

ALAKEÇİ-KISACIK (BAYRAMIÇ-BALIKESİR) CEVHERLEŞME BÖLGESİNİN LANDSAT 7 ETM+ KULLANILARAK CROSTA TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

Doğan AYDAL*, Alaaddin VURAL, İpek USLU(TAŞDELEN) ve Emine Gökçe AYDAL

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler, ANKARA
aydal@eng.ankara.edu.tr

ÖZET: Çalışma bölgesi, Landsat 7 ETM verileri kullanılarak çeşitli uzaktan algılama teknikleri ile incelenmiştir. Crosta tekniği, görüntü zenginleştirme tekniklerinin önemlilerinden biridir ve özellikle demirce zengin ve hidrotermal alterasyon zonları gösteren madenlerde, cevherleşme alanlarını belirlemede son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Çalışma alanında, hidrotermal alterasyona uğramış ve demiroksit'ce zenginleşmiş bölgeler (Alakeçi-Kısacık) özellikle seçilmiş ve Crosta tekniği, seçilmiş 6 band ve 4 band kullanılarak ayrı ayrı denetlenmiştir. Çalışma sonunda, elde edilen verileri göz önüne alındığında, klasik metodlar kullanılarak daha önce belirlenmiş cevherleşme bölgelerinin, kullanılan Crosta tekniği ile de başarı ile belirlendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bigadiç, Crosta, Landsat, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi

Crosta Technique Application On Bayramic (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area By Using Landsat 7 Etm+ Data

ABSTRACT: The study area investigated by using Landsat ETM data and various image enhancement techniques was applied. Crosta technique is one of the important image enhancement techniques and commonly used in determining hydrothermal areas and as well as ironoxide enriched areas. In this study, especially hydrothermally and ironoxide enriched areas(Alakeçi-Kısacık) were chosen intentionally and Crosta technique was applied and checked by using selected 6 ETM bands and 4 ETM band sets separately. At the end of the study, the determined hydrothermally and ironoxide enriched areas were seen well-adjusted the pre-determined mineralized areas which were found by using all classical geological and geochemical techniques.

Key Words: Bigadiç, Crosta, Landsat, Remote Sensing, Geographic Information System

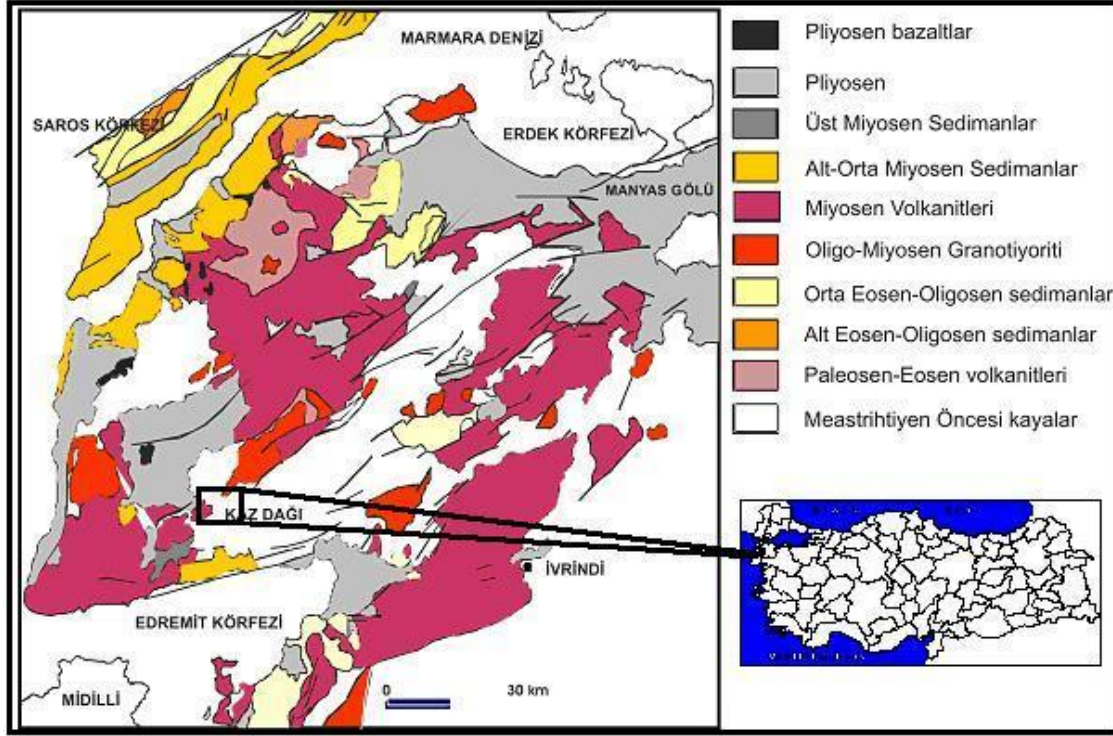
GİRİŞ

Çalışma alanı Balıkesir-Bayramiç ilçesinin güney-güneybatısına (4386000-4400500 N-457000-469000 E) düşmektedir. Çalışma alanının da içinde bulunduğu Biga yarımadasındaki birimler, genel olarak Tersiyer öncesi ve Tersiyer sonrası birlik ve/veya birimler olarak ele alınmakta ve Tersiyer öncesi birimler KD-GB yönünde uzanan üç tektonik zona ayrılmaktadır (Okay ve diğ., 1990, 2004). Bunlar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru; Ezine Zonu, Ayvacık-Karabiga Zonu ve Sakarya Zonu'dur (Şekil 1).

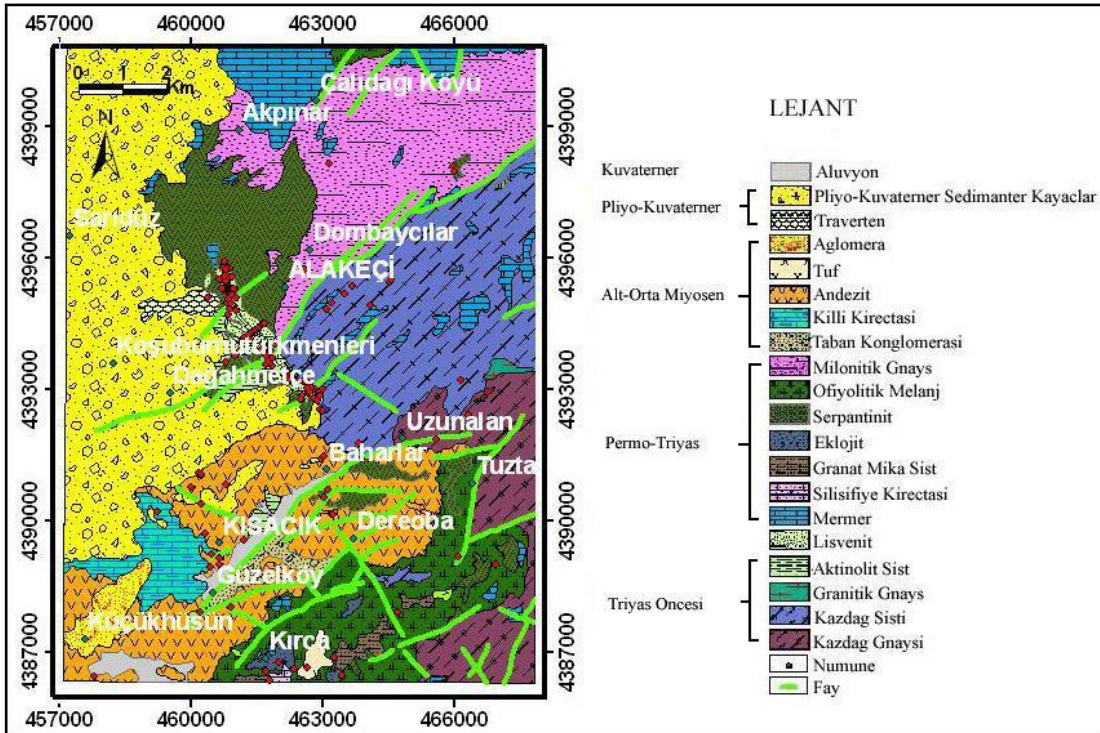
Bölgede, Tersiyer ve Tersiyer sonrası birimler Orta Eosen neritik kireçtaşları ve

bunları uyumlu olarak örten andezit ve andezitik tüf arakatlı Üst Eosen türbiditleri ile başlar. Daha sonra, Oligo-Miyosen kalkalkalin magmatizma bölgede etkili olmuştur (Ercan, 1979; Siyaku ve diğ., 1989, Okay ve diğ., 1990).

Çalışma sahası genel olarak kuzey ve güney olmak üzere iki bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Bu çalışmada, güney kısımda yapılan çalışmaları anlatacağız. Bu bölgede Sakarya zonu Kazdağ grubu gnaysları, amfibolitleri ve migmatitleri; Ayvacık-Karabiga zonu Çetmi ofiyolitik melanji ve Alakeçi milonit zonu bulunmakta, bu birimler ise volkanik kayalar tarafından örtülmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Biga ve Gelibolu Yarımadasının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Siyaku ve diğ., 1989) üzerinde çalışılan alanın konumu.



Şekil 2. Bayramiç(Alakeçi-Kısacık) ve çevresi basitleştirilmiş jeolojik haritası.

Landsat verileri son 20-30 yıldır, arid ve semiarid (kuru-yarıkkuru) iklimlerin hakim olduğu bölgelerde, maden yataklarının hidrotermal alterasyona uğramış zonlarında bulunabilen demiroksit ve hidroksil köklerine sahip minerallerin yerlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Abrams ve diğ., 1983; Kaufman, 1988; Tangestani ve Moore, 2001).

Maden yataklarının veya mineral zenginleşmelerinin içinde bulunduğu yan kayaçlar, hidrotermal akışkanın yan kayaçla reaksiyonları sonucu oluşan, kayacın kimyasını değiştiren ve cevherin ve hidrotermal minerallerin yerleşimine sebep olan son ürünleri mutlaka gösterirler (Rutz-Armenta ve Prol-Ledesma, 1998).

Bütün porfiri tip yataklar iyi gelişmiş zonlu bir durum gösterirler ve bu zonlar ana oksitler ve iz element konsantrasyon farklılığı ile de çok rahat tanımlanabilirler. Bu elemental kompozisyon, altere zonların mineralojik kompozisyonlarındaki değişiklik olarak karşımıza çıkar. Yüzey şartlarında gelişen ikincil alterasyonlar, alterasyona uğrayan kayaçlarda karakteristik kestane kırmızısı, ve/veya sarımsı renklerin önemli ölçüde oluşmasına yol açar. Bu alterasyon mineralleri uzaktan algılama ile kolaylıkla tanımlanabilir.

Temel bileşen analizleri (Principal Component analysis-PCA) metalojenik arazilerin alterasyon haritalarının yapımında genellikle kullanılmaktadır (Abrams, ve diğ., 1983; Kaufman, 1988; Loughlin, 1991; Bennett, ve diğ., 1993; Tangestani ve Moore, 2001; Ranjbar, 2002).

Crosta tekniği de, özellik yönlendirilmiş (feature oriented) temel bileşen analizlerinden birisidir. Eigenvektör değerlerinin analizleri, belli minerallerin tayfsal bilgilerini içeren ve ilgilenilen maddelerin tayfsal karşılığı (spectral response) ile bağlantılı olan orijinal bantların katkısını içeren temel bileşenlerin tanımlanmasını sağlar. Bu teknik, eigenvektör yüklemelerinin (+) veya (-) işaretli olmasına bağlı olarak temel bileşenlerde parlak veya koyu renkli pikseller olarak temsil edileceklerine işaret eder. Teknik, seçilmiş 4 ve 6 TM bandı üzerinde uygulanabilir. (Crosta ve Moore, 1989; Rutz-Armenta ve Prol-Ledesma, 1998).

GENEL JEOLJİ

Biga Yarımadası'ndaki jeolojik amaçlı çalışmalar çok eskilere dayanmakla beraber ilk ciddi çalışmalar 1950'li yıllarda başlamıştır. Türkiye'nin 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası yapılması amacı ile ilk bölgesel çalışmalar Aygen (1956), Kaaden (1959) ve Kalafatçioğlu (1963) tarafından yürütülmüştür. Daha sonra Gümüş (1964) ve Aslaner (1965) detaylı araştırmalar yapmıştır. Bunun dışında da farklı hedefli birçok çalışma yapılmıştır.

Okay ve diğ. (1990), yaptıkları çalışmada, Biga Yarımadası'nda üç tektonik zon ayırtlamışlardır.

Ayrıca sahada bunların dışında da birçok güncel çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların büyük çoğunluğu Karakaya kompleksi, Paleotetis ve Neotetis konusunda yoğunlaşmış çalışmalardır (Ustaömer ve diğ., 1997; Meriç ve Ersoy, 2000; Beccalotto ve Jenny, 2004; Okay ve Göncüoğlu, 2004; Okay ve Altner, 2004).

Çalışma sahasının temelinde Sakarya Zonuna ait Kazdağ grubu metamorfik kayaçlarının en yaygın litolojisi gnayslardır. Altta granitik gnays olarak izlenen gnayslar, üstte amfibolitler ile geçişlidir. Amfibolitlerin gnayslar ile belirgin bir dokanağı olmayıp, yer yer ara seviyeler halinde gnayslar içinde görülür.

Gnayslar ve amfibolitler içerisinde mercerler ve kalın bantlar halinde mermerlere de rastlanmaktadır.

Ofiyolitik melanj çalışma alanının güney kesiminde Ahmetçe, Kısacıkaltı (Güzelköy) Köyleri ve güney çalışma alanının kuzey kesiminde Çakıköy civarında yüzlek vermektedir. Birim, Kazdağ grubu üzerine tektonik dokanakla gelir. Bu ofiyolitik melanj birimi, spilitleşmiş bazik volkanik ve piroklastik kayaçlar, yastık lavlar ve değişik yaş ve boyutlarda kireçtaşı blokları, şeyl ve grovaplardan oluşur. Bu litolojiler dışında az miktarda radyolaryalı çört, serpantin, granatlı mikaşist ve eklojit dilimleri içerir. Bayramiç, Dombaycılar Köyü ve çevrelerinde serpantin ve diyabaz kütleleri şeklinde görülür.

Alakeçi köyü yakınlarında Kazdağ grubu kayaçlar ile ofiyolitik melanj arasında gelişmiş

yaklaşık 2 km genişliğinde milonitik bir zon gelişmiştir. Alakeçi milonitik zonu olarak adlandırılmış olan (Okay ve diğ., 1990) bu zon, başlıca milonitik gnays ve metaserpantinit olarak, iki litolojiden oluşur.

Milonitik zon içinde bulunan ultramafik kayalarda alterasyon gelişmiş olup, ultramafik kayaların kırık ve çatlaklarında, bazen de kayaların üzerinde lisvenitleşmeler gelişmiş olup, dilimler şeklinde görülmektedir. Lisvenitlerde silisleşmelerin yanı sıra yer yer karbonatlaşmalara, fuksit kromit ve manyetit minerallerine rastlanmaktadır. Çalışma sahasının güney kesiminde Tersiyer öncesi temel birimler Oligosen-Alt Miyosen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalarla örtülür.

Volkanik kayalar, Kısacıkaltı-Güzelköy civarında başlar ve Kısacık Köyü, Baharlar Köyü, Küçükhusün Köyü ve Dağahmetçe Köyü arasında bir alanda yüzlek verir.

Güney kesimindeki volkanik kayalar. Başlıca, andezit, latit, riyolit, bazaltik andezit, ignimbirit, bazaltik traki andezit lavları ve piroklastik kayalardan meydana gelir. Bu kayalar aynı zamanda gölsel sedimanter kayalarla yanal geçişlidir. Bu sahadaki volkanik kayalar yer yer uyumsuz olarak Kazdağ metamorfik grubu üzerine gelir. Volkaniklerin yaşı içlerinde bulunan sedimanter kayalardan elde edilmiş fosillere göre Erken-Orta Miyosendir (Siyaku, 1989). Bu kayaların devam ettiği daha güney kesimlerde, özellikle Ayvacık yakın çevresindeki volkanik kayalar üzerinde çalışma yapan Borsi ve diğ. (1972) ve Ercan ve diğ., (1995) yaptıkları çalışmalarda, K/Ar metodu ile birimin yaşının $21.9 \pm 4 - 15.3 \pm 0.3$ milyon yıl olarak bulmuşlardır. Bayramiç ve Etili arasında yeralan sahadaki volkanik kayalar en altta andezit ve latit lavlarla ve piroklastik kayalarla başlar, orta kesime doğru andezit ve dasit lavlar ardalanır. Daha üst seviyelere doğru bazaltik trakiandezitler ve bazaltik andezitler volkanizmada baskındır. Volkanik eksenden uzaklaştıkça volkanik kayaların yerini dereceli olarak sedimanter kayalar alır.

Bölgede maden jeoloji amaçlı da birçok çalışma bulunmaktadır. Kaaden (1959), Edremit-Yenice dolaylarında jeoloji ve maden yatakları incelemeleri yapmış, bölgede metamorf sedimanter demir, kontak metasomatik kurşun,

çinko, bakır, demirli skarnlar, granodiyoritler içerisinde pnömotalitik-pegmatitik molibden, intrüzif kayalarda kurşun-çinko, post volkanik faaliyetlere bağlı volkano-termal demir yatakların varlığından söz etmiş, Çakıroba kuzeyindeki zengin şelit-kovellit mineralinin ve Avcılarda kurşun-çinkolu numunede Türkiye'de ilk defa altait (PbTe) mineralinin görüldüğünü belirtmiştir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, (181-32) hat-sıra numaralı ve 25.07.2000 tarihli Landsat 7 ETM+ verisi kullanılmıştır. Bulutsuz olan görüntü, 1:25 000 ölçekli topografik haritada kontrol noktaları kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiştir. İşlemlerin daha hızlı yapılmasını sağlamak için, Alakeçi-Kısacık (Bayramiç-Balıkesir) bölgesi Landsat 7 ETM+ görüntüsünden küçük bir görüntü olarak (yaklaşık 256 km²) kesilmiştir. Bu küçültülmüş Landsat ETM+görüntüsünün bandları üzerinde, Crosta tekniğinin uygulanmasının yanı sıra, dekorelasyon germesi, filtreleme, band oranlama, ekleme, toplama, çıkarma gibi matematiksel işlemler gibi bir çok görüntü iyileştirme teknikleri uygulanmıştır.

Bu çalışmayı yapan yazarların ve konuyla ilgili çalışan bir çok yazarın (Crosta ve Moore, 1989; Loughlin, 1991; Tangestani ve Moore, 2000; Ranjbar ve diğ., 2002 ve 2004) önceki çalışmaları, bu çalışma için seçilen bandların belirlenmesini sağlamıştır

Toprak ve kayaların, Landsat 7 ETM+ bandlarından band 7(2.08 -2.35 μm)'de yüksek oranda absorblandığı, band 5 (1.55 - 1.75 μm)'de ise yüksek reflektans-parlaklık gösterdiği genel olarak bilinmektedir. Diğer yandan, bu bandların oranının (7/5) kullanılışı ile elde edilen görüntüde, toprak ve kayaç görüntüleri belirginleşmektedir. Benzer şekilde, (7/1) band oranı hidroksil alterasyonunu, (5/7) oranı kil ve (3/2) oranı demiroksit alterasyonunu belirlemek için tercih edilmektedir (Sabins, 1997 ve 1999; Drury, 2001). Bu bilgilerin ışığı altında, Landsat 7 ETM+ bandlarından 1, 3, 5 ve 7. bandların jeolojik çalışmalar için rahatlıkla kullanılabileceği sonucunu çıkarabiliriz. Crosta tekniği uygulamaları esnasında bu bandların kullanılma sebebi de muhtemelen aynı

gereğe dayanmaktadır. RGB 731, RGB 754, RGB 753 and RGB 531 kombinasyonlarının jeolojik amaçlı çalışmalarda çok faydalı olduğu bilinmektedir. Özellikle kesik Landsat görüntüsünden elde edilen RGB 531 kompozitinin çalışılan arazideki kayaların sınırlarını ve dokularını belirlemek açısından en iyi görüntüyü verdiği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan Landsat 7 ETM+ bandlarına (1,2,3,4,5 ve 7) ait genel istatistik ve

korelasyon matrisi değerleri tablo 1 ve 2 de gösterilirken, temel bileşen analizleri kovaryans eigenvektör değerleri tablo 3 de gösterilmiştir. Elde edilen PC1’de 6 band için de bütün değerler pozitif (+) tir (Tablo. 1,2 ve 3). PC1, genellikle görüntünün büyük bir kısmındaki parlaklık ve albedo bilgisini içerir ve büyük ölçekli arazi özelliklerini iyi gösterir. Band 4, PC3’te en yüksek değere sahip olduğundan burada bitkiler parlak piksellerle görülür.

Tablo 1. Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) bölgesi Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için genel istatistik değerleri

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
Minimum	65.000	42.000	32.000	45.000	26.000	6.000
Maximum	196.000	196.000	255.000	152.000	255.000	217.000
Mean	87.418	75.356	81.377	74.106	99.768	63.315
Median	83.934	69.672	69.457	71.750	92.195	56.277
Std. Dev.	13.366	18.478	33.917	13.322	39.597	29.542
Std. Dev. (n-1)	13.367	18.478	33.917	13.322	39.598	29.542
Corr. Eigenval.	5.541	0.280	0.134	0.026	0.012	0.007
Cov. Eigenval.	4091.819	112.333	61.388	12.343	7.952	2.798

Tablo 2. Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) bölgesi, Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için Korelasyon Matrisi değerleri

Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6
Band1	1.000	0.982	0.974	0.800	0.926	0.930
Band2	0.982	1.000	0.990	0.841	0.934	0.931
Band3	0.974	0.990	1.000	0.831	0.941	0.935
Band4	0.800	0.841	0.831	1.000	0.837	0.767
Band5	0.926	0.934	0.941	0.837	1.000	0.981
Band7	0.930	0.931	0.935	0.767	0.981	1.000

Tablo 3. Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 6 band için Principal Component Analiz değerleri

Kov. Eigenvektörleri	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Band1	0.202	-0.212	-0.147	0.291	-0.735	-0.518
Band2	0.282	-0.347	-0.068	0.255	-0.278	0.808
Band3	0.519	-0.615	-0.197	-0.348	0.378	-0.222
Band4	0.176	-0.188	0.851	0.397	0.183	-0.133
Band5	0.612	0.498	0.274	-0.471	-0.273	0.079
Band7	0.453	0.415	-0.367	0.592	0.364	-0.073

Tablo 4. Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 4 band (1,4,5 ve 7)için Principal Component Analiz değerleri

Kov. Eigenvektorleri	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.476	-0.566	-0.624	0.252
Band4	0.406	-0.521	0.603	-0.447
Band5	0.651	0.425	0.328	0.537
Band7	0.430	0.476	-0.374	-0.669

Tablo 5. Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 4 band (1,3,4 ve5) için Principal Component Analiz değerleri.

Kov. Eigenvektorleri	PC1	PC2	PC3	PC4
Band1	0.455	-0.595	-0.172	-0.640
Band3	0.510	0.387	-0.741	0.202
Band4	0.388	-0.538	0.184	0.725
Band5	0.618	0.455	0.622	-0.151

Çalışmada dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi, doğru PC'nin seçilebilmesidir. Hidroksil görüntüsü elde edilirken band 5 ve 7'nin ; demiroksit görüntüsü elde edilirken band 1 ve 3'ün en yüksek, fakat ters işaretli yüklemelerinin bulunduğu PC'nin seçilmiş olmasıdır (Crosta, ve More, 1989; Loughlin, 1991; Tangestani ve Moore, 2000).

Bu altı bantlı çalışmada, band 5 ve band 7 en yüksek, ve ters işaretli eigenvektör yüklemeleri PC4'dedir. Band 5 negatif (-0.471) ve band 7 pozitif olarak (0.592) maksimum değere sahip olduğundan, bu temel bileşen ile hidroksil mineralleri (H bileşeni) vurgulanır ve görüntüde hidroksil mineralleri koyu pikseller olarak görülürler. Hidroksil köklü minerallerin açık renkli olarak gösterilmesi arzu edildiğinde PC4'ün negatifinin alınması mümkündür (Tangestani ve Moore, 2000) (Şekil 3 ve 4).

Aynı şekilde, band 1 ve band 3'deki en yüksek ve ters işaretli eigenvektör yüklemeleri PC5'tedir. Band 1 negatif (-0.735) ve band 3 pozitif olarak (0.378) maksimum değere sahip olduğundan, bu temel bileşen ile demiroksit (F bileşeni) vurgulanır ve elde edilen görüntüde demiroksit içeren mineraller açık pikseller olarak görülürler. Hunt ve diğ.,(1978)'e göre demiroksit parlak pikseller olarak haritalanmalıdır (Şekil 5 ve 6).

Hidroksil ve demiroksit için PC4 ve PC5 belirlendikten sonra bu imajların kullanılmasıyla ortalama bir PC daha elde edilir. Son olarak da elde edilen bu görüntülerin oluşturduğu bir $R(PC4) G(PC5) B(PC4 \text{ ve } PC5)$ 'den elde edilen ortalama PC) görüntüsü-imajı elde edilir. Sonuç olarak elde edilen görüntüde şiddetli hidrotermal alterasyona uğrayan alanlar parlak pikseller olarak görünürler (Aydal ve diğ., 2006; (Şekil 7 ve 8).

Aynı teknik, Landsat 7 ETM+ 'a ait 4 bandlık 2 veri seti oluşturularak da yapılabilir. Bunun için ilk olarak (1, 4, 5 ve 7) TM bandlarını içeren (veri seti 1) ve ikincisi için (1,3,4 ve 5) TM bandlarını (veri seti 2) içeren iki ayrı sanal set "Virtual Dataset" oluşturulur. Her bir sanal set "Virtual Dataset" için istatistikleri ve kovaryans eigenvektör "Covariance Eigenvektor" değerleri belirlenir ve incelenir (Tablo 4 ve 5).

Bölgeye ait gerilmemiş Landsat 7 ETM+ (1,4,5 ve 7) bandlarındaki PC transformasyon değerleri tablo 4'e görülmektedir. Band 2 ve band 3 demiroksiti bastırmak için özellikle kullanılmamıştır. Band 5 (0.537)' de en yüksek pozitif eigenvektör yüklemesinin ve band 7 (-0.669)'de en yüksek negatif yüklemenin olduğu PC'nin PC4 olduğu görülür. Bu PC "Hidroksil"i

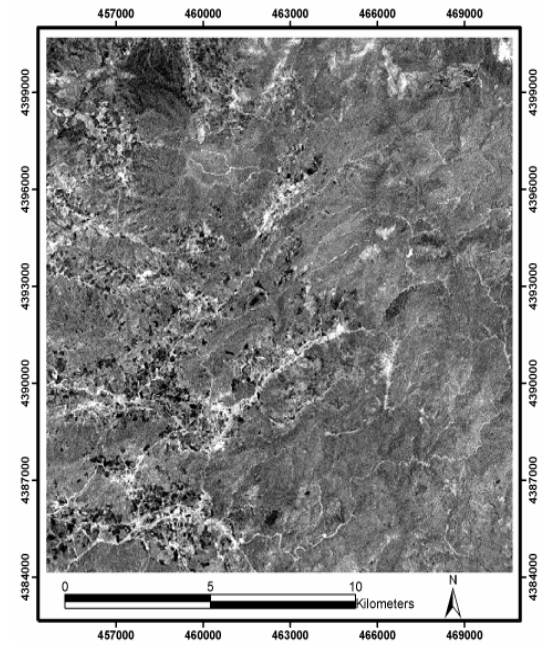
gösteren bileşendir (**H bileşeni**) ve açık pikseller olarak görülür (Şekil 9 ve 10).

Bölgeye ait gerilmemiş Landsat 7 ETM+ (1,3,4 ve 5) bandlarındaki PC transformasyon değerleri tablo 5'e görülmektedir. Band 3 (0.387)'de en yüksek pozitif eigenvektör yüklemesinin ve band 1 (-0.595)'de en yüksek negatif yüklemenin olduğu PC'nin PC2 olduğu görülür. Bu PC "demiroksit"i gösteren bileşendir (**F bileşeni**) (Şekil 11 ve 12).

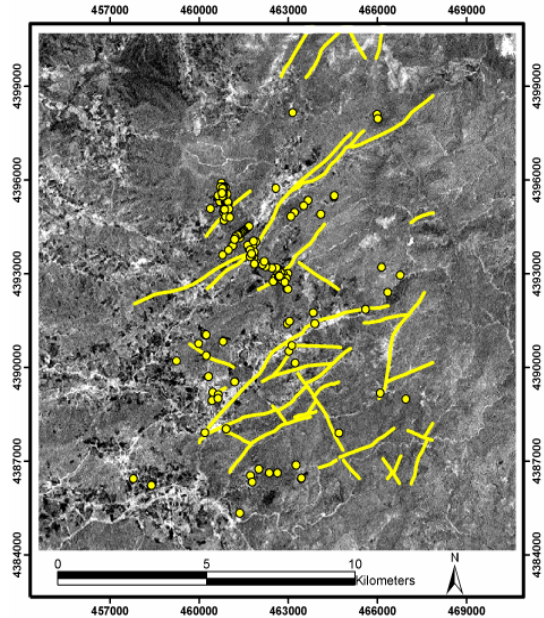
F ve H bileşeninden oluşan iki bandlı yeni bir "Virtual Dataset-PC" oluşturulur ve istatistiği hesaplanır. Bu verisetinin de PC'si elde edilir ve son olarak da, bu değerlerin yerleştirilmesiyle elde edilen bir RGB algoritması oluşturulur. Ancak, bu algoritmayı oluştururken dikkat edilmesi gereken husus, hidroksil görüntüsünü elde ettiğimiz PC4'ün R'ye, PC4 ve PC2 veri setleri ile oluşan PC bileşeninin G'ye ve nihayet demiroksit'belirlediğimiz PC2'nin B'ye yerleştirilmesiyle bir sahte-gerçek olmayan(false colour image)görüntü elde edilir (Şekil 13 ve 14).

Elde edilen görüntülerin üzerine sayısallaştırılmış tektonik hatlar oturtularak, görüntü ve tektonizma ilişkileri karşılıklı olarak kontrol edilmiştir (Şekil 4,6,8,10,12 ve 14).

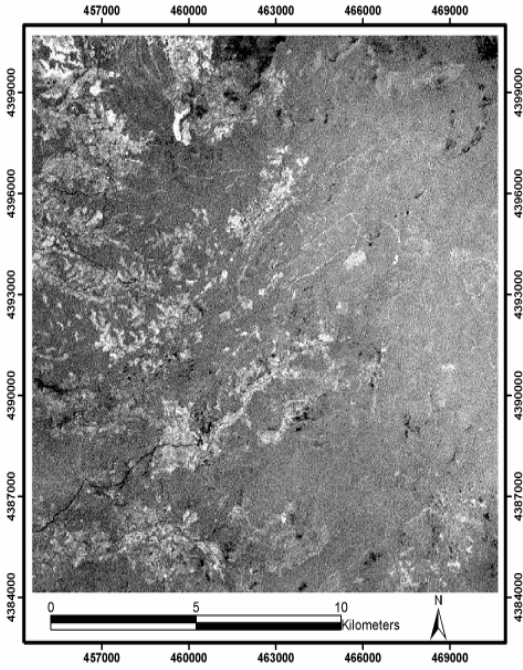
Ayrıca, bölgede jeokimyasal çalışmalar için toplanan 193 numunedan elde edilen değerlerden TIN (Triangulated Irregular Network - Üçgenlenmiş düzensiz ağlar) oluşturulmuştur. Çalışma alanında toplanan numunelerdeki bakır değeri (3-762 ppm) ve çinko değerleri (5-830 ppm), arasında değişmektedir. Bu değerlerden oluşturulan TIN'lerin, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında, tektonizma ve Crosta tekniği ile elde edilen alterasyon-muhtemel bakır-çinko cevherleşme-zenginleşme alanları ile örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Şekil 15 ve 16'dan da görüleceği üzere, bakır ve çinko için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında oluşturulan TIN'ler ile, tektonik hatlar ve Crosta tekniği ile belirlenen alterasyon alanları örtüşmüşlerdir.



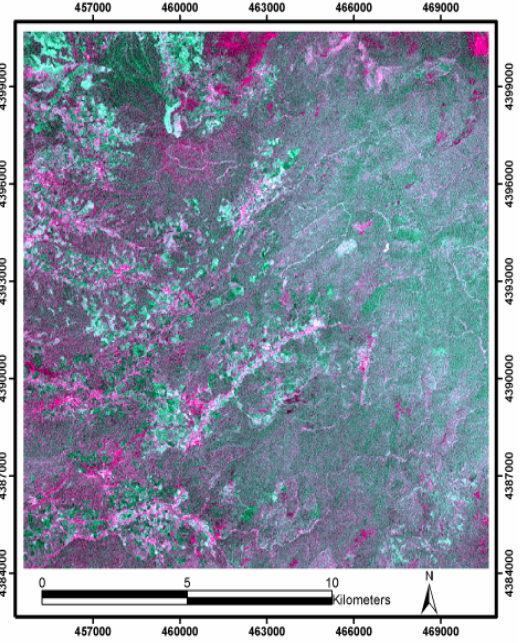
Şekil 3. Çalışma alanının Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için PC4 (Hidroksil) görüntüsü. Koyu pikseller hidroksilce zengin bölgeleri ifade etmektedir.



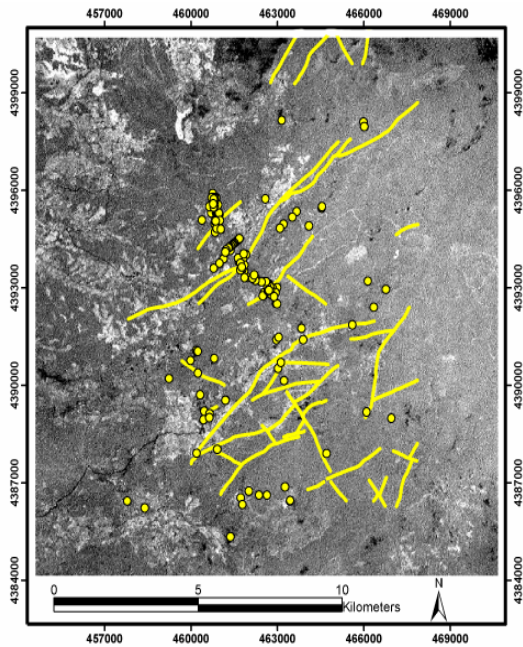
Şekil 4. Çalışma alanının Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için PC4 (Hidroksil) görüntüsü ile bölgeden alınan jeokimyasal numunelerin yerleri ve tektonik hatların birlikte sunumu



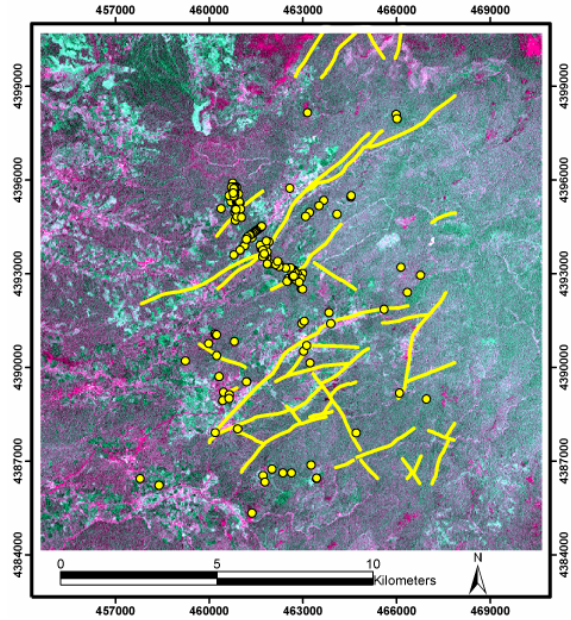
Şekil 5. Çalışma alanının Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için PC5 (Demiroksit) görüntüsü. Açık pikseller demiroksitce zengin bölgelere işaret etmektedir.



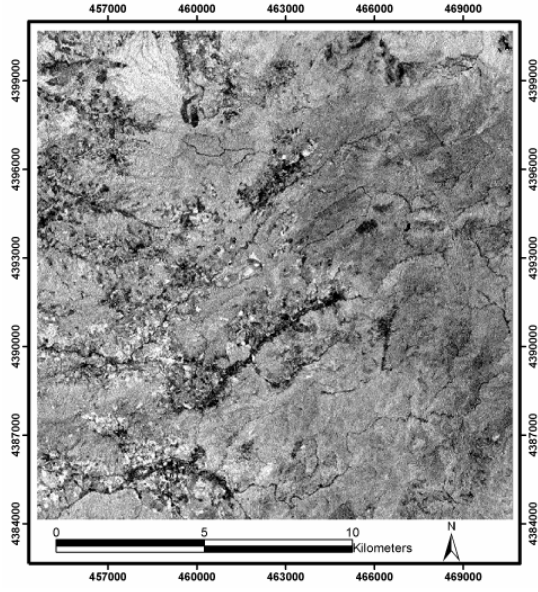
Şekil 7. Çalışma alanındaki Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için oluşturulan, R(PC4), G(PC5), B(PC4 ve PC5 ortalaması) kompoziti



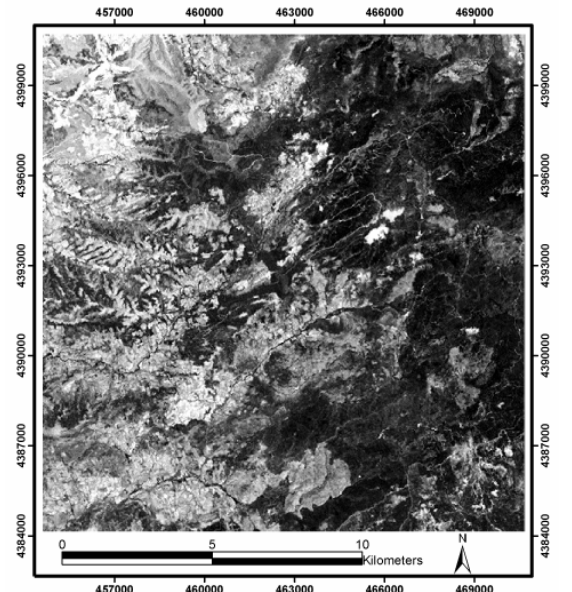
Şekil 6. Çalışma alanının Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için PC5 (Demiroksit) görüntüsü ile bölgeden jeokimyasal analiz amaçlı alınan numune yerleri ve tektonik hatların birlikte sunumu.



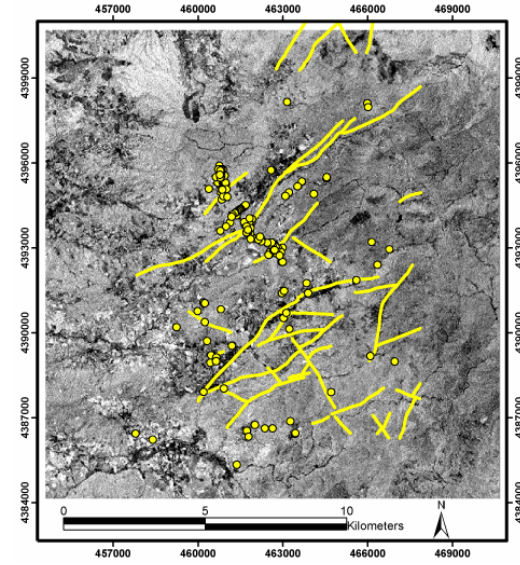
Şekil 8. Çalışma alanındaki Tektonik hatların ve jeokimyasal amaçlı alınan numune yerlerinin, Crosta tekniği ile, Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için oluşturulan, R(PC4),G(PC5), B(PC4 ve PC5 ortalaması) kompoziti ile elde edilen görüntü üzerindeki konumları.



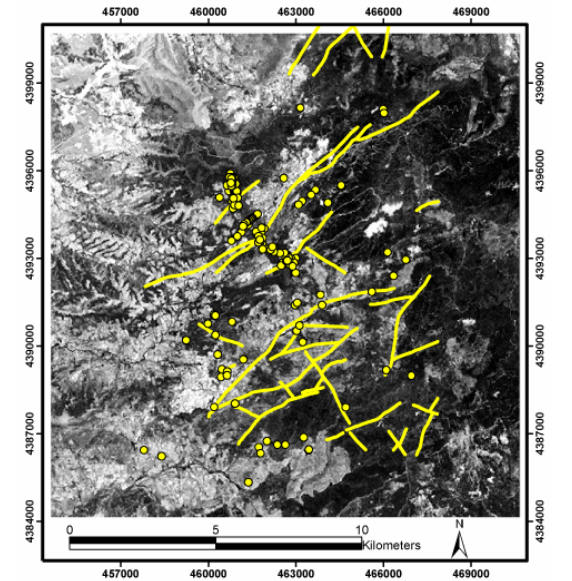
Şekil 9. Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört band için (1,4,5 ve 7) uygulanması ile elde edilen hidroksil (PC4) görüntüsü



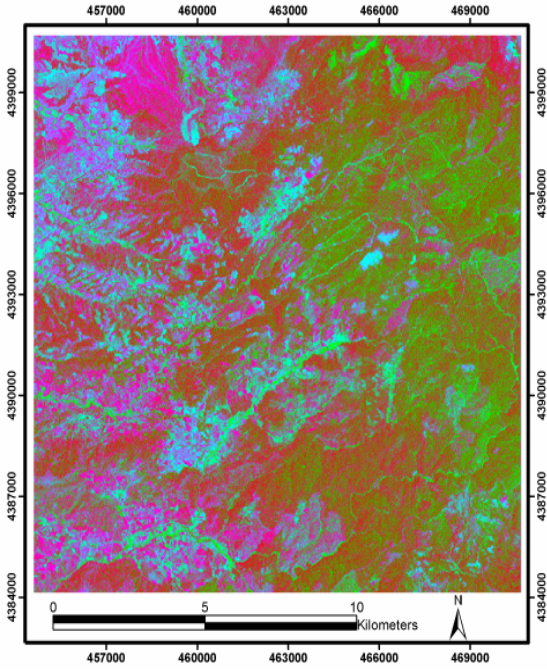
Şekil 11. Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört bandı için (1,3,4 ve 5) uygulanması ile elde edilen demiroksit (PC2) görüntüsü



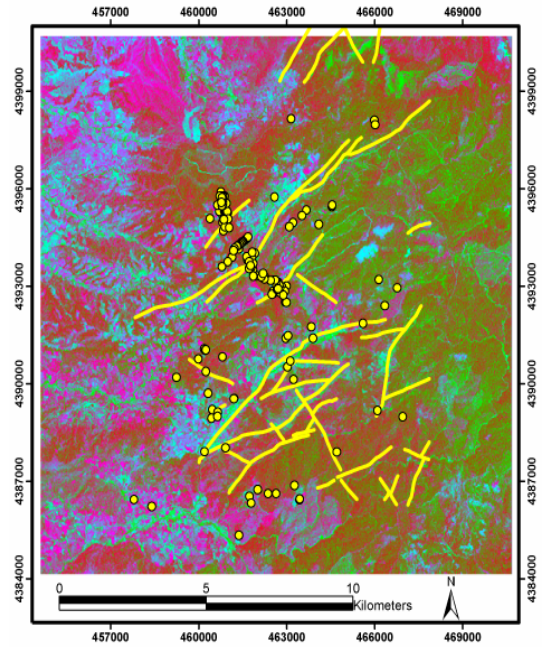
Şekil 10. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört band için (1,4,5 ve 7) uygulanması ile elde edilen hidroksil (PC4) görüntüsü üzerindeki konumları.



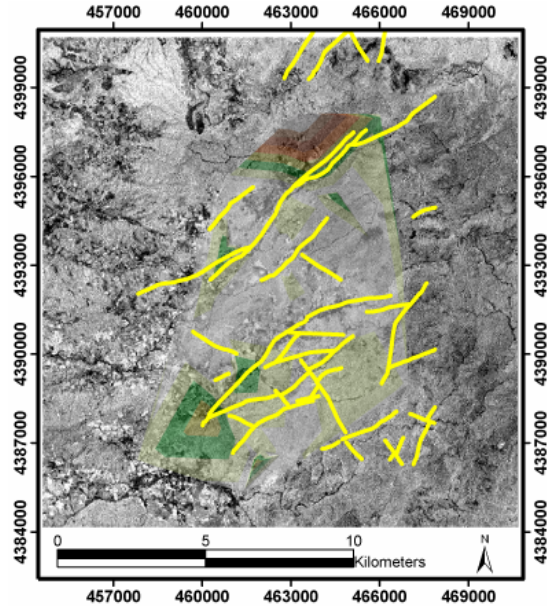
Şekil 12. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört bandı için (1,3,4 ve 5) uygulanması ile elde edilen demiroksit (PC2) görüntüsü üzerindeki konumları.



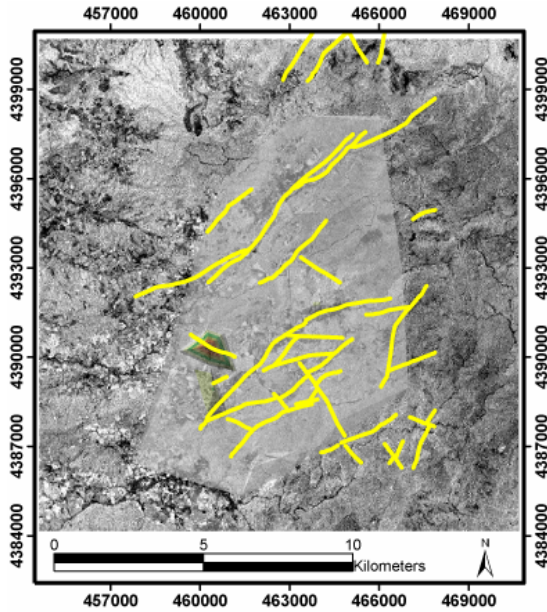
Şekil 13. Crosta tekniğinin, Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört band için uygulanması ile elde edilen R(PC4),G(PC4 ve PC2'den oluşturulan PC),B(PC2) kompoziti ile elde edilen görüntü



Şekil 14. Çalışma alanındaki Tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniğinin, Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört band için uygulanması ile elde edilen R(PC4),G(PC4 ve PC2'den oluşturulan PC),B(PC2) kompoziti ile elde edilen görüntü üzerindeki konumları.



Şekil 15. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi, dört band için (1,4,5 ve 7) uygulanması ile elde edilen hidroksil (PC4) görüntüsü üzerinde, numunelerden elde edilen Bakır değerleri ile oluşturulan TIN görüntüsünün konumu.



Şekil 16. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniğinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi, dört band için (1,4,5 ve 7) uygulanması ile elde edilen hidroksil (PC4) görüntüsü üzerinde, numunelerden elde edilen Çinko değerleri ile oluşturulan TIN görüntüsünün konumu.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Maden aramaları esnasında, uydu verilerinin kullanılışı ve Crosta tekniğinin uygulanmasının, hidrotermal olarak alterasyona uğrayan kayaç ve bölgelerin belirlenmesinde oldukça faydalı olduğu görülmüştür. Çalışmalar esnasında, hidroksil ve demiroksit içeren minerallerin bulunduğu alanların ön plana çıkartılarak bulunmasında, Temmuz 2000 tarihli Landsat 7 ETM+ 'ın altı ve dört bandı kullanılmıştır.

Temel bileşen analizleri altı band (1, 2, 3, 4, 5 ve 7) ve iki set olarak dört bandlı (1, 3, 4 ve 5; 1, 4, 5 ve 7) olarak gerçekleştirilmiş ve demiroksit ve hidroksil zenginleşmelerini bulmak için ilgili Temel bileşenler seçilmişlerdir.

Çalışma alanından toplanan ve jeokimyasal analizlere tabi tutulan numunelerden elde edilen değerlerden CBS ortamında TIN'ler elde edilmiş ve bu alanların Tektonik hatlar ve Crosta tekniği kullanılarak elde edilen alterasyon alanları ile örtüştüğü görülmüştür. Çalışmanın özünden uzaklaşmamak için numunelerdeki kimyasal değerleri ile ilgili tablolar ve TIN oluşturulma işlemleri bu makale içinde detaylı olarak sunulmamıştır. Ayrıca, çalışmalar esnasında yapılan, Crosta tekniği dışındaki çeşitli zenginleştirme metodları, filtreleme ve band oranlama uygulamaları bu çalışmadaki özü kaybetmemek için sunulmamıştır. Bu çalışmalar bir başka makalede değerlendirilecektir.

REFERANSLAR

- Abrams, M. J., Brown, D., Lopley, L. and Sadowski, R., 1983, Remote sensing for porphyry copper deposits in Southern Arizona. *Economic Geology*, 78, 591-604.
- ASLANER, M., 1965, Etude geologique et petrographique de la region d'Edremit-Havran (Turquie). M.T.A. Publ., 119.
- Aydal, D., Arda, E. ve Dumanlılar, Ö., 2006, Applications of Crosta Techniques on alteration products of the granitoidic rocks. Using Landsat ETM+ 7: A case study in eastern Taurite belt, SE Turkey; *International Journal of Remote Sensing*, accepted for publication.
- Aygen, T., 1956, Balya bölgesi jeolojisinin incelenmesi, MTA Enstitüsü Yayım. 11, 1-95.
- Beccaleto and Jenny, 2004, Geology and Correlation of the Ezine Zone: a Rhodope Fragment in NW Turkey ? Accepted for publication in the *Turkish Journal of Earth Sciences*.
- Bennet, S. A., Atkinson, W.W. and Kruse, F. A., 1993, Use of Thematic Mapper imagery to identify mineralization in the Santa Teresa district, Sonora, Mexico. *International Geology Review*, 35, 1009-1029.
- Crosta, A. 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. In: *Proceedings of the 7th ERIM Thematic Conference: Remote sensing for exploration geology*, 1173-1187.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalanndaki Senozoyik volkanizması, *Jeoloji Mühendisliği*, 10, 117-137.
- Drury, S.A., 2001, *Image Interpretation in Geology*, Blackwell Science Inc. (USA), Nelson Thornes (UK), 3th edition, 304.
- Gümüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey: Symposium on Mining Geology and the Base Metals, CENTO, Ankara, 155-168.
- Hunt, G. R., ve Salisbury, J. W., ve Lenhoff, G. J., 1978, Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: III Oxides and hydroxides, *Modern Geology* 2, 195-205.
- Kaaden, G., 1959, Age relations of magmatic aktivüy and metamorphic processes in the northwestern part of Anatolia, Turkey, MTA Enstitüsü Bülteni 52, 15-33.
- Kalafatçıoğlu, A., 1963, Geology around Ezine and Bozcaada and the age of the limestones and serpentines, MTA Enstitüsü Bülteni 60, 61-70.

- Kaufman, H., 1988, Mineral exploration along the Agaba-Levant structure by use of TM-data concepts, processing and results. *International Journal of Remote Sensing* 9, 1630-1658.
- Loughlin, W. P., 1991, Principal Component Analysis for alteration mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57, 1163-1169.
- Meriç, E., Ersoy, Ş. ve Görmüş, M., 2000. Loftusia (foraminifer) türlerinin Maastrichtiyen (Geç Kretase) Tetis Okyanusu'ndaki paleocoğrafik yayılımı üzerine yeni görüşler, Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Dergisi 22, 79-93.
- Okay, A.I. ve Altınar, D., 2004, Uppermost Triassic limestone in the Karakaya Complex – stratigraphic and tectonic significance. *Turkish Journal of Earth Sciences* 13, 187-199.
- Okay, A.I. ve Göncüoğlu, M.C., 2004, Karakaya Complex: a review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Okay, A.I., Siyako, M. ve Bürkan, K.A., 1990, Biga yanmadastnın jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPAG Bull.* 2(1), 83-121.
- Ranjbar, H., Honarmand, M. ve Moezifar, Z., 2002, Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data, : A case study of Meiduk and SAR Cheshmeh areas, Kerman, Iran, *Exploration and Mining Geology* 11, 43-48.
- Ranjbar, H., Honarmand, M. ve Moezifar, Z., 2004, Application of the Crosta tecnique for porphyry copper alteration mapping, using TM+ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt, *Journal of Asian Earth Sciences*, 24, 237-243.
- Rutz-Armenta, J. R. ve Prol-Ledesma, R. M., 1998, Techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal alteration minerals in Thematic Mapper images of Central Mexico, *International Journal of Remote Sensing* 19, 1981-2000.
- Sabins, F. F., 1999, Remote Sensing for Mineral Exploration, *Ore Geology Reviews* 14, 157-183.
- Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.1., 1989, Biga ve Gelibolu Yarımadaı'ının Tersiyer Jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, *Türk. Petr. Jeolog. Dern. Bült.* 1/3, 183-200.
- Tangestani, M. H. ve Moore, F., 2000, Iron oxide and hydroxyl enhancement using the Crosta Method: a case study from the Zagros Belt, Fars province, Iran, *Communication, JAG* 2, 140-146.
- Tangestani, M.H. ve Moore, F., 2001, Comparison of three principal component analysis techniques to porphyry copper alteration mapping. A case study, Meiduk area, Kerman, Iran. *Canadian Journal of Remote Sensing* 27, 176-182.
- Ustaömer, P.A. ve Kipman, E., 1997, Remnant of a pre-Early Ordovician Cadomian active margin in W Pontides, N Turkey: EUG 9 Meeting, Abstract, France, 382.