spektral kütüphaneye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, günümüzde multispektral uydu verileri dışında uydu veya uçaklara monte edilebilen hiperspektral verilerin kullanılabilmesi ve yersel kalibrasyonlarının yapılabilmesi amacıyla da bir veri tabanı oluşturma ihtiyacı her geçen gün artmaktadır.

4. JEOLJİK UZAKTAN ALGILAMA VE MADEN ARAMACALIĞINDA SPEKTRAL VERİNİN ÖNEMİ

Uzaktan algılamanın kullanım alanlarının en önemli bölümünü jeolojik çalışmalar oluşturmaktadır. Kayaç türlerinin belirlenmesi, yapısal jeolojik çalışmalar, mineral haritalama, alterasyon bölgelerinin tespiti gibi çalışmalar jeolojik uzaktan algılama uygulamalarının temelini oluşturmaktadır (San ve diğ., 2004; Sümer ve Koruyucu, 2012, Sümer ve diğ., 2013). Farklı algoritma ve analiz yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmalarda en önemli uydu verileri multispektral veya hiperspektral verileridir. Uzaktan algılama analizleri için seçilen uydu verilerinin en önemli özelliği ise spektral çözünürlükleridir. NIR ve SWIR spektral alanlarında farklı bandlar kullanılarak mineral haritalama ve özellikle maden yataklarının aranmasında kullanılan hidrotermal alterasyon minerallerinin tespiti açısından önemlidir (San ve diğ., 2004).

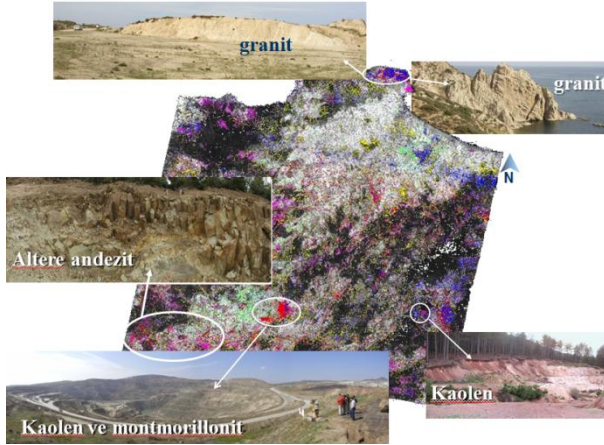
Bu çalışmalarda kullanılan en temel veriler minerallerin spektral imza grafikleri veya karakteristik dalga boylarındaki yansıma ve soğurma değerleridir (Şekil 3). Jeolojik uzaktan algılama analizleri için başvurulacak en önemli veriler spektral imzaların bulunduğu spektral kütüphanelerdir. Yukarıda da bahsedildiği gibi, USGS tarafından önerilen spektral kütüphaneler sıkça kullanılmaktadır. Ancak, yapılan uzaktan algılama çalışmaları ile elde edilen mineral haritalamaları yersel olarak kayaç içinde bulunan tek mineral baz alınarak geliştirilmiş olan algoritmalarlardır. Bu analizlerde en çok başvurulacak yöntem ise band oranlama ve spektral index metodudur (San ve diğ., 2004; Sümer ve Koruyucu, 2012). Genellikle yersel çözünürlüğü 15 ile 30 m arasında değişen uydu verileri kullanılarak yapılan bu çalışmalar sonucunda mineral haritalaması yapılmakta ve bu mineralin yayılım alanları tespit edilmektedir.

ASD Arazi Spektrometresi ile ölçülen kayaç spektral imzaları kullanılarak yapılan band oranlama çalışmaları sonucunda ise aynı özellikteki kayaçların yayılım haritaları elde edilebilmektedir. Bu nedenle gerek jeolojik çalışmalarda ve gerekse maden yataklarının aranmasında araştırma bölgesinden elde edilen kayaçların spektral imzalarının kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, arazi spektrometresi ile ölçülen değerler ve spektrometre veri tabanı oluşturulması bu çalışmalar için çok önemli sonuçların elde edilmesi açısından gereklidir.

5. TÜRKİYE GENELİ SPEKTRAL VERİ TABANI OLUŞTURMA ÇALIŞMALARI

Uydu verilerinin analizleri sonucunda elde edilen mineral haritalama, kayaç türlerinin belirlenmesi ve hidrotermal alterasyon mineralleri, yapısal unsurların belirlenmesi gibi çalışmaların ardından arazi doğrulama çalışmaları yapılmaktadır (Şekil 4). Kayaçlara ait spektral veri kütüphanesi düzenlenirken tüm kayaç örneklerinin X-ışını ve kimyasal analizler sonuçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Mineral spektral veri tabanı veya kütüphanesinde olduğu gibi kayaçların veri tabanında da kayaç oluşturan minerallerin özellikleri, mineralojik bileşimleri, x-ışınları kırınım analiz sonuçları, kimyasal analizler ve mineralojik çalışmalarında bu tanımlama içinde yer alması gerekmektedir. Ayrıca, kayaç örneklerinin alındığı bölgenin jeolojik özelliklerinin de bu kütüphanede yer

alması, kayaçların oluşumlarının belirlenmesi açısından önemli bir veri oluşturmaktadır. Spektral Kayaç Kütüphanesinin oluşturulmasında en önemli altlığı arazi çalışmaları sırasında oluşturulmuş jeoloji haritaları verecektir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından uzun yıllardan bu yana yapılan arazi çalışmaları ile tüm Türkiye'nin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış ve tüm haritalar aynı ölçekte sayısallaştırılarak "Türkiye Jeoloji Veri Tabanı" oluşturulmuştur. Bu veri tabanında kayaçların yayılımları haritalanmış ve oluşum koşulları ve yaşları ortaya konmuştur. Spektral Veri Tabanı'nın oluşturulması için farklı bölgelerden alınacak kayaç örneklerinin yayılımları önemli olacaktır.



Şekil 4. Görüntü analizleri ile elde edilen mineral haritalarının arazi doğrulama çalışması ile elde edilen spektral veriler.

Spektral veri tabanı oluşturma çalışmalarının en önemli bölümü ise alınacak kayaç örneklerinin koordinatlı bir şekilde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilebilmesidir. Bu amaçla, CBS veri tabanı mimarisine uygun öznitelik tabloları ile birlikte, gerektiğinde sorgulamanın yapılabilen bir yapı kazandırılması gerekmektedir. Bu anlamda, öznitelik tablolarında kayaçların alındığı lokasyon bilgileri, jeolojik, mineralojik – petrografik, jeokimyasal, tüm bilgilerle birlikte, kayaca ait spektral imzalar da bu veri tabanı içinde yer alması gerekmektedir.

6. SONUÇLAR

Jeolojik uzaktan algılama çalışmaları ile metalik ve endüstriyel hammaddeler gibi doğal kaynakların aranması çalışmalarında kullanılan en önemli veriler uydu görüntülerinin spektral çözünürlükleri kullanılarak yapılan çalışmalardır. Yapılan birçok jeolojik uzaktan algılama çalışmalarında, hazır spektral kütüphanelerde bulunan spektral veriler kullanılmaktadır. Ancak bir çalışmada sağlıklı spektral veri elde edebilmek amacıyla araziden elde edilebilecek kayaç numunelerinin spektral özelliklerini kullanmak daha iyi sonuçların elde edilebilmesi açısından önemlidir.

Türkiye genelini kapsayan jeolojik uzaktan algılama çalışmaları ile birçok jeolojik özellik tespit edilmiş mineral haritalamaları yapılmıştır. Bu çalışmalar ardından yapılan arazi doğrulama çalışmalarında elde edilen kayaç numunelerinin spektral özellikleri de bu çalışmalar sırasında kullanılan arazi spektrometresi ile 350 nm ile 2500 nm dalga boyu aralığındaki yansıma değerleri ölçülmüştür. Buna göre kayaç içinde bulunan mineral karışımları ve buna bağlı farklı spektral imzaları tespit edilmiş ve bundan sonra yapılacak uzaktan algılama çalışmaları için spektral veri tabanı oluşturma çalışmaları için altlık veriler oluşturulmaya başlanmıştır.

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak hiperspektral verilere ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle jeolojik çalışmalarda kullanılacak hiperspektral veriler için ülke genelinde kayaçlara ait spektral kütüphane veya spektral veri tabanı oluşturulması, daha sağlıklı çalışmaların yürütülmesi açısından önemli olacaktır.

7. KATKI BELİRTME

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü, Dr. İsmail SEYHAN Uzaktan Algılama Merkezi ile Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı (JICA) arasında 2002 – 2007 yılları arasında yapılan "MTA – JICA Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi" ile başlatılan ve daha sonra "Jeolojik Özelliklerin Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Tespiti Projeleri" ile devam eden Türkiye geneli ASTER uydu verilerinin analizi çalışmaları sonucunda kullanılan ASD Arazi Spektrometresi verileri ile elde edilen bazı sonuçları içermektedir. Bu çalışmalara katkı sağlayan Murat KORUYUCU 'ya, Ydr.Doç.Dr. B. Taner SAN 'a, Dr. Bora GÜRÇAY ile tüm MTA Uzaktan Algılama Algılama Merkezi çalışanlarına ve JICA yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

8. DEĞİNİLEN BELGELER

Clark, R.N., 1999. Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals and Principles of Spectroscopy, Manual of Remote Sensing, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, p 3-58.

Clark, R.N., G. A. Swayze, K. E. Livo, R. F. Kokaly, S. J. Sutley, J. B. Dalton, R. R. McDougal, and C. A. Gent., 2003. Imaging Spectroscopy: Earth and Planetary Remote Sensing with the USGS Tetracorder and Expert Systems, Journal of Geophysical Research.

Clark, R.N., G. A. Swayze, Wise, R., K. E. Livo, Hoefen T.M., Kokaly R.F., Sutley S.J. 2003, Crustal Imaging and Characterization, USGS Digital Spectral Library splib05a, U.S. Geological Survey, Open File Report 03-395, <http://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-395/ofr-03-395.html>

Hauff, P.L., 2002, Applied Reflectance Spectroscopy, Spectral Int. Inc. Colorado, USA. www.specim.com

San, B.T. ve Sümer, E.Ö., 2011, MTA – JICA Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi: MTA Gn. Md.'lüğü, Ankara. MTA, Rapor Arşiv No: 11423., Ankara.

San, B. T., Sümer E. O., and Gürçay B., 2004, Comparison of Band Ratioing and Spectral Indices Methods for detecting Alunite and Kaolinite Minerals Using Aster Data in Biga Region, Turkey, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey, Commission 7, pp. 77 - 82.

Sümer, E.Ö. ve Koruyucu, M., 2012, ASTER Uydu Verileri Kullanılarak Jeolojik Özelliklerin Tespiti Projesi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 11572, 64s., Ankara.

Sümer, E.Ö., Koruyucu, M., Özgüner, K.C., Avcı, K.M., Kocadere, B., Dağlıyar, A., Bayraktaroğlu, Y., Aksoy, B. ve Bayındır, F.M., 2013, Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Jeolojik Özelliklerin Tespiti: Türkiye Geneli, 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, ODTÜ Kongre Merkezi, Nisan 2013, Ankara.