MİNERAL HARİTALAMADA BANT ORANLAMA VE CROSTA METOTLARI İLE ELDE EDİLEN SONUÇLARIN JEOİSTATİKSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Önder Kayadibi¹

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Uzaktan Algılama ve CBS Koordinatörlüğü, kayadibi@mta.gov.tr

ÖZET

Yeryüzeyindeki materyallerin birçoğu elektromanyetik spektrumun 400-2500 nanometre (Görünür-Yakın kızılötesi bölgede) aralığında tanımlayıcı absorbsiyon özelliklerine sahiptir. Bu spektral özelliklerinden yararlanarak yeryüzündeki birçok materyal haritalanabilir. Uydu görüntüleri, mineral haritalama çalışmalarında 1970'lerin başından beri giderek artan bir önemle kullanılmaktadır. Bant oranlama ve Crosta metotları özellikle multispektral görüntülerden bilgi elde etmek için yaygın olarak kullanılan yarı kantitatif yöntemlerdir. Hem bant oranlama hem de Crosta metodu mineral haritalama çalışmalarında materyallerin soğurulma (absorbsiyon) ve yansıma (refleksiyon) özellikleri esas alınarak uygulanır. Teorik olarak düşünüldüğü zaman minerallerin aynı spektral karakteristiklerini esas alarak uygulanan her iki metodun sonuçlarının aynı olması (aynı pikselleri belirlemesi) beklenir. Bu çalışmada teorideki bu düşüncenin uygulamadaki geçerliliği test edildi.

Çalışma alanı olarak demir cevherleşmesi açısından önemli bir bölge olan Kangal'ın doğusu ile Divriği arasında kalan alan seçildi. Landsat ve Aster görüntüleri ile mineralleri belirlemek için bant oranlaması ve Crosta yöntemleri uygulandığında her iki metot ile elde edilen sonuçların ne oranda aynı olduğu (aynı pikselleri belirlediği) jeoistatiksel olarak değerlendirildi. Bu amaçla Landsat ve Aster görüntülerine bant oranlaması ve Crosta metodları uygulanarak Fe^{+3} (hematit ve götit vb.) ve Fe^{+2} (olivin vb.) mineralleri ile OH/Al-OH içeren mineraller (kaolinit, montmorillonit, illit vb.) belirlendi. Elde edilen sonuçlar sayısal olarak değerlendirilerek uygulamada bu iki metodun sonuçlarının aynı pikselleri belirleme yüzdeleri tesbit edildi. Landsat ve Aster görüntülerine Fe^{+3} ve Fe^{+2} mineralleri ile OH içeren mineralleri haritalamaya yönelik olarak bu iki metot uygulandığında yaklaşık % 50 oranında aynı pikselleri belirlediği sonucu elde edildi.

Anahtar Sözcükler: Landsat, Aster, Bant Oranlama, Crosta Metodu, Multispektral, Jeoistatistik

THE RESULTS OBTAINED USING BAND RATIO AND CROSTA TECHNIQUE WERE COMPARED AS GEOSTATIISTICAL IN MINERAL MAPPING

ABSTRACT

Many earth surface materials have the diagnostic absorption feature in 400-2500 nanometer interval (visible-near infrared region) of electromagnetic spectrum. Many earth materials on surface can be mapped using this spectral features. Satellite images have been used with more and more increasing importance since the early 1970's. Band ratio and Crosta technique are semi-quantitative methods that were used to obtain the knowledge from particularly multispectral images. Both of these methods were applied based on absorption and reflection of materials for mineral mapping studies. When it was Considered in theory, It was hoped determining the same results (determining of same pixels) of both method. In this study, it was tested for putting into practice this opinion in theory.

As study area was selected a part between the eastern of Kangal and Divriği that are important for iron ore. Band ratio and Crosta technique were performed to determine the minerals using Landsat and Aster images and the obtained result were evaluated as geostatistical. For the purposes of this, containing of Fe^{+3} (hematite and goethite etc.), containing of Fe^{+2} (olivine etc.) and containing of OH/AL-OH minerals (kaolinite, montmorillonite, illite etc.) were determined applying the band ratio and Crosta technique on Landsat and Aster images. The percentage of determining same pixel of both this method was established in practice was evaluated obtained results in digital form. When both these methods were applied to determine

containing of Fe^{+3} (hematite and goethite etc.), containing of Fe^{+2} (olivine etc.) and containing of OH/AL-OH minerals minerals on Landsat and Aster images, the result of same pixels at a rate of 50% were obtained.

Keywords: Landsat, Aster, Band Ratio, Crosta Technique, Multispectral, Geostatistics

1. GİRİŞ

Çalışma alanı olarak J39 ve J40paftasında Kangal'ın doğusu ile Divriği arasında 1600 km² 'lik bir bir alan seçilmiştir (Şekil 1). Bu bölge demir cevherleşmesi açısından önemlidir. Kaynaklara göre ülkemizde bilinen yüksek tenörlü ve işletilebilen en yüksek rezervli demir sahalarından biride Divriği'ndeki demir cevherleşmeleridir. Ayrıca Divriği'den güneybatıya doğru bir kuşak içinde daha düşük rezervli bilinen birçok demir cevherleşmeleri de bulunmaktadır (DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001; Demir–Çelik Raporu, 2008).

Bu çalışmanın amacına yönelik olarak bant oranlama ve Crosta Tekniği yöntemlerini uygulamak için hematit, götit vb. Fe^{+3} içeren mineralller; olivin vb. Fe^{+2} içeren mineraller ve OH/AL-OH içeren mineraller olarak üç mineral grubunu seçilmiştir. İlk olarak Fe^{+3} , Fe^{+2} ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemek için Landsat ve Aster görüntüleri kullanılarak bant oranlaması ve Crosta Tekniği yöntemleri uygulanmıştır. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçlara göre her iki metot ile ortak tesbit edilen yerler (belirlenen aynı pikseller) belirlendi. Daha sonra her iki uydu görüntüsü ile uygulanan bant oranlama ve Crosta Tekniği ile elde edilen sonuçlar ile ortak belirlenen yerlerin piksel sayıları bulundu. Bu değerler karşılaştırılarak her iki metot üç mineral grubunu belirlemek için uygulandığı zaman aynı yerleri belirleme yüzde oranları ortaya çıkarıldı.

1. Çalışma Alanının Jeolojisi

İnceleme alanının temeli, Torosların Göreli otoktonunu oluşturan Alt Plaeozoyik yaşlı kırıntılı kayalar Üst Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı platform türü karbonatlar, allokton konumlu Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışık ve Jura yaşlı ofiyolit topluluğundan oluşan bir mozayikle temsil edilmektedir (Şekil 2). Bu mozayiğin üzerine Maestrihtiyen-Kuvaterner aralığında oluşmuş bir örtü, açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Örtünün en alt düzeyi polijenik kireçtaşı ile başlayan Maastrihtiyen yaşlı volkano-tortul diziden oluşmaktadır (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Divriği A ve B kafa cevherleşmeleri Murmano Plütonu, Akdağ kireçtaşları ve Güneş ofiyolitine ait serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar ile stratigrafik-tektonik ilişkiler sunar. Cevherleşmeyi kontrol eden magmatik–hidrotermal sistem Geç Kretase yaşlı Murmano Plütonu'nun yerleşme, kristallanme ve soğuma süreçleriyle kontrol edilmektedir (Yılmazer, vd., 2003).

Divriği ve yakın çevresindeki mesozoyik yaşlı Akdağ kireçtaşları ve bölgeye Geç Kratese öncesi yerleşen Güneş ofiyolitine ait serpantinleşmiş ultramafik kayaçları Geç Kretase yaşlı Murmano plütonu tarafından sıcak dokanaklarla kesilmektedir (Yılmazer, vd., 2003).



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası



۲	Yerleşim Yerleri				
	Yollar				
	Dereier				
	Ayrılmamış Kuvaterner (Kuvaterner)				
12	Bazalt (Pliyosen)				
12.55	Andezit (Pliyosen)				
124	Piroklastik kayalar (Pliyosen)				
202	Evaporitli sedimenter kayalar (Üst Miyosen)				
	(Üst Miyosen)				
	Gölsel kirertaşı, marn, şeyl (Miyosen)				
	Karasal kırıntılılar (Miyosen)				
11	Neritik Kirentaşı (Miyosen)				
	Karasal kırıntılılar (Oligosen)				
	Granitoyidler (Eosen)				
	Granitoyidler (Eosen)				
	Kirintililar ve karbonatlar (fliş) (Ust Senoniyen)				
88	Volkanitler ve sedimenter kayalar (Üst Senoniyen)				
11 - L	Ofiyolitik melanj (Üst Kretase)				
	Neritik kirertaşı (Orta Triyas-Kretase)				
-	Peridotit (Mesozoyik)				
	Levha dayk karmaşığı (Mesozovik)				
1.1	Gabro (Mesozovik)				
	Ayrılmamış bazik ve ultrabazikler (Mesozovik)				
	Mermer, yer yer şist (Paleozovik Mesozovik)				

Şekil 2: Çalışma alanının jeolojisi (Ref: MTA 1:500 000 ölçekli Jeoloji Haritası'ndan alınmıştır).

AÇIKLAMALAR

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemeye yönelik gerçekleştirilen bant oranlama ve Crosta Tekniği yöntemlerinin uygulanmasında Landsat ve Aster görüntüleri kullanılmıştır.

Landsat uydu verileri elektromayetik spektrumun 0.45-2.35 µm aralığında yaklaşık 30 m. alansal çözünürlüğe sahip 6 bant, 15 m. alansal çözünürlüğe sahip bir pankromatik bant (0,52-0,90 µm) ve termal kızılötesi bölgede 60 m. alansal çözünürlüğe sahip bir bant (10.4-12.50 µm) kapsamaktadır (USGS, 2008, http://eros.usgs.gov/products/satellite/band.html).

NASA'nın Terra uzay aracı ile 18 Aralık 1999 da uzaya firlatılan Aster, görünür kızıl ötesinden termal kızıl ötesi bölgeye kadar 14 spektral banda sahiptir. Bu bantlar dışında stereo görüntü elde etmeyi sağlayan bir tane geriye bakış bantı (0.78-0.86 μ m) kapsamaktadır. Aster'in elektromanyetik spektrumun görünür yakın kızılötesi bölgesinde-VNIR (0.52-0.85 μ m) 15 m. alansal çözünürlüklü 3 adet spektral bantı, kısa dalga kızılötesinde-SWIR (1.600-2.430 μ m) 30 m. alansal çözünürlüklü 6 spektral bantı ve termal kızıl ötesinde-TIR ise (8.125-11.65 μ m) 5 adet spektral bandı bulunmaktadır (Abrams, Hook & Ramachandran, 2002). Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemeye yönelik gerçekleştirilen bant oranlaması ve Crosta Tekniği uygulamasında Aster görüntüsünün VNIR ve SWIR bölgedeki bantları kullanılmıştır

Uydu görüntülerine bant oranlama ve Crosta Tekniği yöntemleri PCI Geomatica yazılımı kullanılarak uygulanmıştır.

Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineral gruplarını uydu görüntüleri ile belirlemek için iki multispektral yöntem uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler; bant oranlaması ve Crosta Tekniği'dir.

2.1 Bant Oranlama

Bant oranlama, mineral arama çalışmalarında ve bitki örtüsünün belirlenmesinde geniş şekilde kullanılmaktadır. Bant oranlaması ile materyaller arasındaki spektral farklılıklar belirginleştirilir. Ayrıca topografik ve gölge etkileri en aza indirilir. Ayrıca oran görüntülerinden renkli kombinizasyonlar yapılarak daha yorumlanabilir görüntüler elde edilebilir (ERDAS Field Guide, 2003; Introduction to Remote Sensing of Environment (RSE) with TNTmips, 2008; Kariuki vd., 2004)

Bir materyali belirginleştirmek için bant oranlaması, belirli bir spektral aralıkta materyalin yüksek yansıma gösterdiği bantı, düşük yansıma gösterdiği banta bölerek yapılır. Bir görüntüde yüksek yansıma gösteren her bir pixelin değeri, düşük yansıma gösterdiği banttaki aynı konumdaki pixelin değerine bölünür.

Elektromanyetit spektrumun dalga boylarındaki spesifik absorbsiyona, bazı kimyasal element ve iyonların bulunuşu, bazı elementlerin iyonik yüklemesi ve elementler arasındaki kimyasal bağların geometrisi neden olur (Introduction to Hyperspectral Imaging with TNTmips, 2008). Materyaller ve özellikle demiroksit/hidroksit ve kil mineralleri gibi hidrotermal alterasyon mineralleri belirli spektral aralıklarda yüksek yansıma (reflektans) gösterirken, bazı spektral aralıklarda ise soğurulma (absorbsiyon) özellikleri gösterirler. Bant oranlaması yöntemi ile materyallerin bu spektral özellikleri kullanılarak çevrelerine göre ile daha belirgin hale getirilebilir.

2.2 Crosta Tekniği (Temel Bileşen Analizleri)

Mineral arama çalışmalarında kullanılan diğer bir yöntem temel bileşenler analizleridir (PCA). Temel bileşenler (PC) dönüşümü korelasyonlu bir çok değişken veriyi, orjinal değişkenlerin yeni korelasyonsuz doğrusal kombinizasyonlarına dönüştüren istatiksel bir tekniktir. PC dönüşümü genelde spektral fazlalığı azaltmak için kullanılır. Diğer bir anlatımla, verinin boyutunu (bant sayısını) azaltmakta önemlidir. Ayrıca PC dönüşümü, ham veride gizlemiş ya da görülemeyen spektral özellikleri daha belirgin hale getirir. PC dönüşüm görüntüsünün KYM (RGB) bant kombinizasyonları daha yorumlanabilir olabilir (Erdas Field Guide, 2003; Kariuki vd., 2004; Abera, 2005).

Crosta ve Moore (1989), PC dönüşümünü esas alan ve 'Özellik Yönelimli Temel Bileşen Seçme' (Feature Oriented Principal Component Selection-FPCS) adlı bir teknik geliştirerek demiroksit/hidroksitlerini saptamıştır. Daha sonra Loughlin (1991), FPCS tekniğini değiştirerek Landsat TM görüntüleri ile demiroksit/hidroksitleri, hidroksil ve karbonatları haritalamıştır. Bu tekniğe de "Crosta Tekniği" adını vermiştir (Loughlin, 1991). Bu teknik ile hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek için birçok araştırmacı tarafından yapılmış çalışma bulunmaktadır.

3. Görüntü Analiz Çalışmaları

Bu çalışmada, "Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemek için bant oranlaması ve Crosta Tekniği yöntemleri Landsat ve Aster görüntüsüne uygulandığında aynı anomali veren yerler belirlenebilir mi? Eğer aynı yerler belirlenebilirse bunun yüzde oranı nedir?" sorusuna cevap bulunmaya çalışılmıştır.

Bu amaç Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemek için bant oranlaması ve Crosta tekniği metodları hem Landsat ve hem de Aster görüntülerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Daha sonra her iki görüntü için bant oranlaması ve Crosta tekniği metodları ile elde edilen sonuçlar Fe⁺³, Fe⁺² ve OH/AL-OH içeren mineral gruplarının herbirisi için bu metotlar ile ortak belirlenen pikseller bulunmuş ve aynı yerleri belirleme yüzde oranları hesaplanmıştır.

3.1. Minerallerin Spektral Özellikleri

 Fe^{+3} içeren minerallerden hematit yaklaşık 0.480 ve 0.850 µm dalga boyunda absorbsiyon özelliği göstermektedir (Vincent, 1997). Diğer Fe⁺³ içeren demir hidroksit minerali götit ise yaklaşık 0.550 ve 0.900 µm dalga boyunda absorbsiyon özelliğine sahiptir (Clark, 1999). Olivin vb. Fe⁺² içeren mineraller, yaklaşık 1 µm dalga boyunda absorbsiyon özelliği gösterir (Clark, 1999; Vincent, 1997).

OH/AL-OH içeren kil mineralleri (kaolinit, illit ve montmorillonit vb.) yaklaşık 1.400 ve 2.200 µm dalga boyunda belirleyici absorbsiyon özelliği göstermektedir (Hauff, 2002; Vincent, 1997).

3.1 Landsat ile Görüntü Analizleri

Landsat görüntüleri 1970'lerin başından beri birçok jeolojik amaçlı uygulamada ve özellikle hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu amaçla bir çok çalışma yapılmıştır (Kariuki vd., 2004; Abera, 2005; Vega-Márquez vd., 2001).

Bu çalışmada Landsat uydu görüntüsü ile Fe⁺³, Fe⁺² ve OH içeren mineralleri belirlemek amacıyla bant oranlaması ve Crosta Tekniği yöntemleri uygulanarak üç mimeral grubu için her iki metot ile aynı pikselleri belirleme yüzde oranları hesaplandı.

Şekil 3'de Fe⁺³ içeren minerallere örnek olarak hematit mineralinin, Fe⁺² içeren minerallere örnek olarak olivin mineralinin ve OH içeren minerallere örnek olarak kaolinit mineralinin USGS Spektra Kütüphanesi'ndeki (USGS, 2008, <u>http://speclab.cr.usgs.gov/index.html</u>) spektraları ile Landsat görüntüsünün spektral bantları birlikte verilmiştir. Hematit, götit vb. Fe⁺³ içeren mineraller Landsat görüntülerinin 3. bantında yüksek, 1. bantında ise düşük yansıma göstermektedirler. Olivin vb. Fe⁺² içeren mineraller Landsat uydu görüntülerinin 5. bantında yüksek 4. bantında ise düşük yansıma gösterirler. Kil mineralleri gibi OH içeren mineraller ise 5. batta yüksek 7. bantta ise düşük yansıma gösterirler (Şekil 3).





Lantsat görüntüsü ile gerçekleştirilen bant oranlama ve Crosta Tekniği uygulamasında örnek olarak seçilen mineral gruplarının yukarıda açıklanan spektral özellikleri dikkate alınmıştır.

3.1.1. Bant Oranlaması

Landsat görüntüsü ile bant oranlaması uygulamasında yukarıda spektral özellikleri açıklanan üç mineral grubu için aşağıdaki bant oranlamaları bu mineralleri belirlemek için uygulanabilir. Bunlar Landsat görüntüsü ile yaygın olarak kullanılanı bant oranlamalarıdır.

- a) Fe^{+3} içeren mineraller: 3/1 bant oranlaması
- b) Fe^{+2} içeren mineraller: 5/4 bant oranlaması
- c) OH içeren mineraller: 5/7 bant oranlaması

Çalışmanın amacına yönelik olarak seçilen üç mineral grubunun açıklanan spektral özellikleri de dikkate alınarak Fe⁺³ içeren mineralleri belirlemek için 3/1 bant oranlaması (Şekil 4), Fe⁺² içeren mineralleri belirlemek için ise 5/4 bant oranlaması yapılmıştır (Şekil 5) ve OH kapsayan kil minerallerini (kaolinit, illit ve montmorillonit vb.) belirlemek için 5/7 band oranlaması uygulanmıştır (Şekil 6).

3.1.2. Crosta Tekniği

Multispektral uydu verileri ile uydu görüntüleri ile mineralleri belirlemek için yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem de Crosta tekniğidir (Loughlin 1991; Kariuki vd., 2004; Abera, 2005). Yukarıda spektral özellikleri verilen üç mineral grubunu belirlemek için ayırtedici spektral özelliklerine göre Landsat görüntüsünün belirli spektral bantları seçilerek Crosta yöntemi uygulanmıştır

 Fe^{+3} içeren mineralleri belirlemek için Landsat görüntülerinin 1,3,4 ve 5. bantları seçilmiştir. Bu bantlar kullanılarak yapılan temel bileşen dönüşümünde sonra kovaryans matriksin eigenvektörleri değerlendirildiğinde Fe^{+3} içeren minerallerin bilgisini kapsayan temel bileşenin (Pc) Pc4 bileşenidir. Pc4 bileşeninin de düşük DN değerleri hematit ve götit gibi Fe^{+3} içeren minerallerin bilgisini kapsamaktadır (Şekil 4).

 Fe^{+2} ve OH içeren mineralleri belirlemek amacıyla yapılan Crosta tekniği uygulamasında Landsat uydu görüntüsünün 1,4,5 ve 7. bantları seçilmiştir. Bu bantlar kullanılarak gerçekleştirilen temel bileşen dönüşümünde sonra kovaryans matriksin eigenvektörleri değerlendirildiğinde Fe^{+2} içeren minerallerin bilgisini kapsayan temel bileşenin (Pc) Pc2 bileşeni olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Pc2 bileşeninin düşük DN değerleri Fe^{+2} içeren mineralleri temsil edecektir (Şekil 5).



Şekil 4: Landsat (Bant 5) görüntüsü ve 3/1 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 5: Landsat (Bant 5) görüntüsü ve 5/4 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 6: Landsat (Bant 5) görüntüsü ve 5/7 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 7: Landsat 1,3,4 ve 5. bantların temel bileşenler dönüşümü sonucu elde edilen kovaryans matriksin eigenvektörleri

OH içeren mineraller (kil grubu mineraller vb.) yukarıda belirtildiği gibi Landsat görüntülerinin 5. bantında yüksek, 7. bantında ise düşük yansıma gösterdiği için bu mineralleri belirlemek amacıyla Crosta tekniği uygulamasın da 1,4,5 ve 7. bantlar seçilmiştir. Uygulanan temel bileşen dönüşümünde sonra kovaryans matriksin eigenvektörleri değerlendirildiğinde OH içeren minerallerin bilgisini kapsayan temel bileşenin (Pc) Pc4 bileşeni olduğu görülmektedir (Şekil 8). Bu bileşende parlak alanlar yani yüksek DN değerine sahip pikseller OH içeren mineralleri kapsayan alanları gösterir (Şekil 6).

Landsat uydu görüntüleri ile Fe^{+3} , Fe^{+2} ve OH içeren mineralleri belirlemek için yapılan bant oranlaması ve Crosta Tekniği ile elde edilen sonuçlardan her iki metot ile belirlenen ortak alanlar (belirlenen aynı pikseller) ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4, 5 ve 6). İstatistiksel bir değerlendirme yapabilmek için tüm elde edilen anomalilerin piksel olarak sayısal değerleri belirlenmiştir.



Şekil 8: Landsat 1,4 ,5 ve 7. bantların temel bileşenler dönüşümü sonucu elde edilen kovaryans matriksin eigenvektörleri

3.1.3. Landsat Görüntü Analiz Sonuçları

Landsat uydu görüntüleri ile Fe⁺³, Fe⁺² ve OH içeren mineralleri belirlemeye yönelik olarak uygulanan bant oranlaması ve Crosta Tekniği metotları ile elde edilen sonuçlardan bu iki metotta ortak olarak çıkan alanların (belirlenen aynı pikseller) piksel sayıları tesbit edilmiştir (Tablo 1). Bu sayısal değerler kullanılarak her iki metot ile aynı pikselleri belirleme yüzde oranları hesaplanmıştır.

 Tablo 1: Landsat görüntüsü ile elde edilen sonuçların piksel sayıları ve ortak belirlenen alanların yüzde oranları

	Bant Oranlama	Crosta Tekniği	Ortak Yerler	Yüzde Oranı (%)
Fe ⁺³ içeren mineraller	43464	42333	23764	55
Fe ⁺² içeren mineraller	33842	31956	13666	42
OH içeren mineraller	48041	43897	20935	46

Tablo 1 ve Şekil 9'de görüldüğü gibi örnek olarak seçilen üç mineral grubunu belirlemek için Landsat görüntüsü ile bant oranlaması ve Crosta Tekniği metodu uygulandığında aynı yerleri belirleme yüzde oranının yaklaşık % 50 olduğu sonucu elde edilmiştir.



Şekil 9: Landsat görüntüsü ile elde edilen sonuçların piksel sayılarının histogram grafiği

3.2. Aster ile Görüntü Analizleri

Landsat görüntüsü ile gerçekleştirilen bant oranlaması ve Crosta Tekniği ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması çalışmaları Fe⁺³, Fe⁺² ve AL-OH içeren mineral gruplarını belirlemek amacıyla Aster görüntüsü ile de yapıldı.

Aşağıdaki Şekil'de Aster görüntülerinin görünür-yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesindeki bantları ve USGS Spektra Kütüphanesi'ndeki (USGS, 2008, <u>http://speclab.cr.usgs.gov/index.html</u>) Fe⁺³ içeren minerallerden hematit (demir oksit), Fe⁺² içeren minerallerden olivin mineralinin ve AL-OH içeren kaolinit mineralinin dalga boyularına göre yansıma eğrileri görülmektedir (Şekil 10). Bu Şekil'de görüldüğü gibi hematit minerali Aster görüntülerinin 2. bantında yüksek, 1. bantında ise düşük yansıma özelliği göstermektedir. Fe⁺² içeren minerallere örnek olarak seçilen olivin minerali Aster'in 4. bantında yüksek, 3. bantında ise düşük yansıma değerine sahiptir. AL_OH içeren mineraller ise (örneğin:kaolinit) Aster görüntüsünün 4. bantında yüksek, 6. bantında ise düşük yansıma değerleri gösterir (Şekil 10).



Şekil 10: Aster görüntüsünün spektral bantları ve USGS Spektra Kütüphanesi'ndeki hematit, olivin ile kaolinit minerallerinin spektraları

Aster görüntüsü ile bant oranlaması ve Crosta Tekniği seçilen üç grup mineral için yukarıda açıklanan Aster bantlarına göre soğurulma (absorbsiyon) ve yansıma (reflektans) özellikleri dikkate alınarak uygulanmıştır.

3.2.1 Bant Oranlaması

Aster görüntüsü ile bant oranlaması uygulamasında yukarıda spektral özellikleri açıklanan üç mineral grubu için aşağıdaki bant oranlamaları bu mineralleri belirlemek için uygulanabilir. Bunlar Landsat görüntüsü ile yaygın olarak kullanılanıbant oranlamalarıdır.

- a) Fe^{+3} içeren mineraller: 2/1 bant oranlaması
- b) Fe^{+2} içeren mineraller: 4/3 bant oranlaması
- c) OH içeren mineraller: 4/6 bant oranlaması

Çalışmanın amacına yönelik olarak seçilen üç mineral grubunun açıklanan spektral özellikleri de dikkate alınarak Fe⁺³ içeren mineralleri belirlemek için 2/1 bant oranlaması (Şekil 11), Fe⁺² içeren mineralleri belirlemek için ise 4/3 bant oranlaması yapılmıştır (Şekil 12) ve AL-OH kapsayan kil minerallerini (kil mineralleri, muskovit, serizit vb.) belirlemek için 4/6 band oranlaması uygulanmıştır (Şekil 13).

3.2.2. Crosta Tekniği

Fe⁺³ içeren mineralleri Aster görüntüsü ile belirlemek amacıyla gerçekleştirilen Crosta Tekniği uygulamasında görüntünün 1,2,3 ve 4. bantları seçilmiştir. Bu bantlar kullanılarak uygulanan temel bileşen dönüşümünden sonra kovaryans matriksin eigenvektör değerleri incelendiğimde Fe⁺³ içeren minerallerin bilgisini kapsayan temel bileşenin (Pc) Pc2 bileşenidir (Şekil 14). Pc2 bileşeninin düşük DN değerleri Fe⁺³ içeren mineralleri temsil eder (Şekil 11).

 Fe^{+2} içeren mineralleri belirlemek için ise Aster görüntüsünün yine 1,2,3 ve 4. bantları seçilmiştir (Şekil 14). Elde edilen kovaryans matriksin eigenvektör incelendiğinde PC3 bileşeninde yüksek DN değerleri Fe^{+2} içeren mineral bilgisini kapsadığı görülür (Şekil 12).

Al-OH içeren mineraller yukarıda belirtildiği gibi Aster görüntüsünün 4. bantında yüksek, 6. bantında ise düşük yansıma göstermektedirler. Bu nedenle Crosta Tekniği metodu uygulanırken 2, 3, 4 ve 6. bantlar seçilmiştir. Bu bantlar kullanılarak gerçekleştirilen temel bileşen dönüşümünde sonra kovaryans matriksin eigenvektör değerleri incelendiğimde Al-OH içeren mineralleri kapsayan temel bileşenin (Pc) Pc4 bileşeni olduğu görülmektedir (Şekil 15). Bu bileşende koyu alanlar yani düşük DN değerine sahip pikseller Al-OH içeren mineralleri kapsayan alanları gösterir (Şekil 13).

Aster görüntüleri ile Fe⁺³, Fe⁺² ve Al-OH içeren mineralleri belirlemek için yapılan bant oranlaması ve Crosta tekniği analiz sonuçlarından her iki metot ile belirlenen ortak alanlar (belirlenen aynı pikseller) ortaya çıkarılmıştır (Şekil 11, 12, 13). Daha sonra seçilen üç mineral grubu için bant oranlaması, Crosta Tekniği ve belirlenen ortak alanların piksel olarak sayısal değerleri tesbit edilmiştir.



Şekil 11: Aster (Bant 3) görüntüsü ve 2/1 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 12: Aster (Bant 3) görüntüsü ve 4/3 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 13: Aster (Bant 3) görüntüsü ve 4/6 bant oranlaması, Crosta Tekniği sonucu ve her iki yöntem ile ortak belirlenen alanlar



Şekil 14: Aster görüntüsünün 1,2 ,3 ve 4. bantlarının temel bileşenler dönüşümü sonucu elde edilen kovaryans matriksin eigenvektörleri



Şekil 15: Aster görüntüsünün 2 ,3,4 ve 6. bantlarının temel bileşenler dönüşümü sonucu elde edilen kovaryans matriksin eigenvektörleri

3.2.3. Aster Görüntü Analiz Sonuçları

Aster görüntüsü ile bant oranlaması ve Crosta tekniği uygulaması analiz sonuçları ve ortak belirlenen alanların piksel olarak sayıları bulunmuştur (Tablo 2). Bu sayısal değerler kullanılarak her iki metot ile aynı pikselleri belirleme yüzde oranları hesaplanmıştır.

Tablo 2: Aster görüntüsü ile elde edilen sonuçların piksel sayıları ve ortak belirlenen alanların yüzde oranları

	Bant Oranlama	Crosta Tekniği	Ortak Yerler	Yüzde Oranı (%)
Fe ⁺³ içeren mineraller	44948	41740	16	0
Fe ⁺² içeren mineraller	35140	36333	19672	55
Al-OH içeren mineraller	44167	46018	27616	61

Tablo 2 ve Şekil 16 incelendiğinde Fe^{+2} ve Al-OH içeren mineralleri belirlemek amacıyla bant oranlaması ve Crosta metotu uygulandığı zaman yaklaşık % 50'den daha yüksek oranda aynı alanlar (aynı pikseller) belirlenmiştir. Ancak Fe^{+3} içeren mineralleri belirlemek için yapılan bant oranlaması ve Crosta metotu sonuçların aynı sonuç elde edilememiştir.



Şekil 16: Aster görüntüsü ile elde edilen sonuçların piksel sayılarının histogram grafiği

4. Sonuçlar

Fe⁺², Fe⁺³ ve OH/AL-OH içeren mineralleri belirlemek için iki farklı multispektral uydu görüntüsüne (Landsat ve Aster) uygulanan bant oranlaması ve Crosta Tekniği metotlarının sonuçları sayısal olarak değerlendirildiği zaman her iki metot ile yaklaşık % 50 oranında aynı yerler (aynı pikseller) belirlenmiştir. Aynı sonuç Fe⁺³ minerallerini belirlemek için Aster görüntüsüne uygulanan bant oranlaması ve Crosta Tekniği uygulamasında elde edilememiştir. Aster görüntüsü ile uygulanan bant oranlama ve Crosta Tekniği uygulamasında Landsat görüntüsüne göre daha yüksek yüzde oranında ortak alan (aynı piksel) belirlenmiştir. **5. Kaynaklar**

Abera, G.B., (2005), "Application of Remote sensing and Spatial Data Integration Modeling to Predictive Mapping of Apatite-Mineralized zones in the Bikilal Layered Gabbro Complex, Western Ethiopia", International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands

Abrams M, Hook S. & Ramachandran B., (2002), "ASTER user handbook", JPL Publication 2, p.135, <u>http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/</u>04_Documents/aster_user_guide_v2.pdf, (Ekim 2008).

Clark, R.N., (1999), "Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of

Spectroscopy, In Manual of Remote sensing.", John Wiley and Sons, Inc A. Rencz, Editor New York, <u>http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS.refl-mrs/refl4.html</u>, (Ekim 2008).

Cro'sta, A. P., And Moore, J. Mcm., (1989), "Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State Brazil: a prospecting case history in greenstone belt terrain", Proceedings of the 9th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, Calgary (Ann Arbor, MI: Environmental Research Institute of Michigan), (1173–1187).

DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, (2001), Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Demir Çalışma Grubu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, <u>http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik635.pdf</u>, (Ekim 2008).

Demir–Çelik Raporu, (2008), http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=111&tipi=5&sube=0, (Ekim 2008)

Erdas Field Guide, (2003), Seventh Edition, Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia, USA. (698 p.)

Hauff, P.L., (2002), "Applied Reflectance Spectroscopy", Version 4.0, Spektral International Inc.

Introduction to Remote Sensing of Environment (RSE) with TNTmips, (2008), TNTmips Reference Manual, MicroImages, Inc., Lincoln, Nebraska 68508-2010, USA. P. 32, <u>http://www.microimages.com/getstart/</u>, (Ekim 2008).

Introduction to Hyperspectral Imaging with TNTmips, (2008), TNTmips Reference Manual, MicroImages, Inc., Lincoln, Nebraska 68508-2010, USA. P. 24, <u>http://www.microimages.com/getstart/</u>, (Ekim 2008).

Kariuki, P.C., Woldai T. and Meer, F. van der, (2004), The Role of Remote Sensing in Mapping Swelling Soils, Asian Journal of Geoinformatics, Vol. 5, No. 1.

Loughlin, W., (1991), Principal component analysis for alteration mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 57, (1163–1169).

USGS, 2008, "Band Designations", <u>http://eros.usgs.gov/products/satellite/band.html</u>, (Ekim 2008).

USGS, 2008, http://speclab.cr.usgs.gov/index.html, (Ekim 2008).

Vega-Márquez, F. T., Prol-Ledesma, R. M. and Orozco, G., (2001), "Hydrothermal alteration and main structures mapping using TM images in La Primavera geothermal field (Mexico)", Geofísica Internacional, Vol. 40, Num. 3, (147-162).

Vincent, R.K., (1997), "Fundamentals of Geological and Environmental Remote

Sensing", Prentice-Hall, New Jersey, (366 p.).

Yılmazer, E., vd., (2003), "Divriği A-B Kafa Cevherleşmeleri: Alterasyon zonlanması ve zonlanma süreçleri", Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 46, Sayı 1

Yılmaz, H. ve Yılmaz, A., (2004), "Divriği (Sivas) Yöresinin Jeolojisi ve Yapısal Evrimi", Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 47, Sayı 1.