

FARKLI ÇEVRESEL ETKENLERİN YER MALZEMESİNİN SPEKTRAL YANSIMASINA ETKİLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

B. Taner SAN* ve Hakan A. NEFESLİOĞLU**

GİRİŞ

Madde, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında farklı özellikler gösterir. İnsan gözü, söz konusu özellikleri 400-700 nm dalga boyu aralığında farklı renkler olarak algılamaktadır (Jensen, 1996). Madenin göstermiş olduğu bu karakteristik yansıma değerlerinin spektrometre ölçüm cihazıyla, insan gözünün görebileceği görünür dalga boyu (400-700 nm) aralığına ek olarak, yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi dalga boyu (700-2500 nm) aralıklarını da kapsayan spektrumda ölçülüp kaydedilmesi mümkün olmaktadır (Jensen, 1996). Spektrometre 400 nm ile 2500 nm dalga boyu aralığındaki yansıma değerlerini ölçme kapasitesine sahiptir (ASD, 2011). Söz konusu ölçümden elde edilen yansıma değerleri grafiksel bir ortamda karakteristik bir eğri ile temsil edilir (Clark, 1999). Bu eğriye ölçülen cismin “spektral yansıma eğrisi” veya “spektral imzası” denir.

Spektral imza ile maddenin tanımı ve ayrımı yapılabilmektedir (Pieters ve Mustard, 1988). Ölçümü yapılarak oluşturulan eğriler, spektral kütüphane adı verilen ve saf maddelerin ölçümüyle elde edilen veri tabanı ile karşılaştırılarak tanımlanmaya çalışılır (Specmin-Pro, 2002). Bu işlem “spektral ayırım” (spectral unmixing) olarak isimlendirilmekte ve jeolojik uzaktan algılama çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Doğada yer malzemesinin, özellikle mostrada saf olarak izlenmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durum doğal kaynakların aranması sürecinde jeolojik uzaktan algılama uygulamalarını etkilemektedir (Clark, 1999). Buna karşılık, söz konusu çevresel etkenlerin azaltılmasına yönelik farklı teknikler uygulanır. Doğal yer malzemesinin mostrada çevresel etkenler ve diğer malzemeler ile bir arada bulunması genel olarak “spektral karışım” (spectral mixture) şeklinde adlandırılır (San, 2008; Somers ve diğerleri, 2011). Bu çalışmada, söz konusu spektral karışım tekniklerinden biri olan doğrusal karışım modelinin tanıtılması ve örnek bir uygulamanın sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada, saf bir el örneğinin orijinal haline ait ve çevresel etkenlerin değerlendirilmesine yönelik olarak, yine aynı örneğin kirlenmiş ve/veya filtrelenmiş durumuna ait spektral eğrileri arasındaki farklar karşılaştırılmıştır.

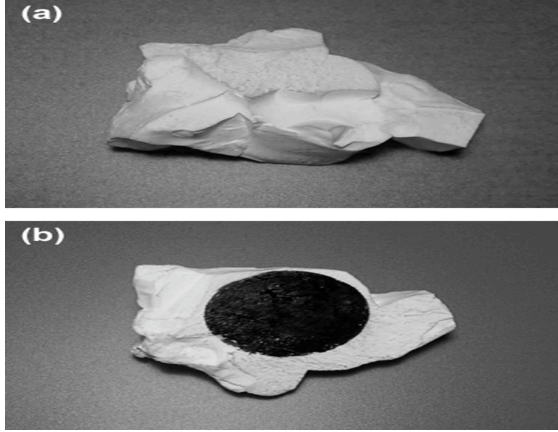
SPEKTRAL ÖLÇÜMLER

Bu çalışmada örnek olarak, Fillosilikat sınıfı Kaolinit gurubuna ait Halloysit $[Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O]$ mineraline ilişkin el örneği kullanılmıştır (Şekil 1). Öncelikle, halloysit minerali ASD spektrometresi ile ölçülerek örneğe ait karakteristik spektral yansıma eğrisi elde edilmiştir (Şekil 2). Daha sonra örneğin ölçüm alınan yüzeyi, saha koşullarındaki kirlenmeyi temsil etmesi açısından koyu renk boya ile boyanmış ve aynı yüzeyden alınan ölçüm tekrarlanmıştır (Şekil 2). Benzer şekilde, yine farklı çevresel etkenleri temsil etmesi açısından farklı filtreler (kırmızı ve mavi-yeşil, camgöbeği) spektrometre ölçümü yapılan örnek üzerine uygulanarak ölçümler tekrar alınmıştır. Söz konusu ölçüm-

* Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

** MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı

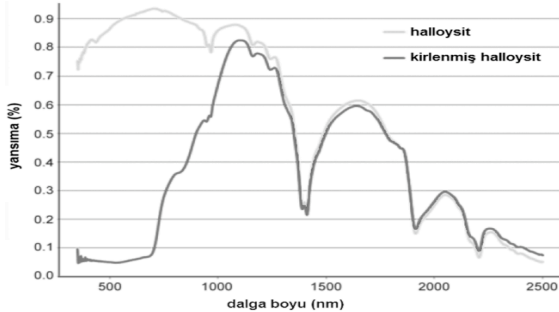
ler hem taze yüzey hem de kirlenmiş alan için ayrı ayrı gerçekleştirilerek elde edilen spektral eğriler kaydedilmiştir (Şekil 3).



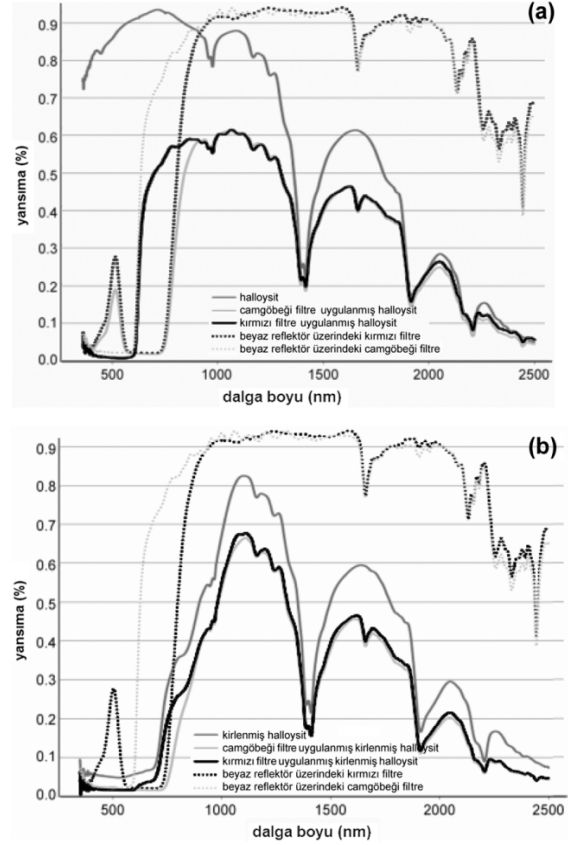
Şekil 1- (a) Fillosilikat sınıfı Kaolinit gurubuna ait Halloysit $[Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O]$ minerali; (b) kirlenmeyi temsil eden koyu renk boya ile boyanmış örnek.

SPEKTRAL KARIŞIM ANALİZİ (SMA)

Alınan ölçümler sonucunda kirlenmiş alanda spektral yansımının yalnızca görünür bölge olan 400-700 nm dalga boyu aralığında etkilendiği, buna karşılık yer malzemesinin tanımlanmasında etkin olarak kullanılan kısa dalga kızıl ötesi dalga boyu aralığında etkilenmediği görülmüştür.



Şekil 2- Saf ve kirlenmiş halloysit mineraline ilişkin spektral yansımaya eğrileri.

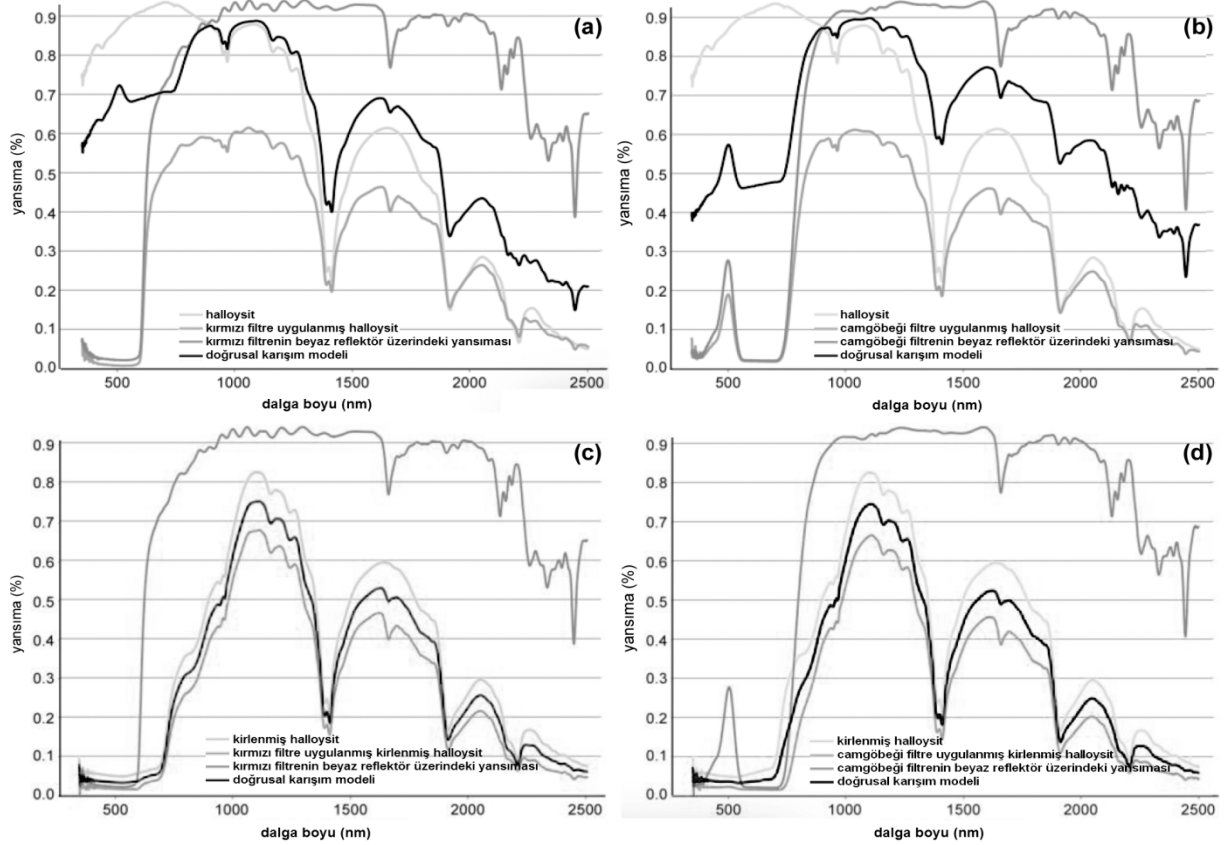


Şekil 3- (a) Saf ve (b) kirlenmiş halloysit mineralinin farklı filtreler altındaki spektral yansımaya eğrileri.

DeneySEL çalışmada gerçekleştirilen filtreli ölçümlerde ise, bir önceki ölçümlerde olduğu gibi sadece görünür dalga boylarında bir farklılığın izlendiği anlaşılmıştır. Ancak, elde edilen filtreli ölçüm sonuçları dikkate alındığında, filtre malzemesinin de (-ki bu çalışmada renkli plastik film(-ler) kullanılmıştır) ölçümleri etkilediği ve buna bağlı olarak karakteristik spektral yansımaya eğrisinin el örneği ile filtre malzemesinin karışımından oluştuğu görülmüştür. Bu karışımı çözümlmek için, uç üye (endmember) spektral eğrilerinin değerlendirilmesi gerek-

mektedir. Buradaki uç üyelerden birisini halloysit minerali spektral eğrisi, diğerlerini ise ölçüm için kullanılan filtrelerin beyaz reflektör [BaSO₄] üzerindeki spektral eğrileri oluşturmaktadır (Şekil 4). Söz konusu spektral karışımın çözümlenmesi amacıyla, jeolojik uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan spektral karışım modeli (Eşitlik 1) uygulanmıştır (De Jong ve Van Der Meer, 2004).

$$A_i = \sum_{j=1}^N F_j B_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$



Şekil 4- Spektral karışım analizleri sonucu elde edilen doğrusal karışım modelleri (a) kırmızı filtre uygulanmış saf halloysit; (b) cam göbeği filtre uygulanmış saf halloysit; (c) kırmızı filtre uygulanmış kirlenmiş halloysit; (d) camgöbeği filtre uygulanmış kirlenmiş halloysit.

Burada A_i , i . dalga boyuna karşılık gelen karışım yansımaya değeri, F_j , j . uç üye spektral yansımaya değeri, B_{ij} , i . dalga boyunda j . uç üyenin oranı, N , uç üye sayısı, ε_i , i . dalga boyuna karşılık gelen artık hata olarak verilmektedir. Buna göre, uç üye oranları % 50 alınarak gerçekleştirilen spektral karışım analizleri sonucu elde edilen doğrusal karışım modelleri değerlendirilen farklı etkenler için ayrı ayrı Şekil 4'de verilmiştir.

Gerçekleştirilen spektral karışım analizleri sonucu elde edilen doğrusal karışım modelleri farklı etkenler altında izlenen örnek spektralleri ile karşılaştırıldığında, söz konusu modellerin, değerlendirilen etkenler altında çalışılan yer malzemesini tanımlayabileceği anlaşılmıştır. Bu deneysel çalışmada, laboratuvar koşullarında değerlendirilen etkenler, mostrada izlenmesi muhtemel gerçek çevresel etkenler ile eşleştirilebilir. Bununla birlikte, çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, hedeflenen yer malzemesini mostrada etkileyen etkenin kalibre edilmiş spektral yansıma karakteristiği kullanılarak, söz konusu yer malzemesi üzerindeki etkinin en aza indirilebileceği görülmektedir. Bir başka ifadeyle, elde edilen sonuç spektral karışım modelinin multi-spektral uydu görüntüleri ile birlikte, yer malzemesine yönelik gerçekleştirilecek arama çalışmalarında değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- ASD, 2011, ASD FieldSpec 2 Portable Spectroradiometer.<http://www.asdi.com>
- Clark, R.N., 1999, Spectroscopy of Rock and Minerals, and Principles of Spectroscopy. Remote Sensing for Earth Sciences: Manual of Remote Sensing, Third Edition, Vol. 3, edited by Andrew N. Rencz, 251-306.
- De Jong, S.M. ve Van Der Meer, F., 2004, Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain, Kluwer Academic Publishers, 359 p.
- Jensen, R.J., 1996, Introductory Digital Image Processing, Second Edition, Prentice-Hall, Inc., 152 p.
- Pieters, C.M. ve Mustard, J.F., 1988, Exploration of Crustal/Mantle Material for the Earth and Moon Using Reflectance Spectroscopy. Remote Sensing of Environment, 24, 1-3, 151-178.
- San, B.T., 2008, Hyperspectral Image Processing of Eo-1 Hyperion Data for Lithological and Mineralogical Mapping. PhD. Thesis, METU, Department of Geological Engineering, 142 p.
- Somers, B., Asner, G.P., Tits, L. ve Coppin, P., 2011, Endmember Variability in Spectral Mixture Analysis: A review. Remote Sensing of Environment 115, 7, 1603-1616.
- Specmin-Pro, 2002, Specmin-Pro (Version 3.0). Spectral International Inc., USA.