

Bigadiç Bor Yataklarının Landsat TM Görüntüleri ile Analizi

Analysis of Bigadiç Boron Deposits by Landsat TM Images

H. Kargı

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli

ÖZET: Bu çalışmada, Bigadiç (Balıkesir) bölgesine ait Landsat 5 uydu görüntüleri işlenerek bölgedeki bor cevherleşme kuşakları haritalanmıştır. Cevherleşme kuşaklarının belirlemek amacıyla Landsat TM4/TM7 bant oranlaması ve temel bileşenler analizi test edilmiştir. Bant oranlamasıyla Tülü ve Avşar bor yataklarının yerleri doğru olarak tespit edilmiş ama bölgedeki diğer yataklar görüntü içerisinde anomali olarak belirlenmemiştir. Temel bileşenler analizi ise esas olarak alterasyon kuşaklarının ve ikincil demir oluşuklarının aranmasında kullanılır. Ancak 6 TM bantı üzerinde gerçekleştirilen temel bileşenler analizine ait öz vektör matrisi bor cevherleşmelerinin olduğu bölgelerde bor yataklarının koyu piksellerle temsil edilebileceğini göstermiştir. Temel bileşenler dönüşümü ile oluşturulan altıncı bileşene (PC6) ait görüntü içerisindeki en koyu pikseller aranıp ve haritalanmıştır. Bulunan en koyu piksellerin koordinatları bölgedeki hemen hemen tüm yatakların koordinatları ile çakışmıştır. Bu sonuç temel bileşenler analizinin bor cevherleşmelerinin olduğu bölgelerde bor yataklarının aranmasında da kullanılabileceğini göstermektedir.

ABSTRACT: In this study, boron mineralization zones in the Bigadiç (Balıkesir) region have been mapped by processing Landsat 5 images. Landsat TM4/TM7 band ratioing and principle components, analysis have been tested to determine boron mineralization zones. By band rationing, locations of Tülü and Avşar boron deposits have been correctly determined but other deposits in the region have not appeared as anomaly in the image. Principle components analysis is mainly used to locate alteration zones and secondary iron formations. But eigenvector matrix of principle component analysis carried out on 6 TM bands showed that boron deposits, if present, might be represented by dark pixels. Darkest pixels in the image of sixth components (PC6) obtained by principle components transformation have been searched and mapped. Coordinates of darkest pixels found have coincided with the coordinates of almost all boron deposits. This result shows that principle components analysis may also be used for boron exploration where boron deposit exists.

1. GİRİŞ

Landsat TM uydu görüntülerinin gerek genel jeolojik özellikleri gerekse cevherleşmeye eşlik eden hidrotermal kuşak ve yapısal unsurları belirlemede, jeolojide yaygın olarak kullanılan görüntülerdir (Abdelhamid ve Rabba, 1994; Goosens ve Kroonenberg, 1994; Griffiths vd., 1987; Kaufmann, 1988; Knepper ve Simpson, 1992). Çoğunlukla birkaç bantı içerecek şekilde geliştirilen algoritmalarla görüntüler işlenerek bu analizler yapılır (Bennett vd., 1993; Rowan ve Bowers,

1995). Maden aramada yaygın olarak kullanılan algoritmalar ise, bantların oransal değerlerini kullanarak yeni sayısal görüntüler oluşturma, temel bileşen analizleri ile yeni görüntüler oluşturma, ve lineer karışım esasına dayanan lineer optimizasyon ile her bir piksel içerisindeki aranan mineralin oranını belirleme, algoritmalarıdır (Bryant, 1996; Sabins, 1997, 1999 Settle? ve Drake, 1993). Gerek bant oranlaması gerekse jf veya 4 bant üzerinde gerçekleştirilen temel bileşenler, analizi ikincil hidroksil mineralleri ve demtr oluşukları için önceki çalışmacılar tarafından başarılı bir şekilde

H. Kargu

uygulanmış (Crosta, ve Moore, 1989; Loughlin, 1991 ; Sabins, 1999; Singh ve Harrison, 1985) ve bu yöntemler söz konusu oluşuklar için evrensel olarak kullanılmaktadır. Bor anomalilerini belirlemeye yönelik ise yine önceki çalışmacılar tarafından TM4/TM7 bant oranlaması (Sabin ve Miller, 1994) ve lineer optimizasyon yönteminin (Bryant, 1996; Settle ve Drake, 1993) kullanılabileceği belirtilmiş ama temel bileşen analizlerinin bor anomalilerini belirlemede kullanılabileceğine dair bir çalışmaya literatürde pek rastlanmamıştır. Bigadiç bölgesinde yaygın olarak bulunan kolemanit ve uleksit TM4 ve TM7 bantlarında belirgin bir spektral kontrasta sahip olduklarından, temel bileşenler dönüşümündeki öz vektör matriksinde bunun görülmesi ve herhangi bir temel bileşen görüntüsünde Bigadiç bölgesi bor yataklarının anomali şeklinde belirmesi gerekir. Bu amaçla Bigadiç bölgesi Landsat TM görüntülerine, bant oranlaması ve temel bileşenler analizi şeklinde görüntü dönüşüm yöntemleri uygulanarak bölgedeki yataklar belirlenmeye çalışılmış ve sonuçlar metin içerisinde tartışılmıştır.

2. YÖNTEM

Landsat 5 uydusundan 1998 tarihinde alınmış, Manisa ilinin tamamını ve çevresindeki illerin (Balıkesir dahil) bazı kesimlerini içine alan ve yaklaşık 34000 km² lik bir alanı kapsayan sayısal görüntü, dağıtıcı firma tarafından ortorektife edilmiş ve çalışma bu görüntünün bir kısmı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölgeye ait görüntüler 7 banttan oluşmaktadır ve bu görüntü bantları oluşturulurken kullanılan ışınların dalga boyu aralıkları şu şekildedir: TM1: 0.45-0.52um, TM2: 0.52-0.60um, TM3: 0.63-0.69um, TM4: 0.76-0.90um, TM5: 1.55-1.75um, TM6: 10.40- 12.50um, TM7: 2.08-2.35um. Ortorektife edilmiş görüntünün belirtilen alansal çözünürlüğü 28.5m / pikseldir. Bu bilgi ve görüntünün koordinat bilgileri kullanılarak, yaklaşık 2 adet 1/25000'lik pafta büyüklüğünde ama 6 1/25000'lik paftanın bir kısmını ve Bigadiç bölgesi bor yataklarını içerecek şekilde bir görüntü ana görüntüden çıkarılmış ve çalışma bu sonucu görüntü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekte Bigadiç bölgesi bor yatakları çıkarılan görüntü alanının yaklaşık yansı büyüklüğünde bir görüntü içerisinde yer almasına rağmen, ilerleyen bölümlerde bahsedilen temel bileşen analizlerinin sağlıklı yapılması amacıyla işlemlerde görüntü alanı daha büyük tutulmuş ama sonuç haritaları

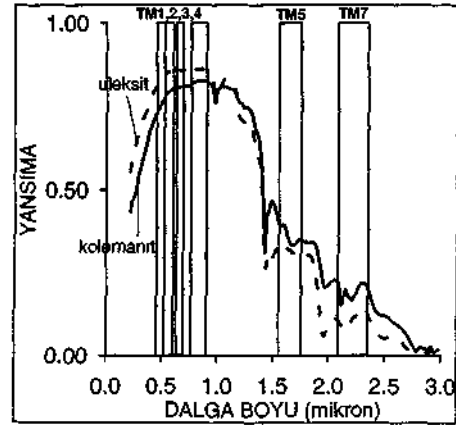
oluşturulurken görüntünün yarısı kesilmiş ve ayrıca fazla yer kaplamaması için yeniden ölçeklendirilmiştir. Görüntü işlemede MultiSpec programı (Biehl ve Landgrebe, 2002), anamali belirlemede yazılan bir Visual Basic ver. 5.0 programı ve gerek görüntülerin gerekse anomali noktalarının haritalanmasında MapInfo ver. 5.5 programı kullanılmıştır.

3. GÖRÜNTÜ DÖNÜŞÜMÜ VE BOR YATAKLARININ TESPİTİ

Görüntü dönüşüm yöntemleri uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Maden aramada ise bu dönüşüm yöntemlerinden bant oranlaması ve temel bileşen analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda her iki yöntem Bigadiç bölgesi bor yataklarını belirlemek amacıyla kullanılmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Temel bileşen analizleri yapıldıktan sonra görüntü iyileştirme yöntemi olarak lineer kontrast gemesi kullanıldığı için (görüntüyü görsel olarak ön inceleme için) yöntem dekorelasyon gemesi olarak tanımlanabilir.

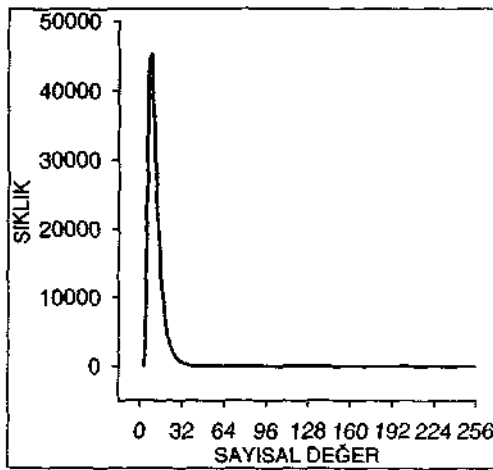
5.7 TM4/TM7 Bant Oranlaması

Bigadiç bölgesinde yaygın olarak bulunan kolemanit ve uleksitin (Helvacı ve Alaca, 1991) spektral özelliklerine bakıldığı zaman, her iki mineralin de Landsat TM4 bandında maksimum yansıma ve TM7'de soğrulma ile temsil edildiği Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kolemanit ve uleksit minerallerinin spektral özellikleri (veriler USGS, 2004'ten alınmıştır).

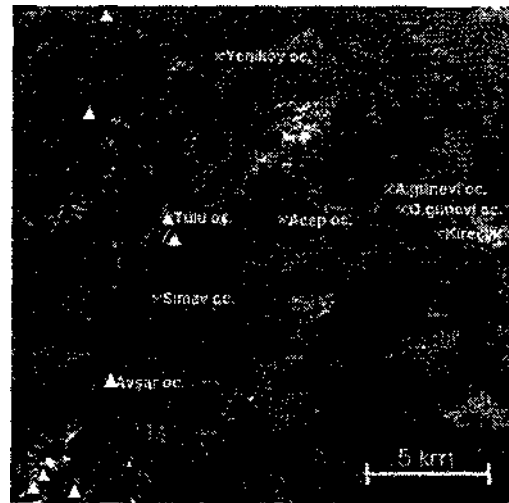
Bor minerallerinin bu spektral özelliğinden hareketle, TM4/TM7 bant oranlamasının bor anomalileri aramada kullanılabilecek potansiyel bir yöntem olduğu önceki araştırmacılar tarafından belirtilmiş ve bazı başarılı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Sabin ve Miller, 1994; Sabin, 1999). Bu düşünce ile Bigadiç bölgesine ait Landsat TM uydu görüntülerinden TM4/TM7 bant oranlaması yapıp tekrar ölçeklendirerek 256 gri ton yeni bir görüntü oluşturulmuştur. Yönteme göre görüntü içerisinde en parlak piksellerle temsil edilen alanların bor yataklarının olduğu yerlerin olması gerekir. Görüntünün yüzbinlerce pikselden oluştuğu ve bu piksellerden sadece birkaç tanesinin en parlak piksel olduğu, piksellerin boyu ve insan gözünün gri tonları ayırt etme yeteneği dikkate alındığında, en parlak piksellerin gözle ayırt etme yoluna gidilmemesi, aksine bir program yardımıyla en yüksek sayısal değere sahip piksellerin aratılması gerektiği açıkça görülmektedir. Bant oranlamasıyla oluşturulan görüntü içerisindeki piksellerin sayısal değerlerinin dağılımı Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. TM4/TM7 bant oranlamasıyla oluşturulan görüntü içerisindeki piksellerin sayısal değerlerini gösteren histogram.

Görüntü içerisindeki en yüksek sayısal değerler 255 ve 219' dur ve görüntü içerisinde her iki sayısal değere sahip sadece birer tane piksel bulunmaktadır. Ancak Bigadiç bölgesinde birçok yatak olduğundan ve tüm yatakların yerlerinin doğru işaretlenebilmesi ümidiyle anomali sınırı 45 olarak kabul edilip bu ve bunun üzerindeki sayısal değerler haritalanmıştır.

Burada anomali sınırını (eşik değeri) belirlerken neden maden aramada (örn., jeokimyasal prospeksiyonda) kullanılan genel istatistiksel anomali belirleme yoluna gidilmediğinden kısaca bahsetmek gerekir. Gerek bu görüntünün gerekse aşağıda bahsedilecek olan temel bileşen analizleri ile oluşturulmuş görüntünün sayısal değerlerinin standart sapması çok düşüktür. Dolayısıyla ortanca (veya ortalama) 2 veya 3 standart sapma şeklinde belirlenen eşik değeri, anomali alanlarının sayısını abartmaktadır. Ayrıca verilerin bu şekilde dağılımı, olasılık grafiklerinde büküm noktasının gözle ayırt edilemeyeceğini göstermektedir. Örneğin TM4/TM7 görüntüsünün sayısal değerlerinin ortalaması 11.2, ortancası 10 ve standart sapması 5.3'tür. Ortanca (veya ortalama) + 3 standart sapma, en fazla 28 eder ve görüntü içerisinde 28'den büyük sayısal değere sahip piksellerin sayısı 5000'den fazladır ve bu kadar fazla lokasyon anomali belirlemek için anlamsızdır. 45'in eşik değeri olarak kabul edilmesiyle bile (yaklaşık ortanca + 6 standart sapma) anomali alanlarının abartıldığı Şekil 3'te görülmektedir. Sonuç olarak TM4/TM7 bant oranlaması ile Tülü ve Avsar bor yataklarının yerleri doğru işaretlenmiştir ama diğer yatakların yerleri tespit edilememiş ve ayrıca bor yatağı olmayan birçok noktada parlak piksellerle temsil edilmişin



Şekil 3. TM4/TM7 bant oranlaması yapılarak oluşturulan görüntü içerisindeki sayısal değeri 45 ve üzeri olan piksellerin (içi dolu üçgenler) ve Bigadiç bölgesi bor yataklarının yerlerini, TM4/TM7 görüntüsü üzerinde gösteren bir şekil.

3.2 Temel Bileşenler Analizi (Principal Components Analysis, PCA)

Temel bileşenler dönüşümü, küçülen varyanslı ardışık olarak çıkarılan lineer kombinezonlar (temel bileşenler) yoluyla, değişkenlerin ilişkisiz lineer kombinezonları seçen çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir (Singh ve Harrison, 1985). Dolayısıyla dönüşümden sonra veriler arasındaki ilişki ortadan kalkmaktadır (Akça ve Doğan, 2002). Temel bileşenler analizi yapılırken, çözünürlüğü az olduğundan altıncı bant dışarıda bırakılmış ve geriye kalan altı bandın (1,2,3,4,5 ve 7 TM bantları) gerçek (uzatılmamış) sayısal değerleri üzerinden dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Bigadiç Bölgesine ait 6 bandın görüntü öz değerleri ve öz vektörleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Bigadiç bölgesine ait Landsat 5 uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen 6 bandın (TM1-TM5, TM7) görüntü öz değerleri ve öz vektörleri.

BANT	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	
TEMELE BİLEŞE N	öz vektör Matrisi						Oz 'değer (%)
PC1	0.313	0.219	0.392	0.121	0.685	0.466	83.80
PC2	0.025	0.044	-0.052	0.972	-0.014	-0.225	10.22
PC3	-0.566	-0.335	-0.503	0.047	0.536	0.160	5.13
PC4	0.248	0.039	-0.057	-0.192	0.492	-0.810	0.57
PC5	-0.700	0.162	0.656	-0.005	0.046	-0.224	0.23
PC6	-0.172	0.900	-0.396	-0.050	0.004	0.033	0.05

PC dönüşümünde, PCI bütün bantların pozitif aralığından oluşmuştur. Öz vektör matrisinde belirtildiği gibi PCI, analiz verileri için toplam varyansın %83.80'ninden sorumludur. Genel görüntü parlaklığı, bantlar arasındaki sıkı ilişkiyi oluşturmuştur ve bu ilişki PCI üzerine haritalanmıştır. PC2'deki TM4'ün yüksek pozitif değeri, bitki örtüsünün PC2'le karakterize olacağını göstermektedir. PC3'ün özdeğerleri, görünür (TM1, TM2, ve TM3'deki pozitif değerler) ve kızıl ötesi bantlar (TM4, TM5 ve TM7'deki negatif değerler) arasındaki farkı belirtmektedir. Genel görüntü parlaklığı, bitki örtüsü ve görünür-kızıl ötesi farkı sırasıyla PCI, PC2 ve PC3'e yüklendiğinde geriye kalan üç PC'nin (PC4, PC5 ve PC6) anomali alanlarından kaynaklanması beklenir. Temel bileşen analizleri ile ilgili orjinal çalışmalarda (Loughlin, 1991), limonitik demir oksit (ikincil) ve hidroksil minerallerinin spektral özellikleri dikkate alınarak öz vektör matrisindeki değerlerin şiddeti ve işareti

kullanılarak, limonitik demir oksit ve hidroksil mineralleri için anomali alanları belirlenmiştir. Aynı spektral özellikler (limonitik demir oksitler için TM1 ve TM3 ve kil mineralleri için TM5 ve TM7) Bigadiç bölgesi görüntüleri içinde kullanıldığında, limonitik demir oksitlerin PC4'de koyu, PC5'de parlak piksellerle, kil minerallerinin de hem PC4, hem de PC5'de parlak piksellerle temsil edileceği özvektör matrisindeki söz konusu bant ve PC'lerdeki ters işaretli değerlerden anlaşılmaktadır. Loughlin (1991) PC6'daki TM3 ve TM2'nin katkılarının işaretine bakarak PC6'mın hematit anomalilerini haritalamak için kullanılabileceğini önermiştir ve Roberts Dağı'na ait özvektör matrisi bunu doğrulamaktadır. Ancak Bigadiç bölgesi yoğun bor cevherleşmelerine ev sahipliği ettiği için temel bileşen analizlerinde bu cevherleşmelerin anomali şeklinde görülmesi gerekir. Bu amaçla kolemanitin ve uleksitin spektral özelliklerine bakıldığında (Şekil 1) her iki mineralin de Landsat TM4'de yüksek yansıma ve TM7'de soğrulma ile temsil edileceği görülmektedir. Gerçekte, bor cevherleşmelerini aramada TM4/TM7- bant oranlamasının kullanılan bir yöntem olduğundan yukarıda bahsedilmiştir. Öz vektör matrisinde PC6'daki TM4'den negatif ve TM7'den pozitif katkılar bor minerallerinin PC6'da koyu piksellerle haritalanabileceğini göstermektedir. Bu amaçla PC6 görüntüsü içerisindeki en koyu piksellerin aranması gerekmektedir. Hazırlanan PC6 görüntüsü 419073 pikselden oluşmaktadır ve piksellerin sayısal değerlerinin dağılımı aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 2. Temel bileşen analizleri ile oluşturulmuş ve ölçeklendirilmiş PC6 görüntüsü içerisindeki piksellerin sayısal değerlerinin dağılımı.

Piksel sayısal değeri	Sayısal değer görüntü içerisindeki miktarı
124	8
125	77
126	797
127	48068
128	321143
129	48373
130	522
131	39
132	19
133	22
134	0
135	4
136	1

H. Kargu

- Conference; Remote Sensing for Exploration Geology, 1173-1187.
- Geologic Remote Sensing. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, 192-1103.
- Goosens, M.A. ve Kroonenberg, S.B., 1994, Spectral discrimination of contact metamorphic zones and its potential for mineral exploration, province of Salamanca, Spain, Remote Sensing of The Environment, 47, 331-344.
- Settle, J.J. ve Drake, N.A., 1993, Linear mixture modelling and the estimation of ground cover proportions, Int. J. Remote Sensing, 14, 1159-1177.
- Griffiths, P.S., Curtis, P.A.S., Fadul, S.E.A. ve Scholes, P.D., 1987, Reconnaissance geological mapping and mineral exploration in northern Sudan using satellite remote sensing, Geol. J., 22, 225-249.
- Singh, A. ve Harrison, A., 1985. Standardized principal components, Int. J. of Remote Sensing, 6, 883-896.
- USGS, 2004, Spect library, <http://www.usgs.gov>.
- Helvacı, C. ve Alaca, O., 1991, Bigadiç borat yatakları ve çevresinin jeolojisi ve mineralojisi, MTA Dergisi, 113, 61-92.
- Kaufmann, H., 1988, Mineral exploration along the Aqaba-Levant structure by use of TM data; concepts, processing, and results, Int. J. Remote Sensing, 9, 1639-1658.
- Knepper, D.H. ve Simpson, S.L., 1992, Remote sensing in Geology and mineral resources of the Altiplano and Cordillera Occidental, Bolivia, U.S. Geol. Surv. Bull., 1975, 47-55.
- Loughlin, W.P., 1991, Principle components analysis for alteration mapping, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57, 1163-1169.
- Rowan, L.C. ve Bowers, T.L., 1995, Analysis of linear features mapped in Landsat thematic mapper and side-looking airborne radar images of the Reno, Nevada 18 by 28 quadrangle, Nevada and California — implications for mineral resource studies, Photogramm. Eng. Remote Sensing, 61, 749-759.
- Sabins, F.F., 1997, Remote Sensing-Principles and Interpretation, W.H. Freeman, New York, NY., 494s.
- Sabins, F.F., 1999, Remote sensing for mineral exploration, Ore Geology Reviews, 14, 157—183.
- Sabins, F.F., Miller, R.M., 1994, Resource assessment—Salar Uyuni and vicinity, Proceedings of Tenth Thematic Conference on