Kuşçayır-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin Landsat 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi

Doğan AYDAL[1], Alaaddin VURAL[2], İpek USLU(TAŞDELEN)[1] ve Emine Gökçe AYDAL[3]

[1]Ankara Üniversitesi, Mühendislik FakültesiJeoloji Mühendisliği Bölümü 06100 Beşevler, Ankara – Turkiye

[2]MTA Genel Müdürlüğü, Müze Müdürü Eskişehir Yolu Ankara

[3]Computer Science Deparment, YO 10 5DD , YORK-ENGLAND. aydal@cs.york.ac.uk

e-mail: aydal@eng.ankara.edu.tr

Faks: 00 90 312 215 0487

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 [1]alterasyona uğramış ve demiroksit'ce zenginleşmiş bölgeler (Kuşçayır-Kartaldağı) 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-Key Words: *Bigadiç, Crosta, Landsat, UA-CBS(RS_GIS)*

Crosta technique application on Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) mineralized area by using Landsat 7 ETM+ data

Abstract

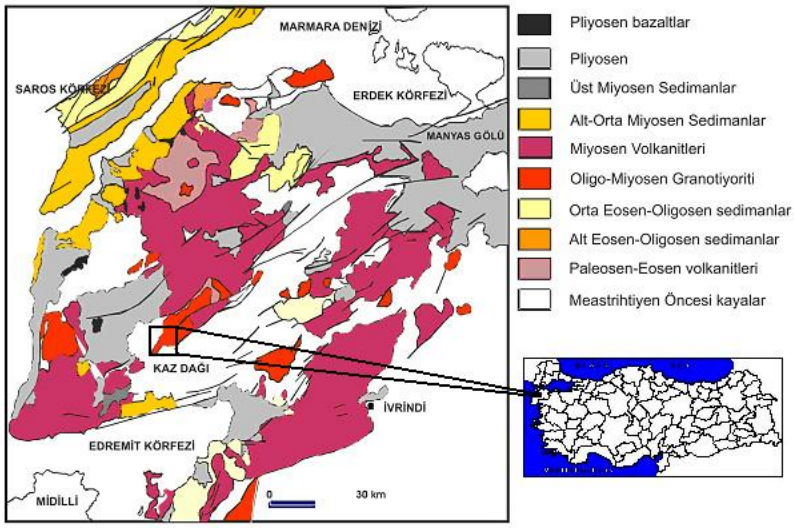
The study area investigated by using Landsat ETM data and various image inhancement techniques were applied. Crosta technique is one of the important image inhancement techniques and commonly used in determining hydrothermal areas and as well as ironoxide enriched areas. In this study, especially hydrothermally and ironoxide enriched areas(Kuşçayır-Kartaldağı) were chosen intentionally and Crosta technique was applied and checked by using selected 6 ETM

Doğan Aydal, e-mail: aydal@eng.ankara.edu.tr Faks: 00 90 312 215 0487

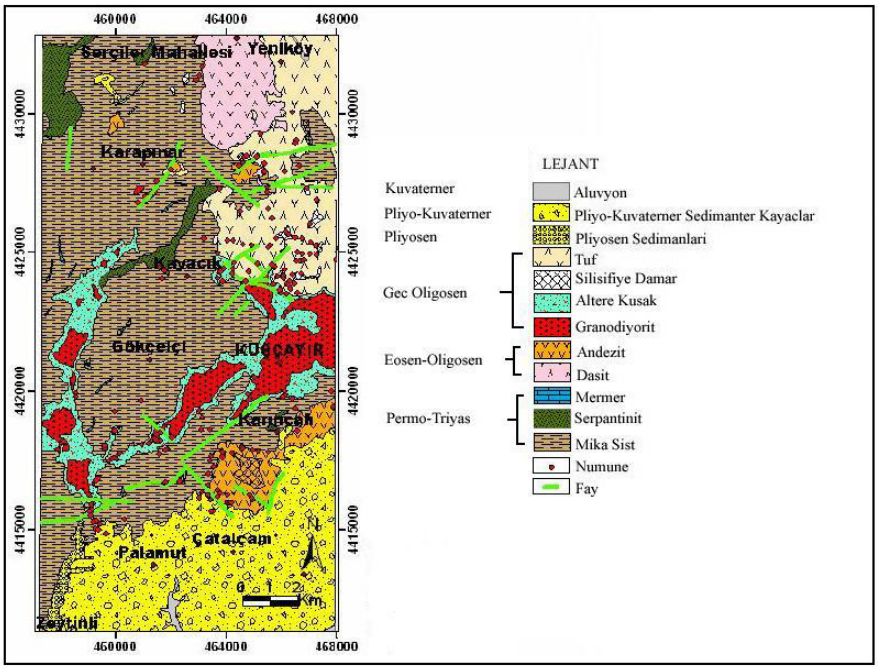
bands and 4 ETM band sets separately. At the and of the study, the determined hydrothermally and ironoxide enriched areas were seen well-adjusted the pre-determined mineralized areas which were found by using all classical geological and geochemical techniques.

Giriş

Çalışma alanı Çanakkale-Bayramiç ilçesinin kuzey-kuzeybatısına düşmektedir (Şekil 1). 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 diğerleri 1990, 2004). Bunlar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru; Ezine Zonu, Ayvacık-Karabiga Zonu ve Sakarya Zonu'dur.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 2. Çalışma alanının genel jeolojisi

Çalışma sahasında, Ezine Zonuna ait mika şistler ve Denizgören ofiyolit dilimi yeralmaktadır. Mika şistler Çamlıca Köyü-Kuşçayır Köyleri ile güneyinde Kalabak Köyü-Karaaydın Köyü çevrelerinde geniş bir yayılım sunar. Bu kayaçlar çeşitli şistlerden oluşmuş metamorfizma derecesi daha düşük birimlerdir (Şekil 2).

Landsat verileri son 20-30 yıldır, arid ve semiarid (kuru-yarıkuru) iklimlerin hakim olduğu bölgelerde, maden yataklarının hidrotermal alterasyona uğramış zonlarında bulunabilen demiroksit ve hidroksil köklerine sahip minerallerin yerlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Abrams et al., 1983; Kaufman, 1988; Tangestani and 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 and 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 alterayon mineralleri uzaktan algılama ile kolaylıkla tanımlanabilir.
Temel bileşen analizleri (Principal Component analysis-PCA) metalojenik arazilerin alterasyon haritalarının yapımında genellikle kullanılmaktadır(Abrams, et al., 1983; Kaufman, 1988; Loughlin, 1991; Bennett, et al., 1993; Tangestani and 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 and Moore,1989; Rutz-Armentaand Prol-Ledesma, 1998).

Genel jeoloji

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 Kalafatçıoğlu (1963) tarafından yürütülmüştür. Daha sonra Gümüş (1964) ve Aslaner (1965) detaylı araştırmalar yapmıştır.Okay ve diğ. (1990), yaptıkları çalışmalarda, 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); Beccaletto ve Jenny (2004); Okay ve Göncüoğlu (2004); Okay ve Altıner (2004).

Çalışma alanında, Ezine zonuna ait mikaşistler ve ultramafik kayaçlar bulunmakta ve bu birimler plütonik kayaçlar tarafından kesilmekte ve volkanik kayaçlar tarafından örtülmektedir.
Mika şistler mikalı amfibollü şistler, aktinolit-tremolit şistler, serizit-klorit şistler, talk şistler, grafit-serisit şistler, kuvarsitler, kalkşistlerden meydana gelmektedir. Mika şistler içinde mermer bantlarına, serpantinit ve metabazit bloklarına da rastlanmaktadır.

Bu metamorfik kayaçlar İ 17 a1 paftasının batısında, Mağara T., Çam T., paftanın orta kesimlerinde Dalharmanı sırtlarının olduğu kesimlerde ve Kuşçayır Köyü ve çevresinin olduğu kesimlerde granodiyoritler tarafından kesilmektedir. Bu granodiyoritler daha çok KD-GB istikametinde bir uzun eksene sahip olup, metamorfik kayaçlar ile aralarında 150 metre ile 200 metre arasında kalınlığa kadar ulaşan altere zonlar gelişmiştir. Mikaşistler bu büyük granodiyoritik kayaçların yanısıra çalışma sahasının değişik kesimlerinde, daha küçük boyutlarda, granodiyoritin apofizleri tarafından da kesilmektedir.
Çalışma sahasındaki magmatik kayaçlar plütonik, volkanik ve bu kayaçların piroklastiklerinden meydana gelir. Plütonik kayaçlar; Kuşçayırı köyü, Mağara T., Çam T., mevkilerinde genel olarak granodiyoritik karakterdeki kayaçlardan meydana gelir ve kuzey kesimlerde,Terziler köyü Kartaldağ, MeydanT., Yumrudağı, Kuşalıca T., mevkilerinde görülür.
Çalışma alanında çok sayıda granitoyitik kayaç yüzleği vardır. Bu kayaçlara ait yüzlekler çalışma alanın birçok kesiminde, yer yer küçük kafalar şeklinde, bazen daha büyük kütleler halinde rastlanmaktadır ve Kuşçayır köyü civarında, Yukarıpalamut köyü, Çamtepe, Mağara T., civarında geniş alanları kaplayacak şekilde yüzeylemektedirler.
Plütonik kayaçlar, granodiyorit, diyorit porfir, monzodiyorit karakterindedir. Kayaçta, makroskobik olarak, bazı kesimlerde eşit büyüklükte, taneli kuvars ve feldispatlardan oluşan ana matriks içinde, 3 cm kadar uzunlukta hornblend kristalleri görülmektedir. Bazı kesimlerde, daha ince taneli mikro granodiyorit şeklinde izlenmektedir. Kayaç kalkalkalin granodiyoritiktir. Plütonik kayaç, mikaşist ve kuvarsitleri kesmekte, Kuşçayırı Köyü DKD'sunda daha çok andezitik karakterli olan yer yer alünitleşmiş volkanik kayaçlar tarafından örtülmektedir. Çalışma sahasında, plütonik kayaçların volkanik eşleniklerine ve plütonik kayaçların yakın zamanlı ve sonrasında oluşmuş volkanik kayaçlara rastlanmaktadır. Sahadaki plüton sokulumu ve sonrasındaki volkanizma dikkate aldığında, sahadaki magmatizmanın yaşı Oligosen-Alt Orta Miyosen'dir (Siyako 1989, Ercan ve diğ., 1995). Sahadaki volkanizma Biga Yarımadası'nın genç volkanik aktivitesinin erken ürünlerini temsil eder. Çalışma alanınındaki volkanikler ise Bayramiç'in hemen kuzeyinde başlar, Kuşaklı Tepe, Yumrudağı, Terziler Köyü, Serçiler Mahallesi, Kartaldağı civarında yüzeyler.

Çalışma sahasında taze kayaçlara nadir rastlanır. Kayaçlar, genelde yoğun bir alterasyona uğramış olup, killeşmeler, kloritleşmeler, yer yer serizitleşmeler ve kaolinleşmeler şeklinde görülmektedir.
Çalışma sahası kuzeyinde bulunan volkanik kayaçlar, Bayramiç kuzey, kuzeydoğusunda Kuşaklıca Tepe ve Kartaldağı civarında mostra verir. Bu kayaçlar başlıca andezit, dasit, dasit porfir ve piroklastik kayaç topluğundan meydana gelir. Volkanik kayaçlar bu kesimde de yoğun bir alterasyona uğramışlardır. Alterasyona bağlı olarak yoğun hematit sıvaları ve serizitleşmeler, yer yer alünitleşmeler meydana gelişmtir. Bu alterasyona bağlı olarak volkanik kayaçlar mor ve laminalı silttaşları, altere kumtaşı, kiltaşı, çamurtaşı, gölsel fasiyese ait şeyllerle temsil edilen sedimanter kayaçlarla yanal geçişlidir. Bu kayaçlar KD-GB doğrultusudaki fay kontrollü havzada depolanmışlardır. Yer yer Kuşçayır Köyü civarında yüzeyleyen granodiyoritik kayaçları örterler. Bu volkanik kayaçlar üzerinde, Ercan ve diğ., (1995) K/Ar metodu ile 31.1±0.7 ile 27.6±0.6 milyon yıllık yaşlar vermiştir. MTA-Japon ortak projesi kapsamında özellikle Kartaldağı ve yakın kesimdeki altere olmuş, volkanik kayaçlardaki alünitleşmelerden yapılan K/Ar metoduyla yaş analizlerinde ise bu kayaçlardan 36.3±1.0 milyon yıllık yaşlar elde edilmiştir.
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 kayaçlarda kurşun-çinko, post volkanik faaliyetlere bağlı volkano-termal demir yatakların varlığından söz etmiş, Çakıroba kuzeyindeki zengin şelit-kovellit mineralinin ve Avcılarda kurşun-çinko'lu 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, Kuşçayırı-Kartaldağ (Bayramiç-Çanakkale) bölgesi Landsat 7 ETM+ görüntüsünden küçük bir görüntü olarak (yaklaşık 400 $km^{2)}$ kesilmiştir. Bu küçültülmüş Landsat ETM+görüntüsünün bandları üzerinde, Crosta tekniğinin uygulanmasının yanı sıra, dekorelasyon germesi, filitreleme, 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 and Moore, 1989; Loughlin, 1991; Tangestani and Moore, 2000; Ranjbar et al., 2002 and 2004) önceki çalışmaları, bu çalışma için seçilen bandların belirlenmesini sağlamıştır. Toprak ve kayaçların, 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 gerekçeye 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 kayaçların sınırlarını ve dokularını belirlemek açısından en iyi görüntüyü verdiği görülmüştür.

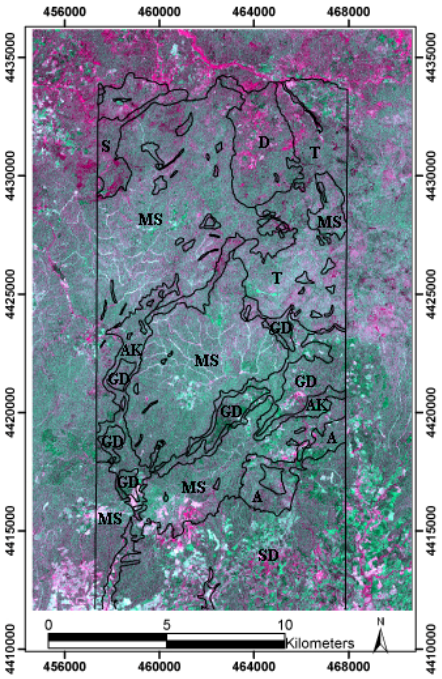
Çalışmada kullanılan Landsat 7 ETM+ bandlarına (1,2,3,4,5 ve 7) ait temel bileşen analizleri kovaryans eigenvektör değerleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Elde edilen PC1'de 6 band için de bütün değerler pozitif (+) tir (Tablo. 1). PC1, genellikle görüntünün büyük bir kısmındaki parlaklık ve albedo bilgisini içerir ve büyük ölçekli arazi özelliklerini iyi gösterir. Band 4, PC3'te en yüksek değere sahip olduğundan burada bitkiler parlak piksellerle görülür. 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, and More, 1989; Loughlin, 1991; Tangestani and Moore, 2000).

Tablo 1. ***:*** *Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 6 band için Principal Component Analiz değerleri.*

Kov. Eigenvektorleri	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Band1	0.187	-0.226	-0.183	0.210	-0.758	-0.512
Band2	0.269	-0.360	-0.104	0.179	-0.302	0.815
Band3	0.522	-0.586	-0.241	-0.261	0.450	-0.237
Band4	0.168	-0.261	0.865	0.370	0.086	-0.109
Band5	0.619	0.463	0.273	-0.519	-0.237	0.062
Band6	0.458	0.441	-0.275	0.671	0.262	-0.042

Bu altı bantlı çalışmada, band 5 ve band 7' en yüksek , ve ters işaretli eigenvektör yüklemeleri PC4' dedir. Band 5 negatif (-0.519) ve band 7 pozitif olarak (0.671) 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 and Moore, 2000) Yayım esnasındaki yer darlığı sebebiyle bu şekiller ve benzer şekilde takip eden demiroksit şekilleride makaleye konulmamıştır.

Aynı şekilde, band 1 ve band 3'deki en yüksek ve ters işaretli eigenvektör yüklemeleri PC5'tedir. Band 1 negatif (-0.758) ve band 3 pozitif olarak (0.450) maksimum değere sahip olduğundan, bu temel bileşen ile demiroksit (F bileşeni) vurgulanır ve elde edilen görüntüde demiroksit içeren mineraller açık pikseller olarak görülürler. 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 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 et al, 2006) (Şekil 3) .



Şekil 3.Llitolojik sınırların Crosta tekniği kullanarak Landsat 7 ETM+ uydu verisi altı band için oluşturulan,
***R**(PC4),**G**(PC5),**B**(PC4 ve PC5 ortalaması) kompoziti ile elde edilen görüntünün üzerindeki konumları.*

D: Dasit; T: Tüf; MS: Mika Şist; GD: Granodiyorit; A: Andezit; AK: Altere Kuşak; S: Serpantinit; SD: Sedimanter Kayaçlar

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 Eigenvector" değerleri belirlenir ve incelenir(Tablo 2 ve 3).

Tablo 2. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 4 band (1,4,5 ve 7)için Principal Component Analiz değerleri.

Kov. Eigenvektorleri	PC1	PC2	PC3	PC4
1	0.483	-0.558	-0.654	0.166
4	0.408	-0.519	0.646	-0.383
5	0.651	0.421	0.267	0.573
7	0.420	0.492	-0.289	-0.705

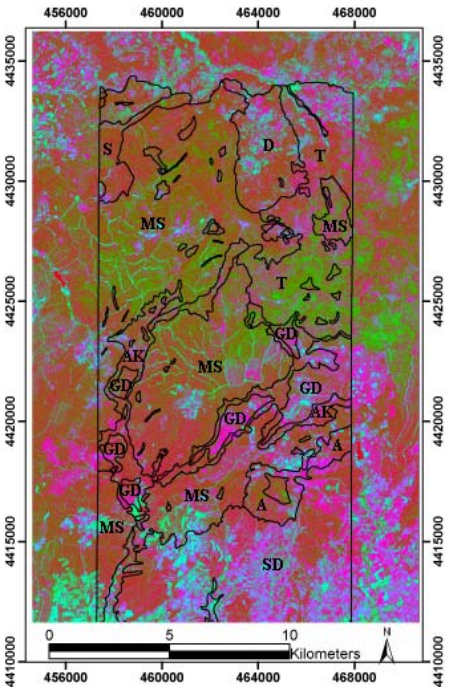
Tablo 3. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) bölgesinin Landsat 7 ETM+ uydu verisi 4 band (1,3,4 ve 5)için Principal Component Analiz değerleri.

Kov. Eigenvektorleri	PC1	PC2	PC3	PC4
1	0.463	-0.587	-0.266	-0.609
3	0.497	0.406	-0.708	0.295
4	0.391	-0.536	0.259	0.702
5	0.621	0.451	0.601	-0.224

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 (0.573)' de en yüksek pozitif eigenvektör yüklemesinin ve band 7 (-0.705)'de en yüksek negatif yüklemenin olduğu PC'nin PC4 olduğu görülür. Bu PC "Hidroksil"i gösteren bileşendir **(H bileşeni)** ve açık pikseller olarak görülür.

Bölgeye ait gerilmemiş Landsat 7 ETM+ (1,3,4 ve 5) bandlarındaki PC transformasyon değerleri tablo 5'e görülmektedir. Band 3 (0.406)' de en yüksek pozitif eigenvektör yüklemesinin ve band 1 (-0.587)'de en yüksek negatif yüklemenin olduğu PC'nin PC2 olduğu görülür. Bu PC "demiroksit"i gösteren bileşendir **(F bileşeni)**.

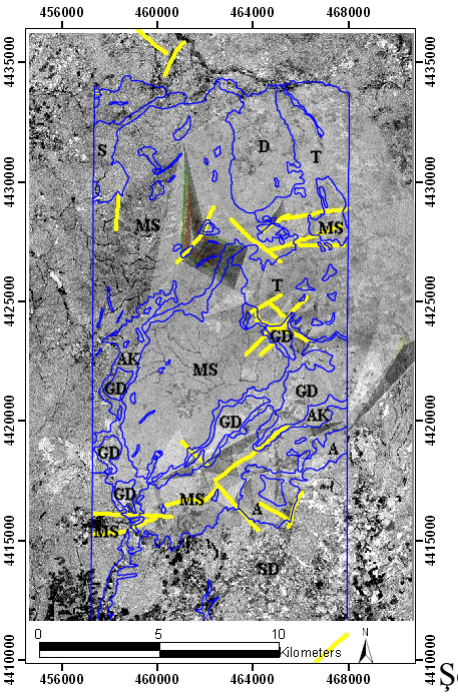
F ve H bileşeninden oluşan iki bandlı yeni bir "Virtual Dataset-PC" oluşturulur ve istatistiği hesaplanır. Bu verisetinin de PC'si elde edilir ve son olarak da, bu değerlerin yerleştirilmesiyle elde edilen bir RGB algoritması oluşturulur. Ancak, bu algoritmayı oluştururken dikkat edilmesi gereken husus, 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.



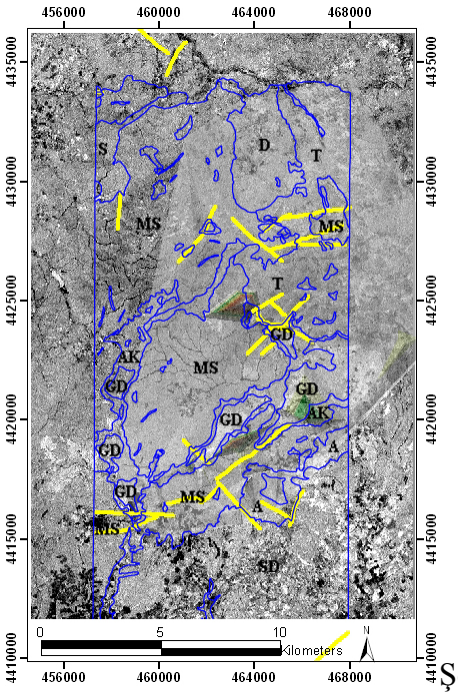
*Şekil 4. Litolojik sınırların Crosta tekniği kullanarak, Landsat 7 ETM+ uydu verisi dört band için uygulanması ile elde edilen **R**(PC4),**G**(PC4 ve PC2'den oluşturulan PC),**B**(PC2) kompoziti ile elde edilen görüntü üzerindeki konumları.*

D: Dasit; T: Tüf; MS: Mika Şist; GD: Granodiyorit; A: Andezit; AK: Altere Kuşak; S: Serpantinit; SD: Sedimanter Kayaçlar

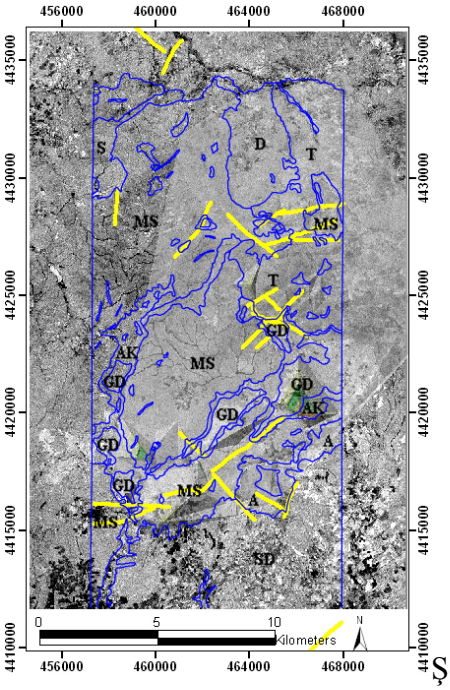
Elde edilen görüntülerin üzerine sayısallaştırılmış tektonik hatlar oturtularak, görüntü ve tektonizma ilişkileri karşılıklı olarak kontrol edilmiştir. Ayrıca, bölgede jeokimyasal çalışmalar için toplanan 237 numuneden elde edilen değerlerden TIN(Triangulated Irregular Network-Üçgenlenmiş düzensiz ağlar) oluşturulmuştur(Şekil 5,6,7 ve 8). Çalışma alanında toplanan numunelerdeki bakır değeri (5-4500 ppm), çinko değerleri (5-1180 ppm), kurşun değerleri (10- 5800 ppm) ve arsenik değerleri (5-1000 ppm) arasında değişmektedir. Bu değerlerden oluşturulan TIN'lerin, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında, tektonizma ve Crosta tekniği ile elde edilen alterasyon-muhtemel bakır-çinko-kurşun-arsenik cevherleşme-zenginleşme alanları ile örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Şekil 5,6,7 ve 8'den de görüleceği üzere, bakır, çinko, kurşun ve arsenik için Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) ortamında oluşturulan TIN'ler ile, tektonik hatlar ve Crosta tekniği ile belirlenen alterasyon alanları örtüşmüşlerdir.



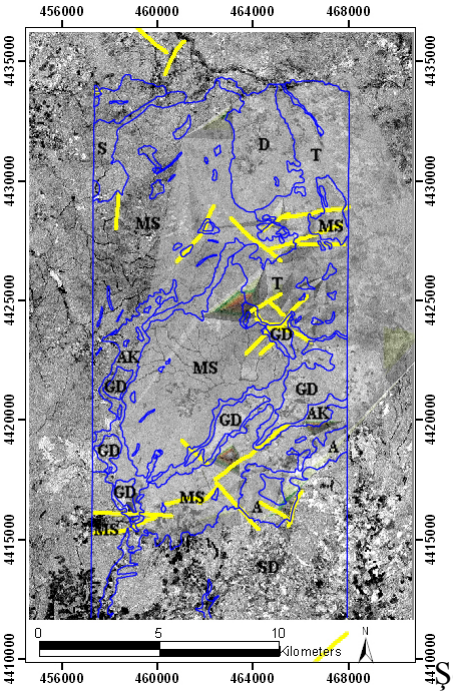
Şekil5



Şekil6



Şekil7



Şekil8

Şekil 5. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniği kullarak 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(D: Dasit; T: Tüf; MS: Mika Şist; GD: Granodiyorit; A: Andezit; AK: Altere Kuşak; S: Serpantinit; SD: Sedimanter Kayaçlar).

Şekil 6. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniği kullanarak 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.

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

Şekil 8. Çalışma alanındaki tektonik hatların ve numune yerlerinin, Crosta tekniği kullarak Landsat 7 ETM+ uydu verisi, dört band için (1,4,5 ve 7) uygulanması ile elde edilen hidroksil (PC4)görüntüsü üzerinde, numunelerden elde edilen As değerleri ile oluşturulan TIN görüntüsünün konumu.

Tartışma 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+'nın 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.Özellikle, Kocataş Tepe, Çamseki tepe Güneyi(Kuşaklıca Tepe), Sivri Tepe Güneyi, Maden Çukuru T., Maden Dağı, Kuşçayırı, Yumrudağı, Sarıtaşı Tepe, Karapınar, Kartaldağı, Gökçekaya Tepe de, mikaşistler ve/veya granodiyoritler içindeki kuvars damarlarında metalik zenginleşmelerin olduğu ve bu bölgelerin Crosta tekniği ve TIN'ler ile belirlenen alanlar 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 çesitli zenginleştirme metodları, filitreleme ve band oranlama uygulamaları, bu çalışmadaki özü kaybetmemek için sunulmamıştır. Bu çalışmalar bir başka makalede değerlendirilecektir.

Kaynaklar

Abrams, M. J. and Brown, D. and Lepley, 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.,* no. **119**, Ankara.

Aydal, D., Arda, E. and Dumanlılar, Ö., (2006). Applications of Crosta Techniques for alteration mapping of granitoidic rocks. Using ETM+ data: Case study from Eastern Taurite belt, SE Turkey; *International Journal of Remote Sensing, accepted for publication.*

Aygen, T., (1956). Balya bölgesi jeolojisinin incelenmesi, *MTA enstitüsü Yayım*. D 11, 1-95.

Beccaletto 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. and Atkinson, W.W. and Kruse, F. A., (1993). Use of Thematic Mapper imagery to identify mineralization in the Santa Teresa district, Sonara, 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 Minais 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. and Salisbury, J. W. and 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 activüy 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. & Görmüş, M., (2000). *Loftusia (*foraminifer) türlerinin Maastrihtiyen (Geç Kretase) Tetis Okyanusu'ndaki paleocoğrafik yayılımı üzerine yeni görüşler, Hacettepe Üniv. *Yerbilimleri Dergisi*, **22**, 79-93, Ankara.

Okay, A.I. & Altıner, D., (2004). Uppermost Triassic limestone in the Karakaya Complex – stratigraphic and tectonic significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **13**, 187-199.

Okay, A.I. & Göncüoğlu,M.C., (2004). Karakaya Complex: a review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **13**, 77-95.

Okay, A.l., Siyako, M., Bürkan, K.A., (1990). Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPAG Bull*. 2(1), **83**—121.

Ranjbar, H. and Honarmand, M. and 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. and Honarmand, M. and 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, pp. 237-243.

Rutz-Armenta, J. R. and 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, pp. 157-183.

Siyako, M.. Bürkan, K.A. ve Okay, A.1., (1989). Biga ve Gelibolu Yarımadaları'nın Tersiyer Jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, *Türk. Petr. Jeolog. Dern. Bült*., **1/3**, 183-200

Tangestani, M. H. and 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, 2, 140-146

Tangestani, M.H. and 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.