

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARACASU (AYDIN) CİVARINDAKİ DEMİR OKSİT
OLUŞUMLARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURÇİN KURT

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KARACASU (AYDIN) CİVARINDAKİ DEMİR OKSİT
OLUŞUMLARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURÇİN KURT

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Burçin KURT tarafından hazırlanan "KARACASU (AYDIN) CİVARINDAKİ DEMİR OKSİT OLUŞUMLARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE İNCELENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Hulusi KARGI

Üye
Doç. Dr. Mete HANÇER

Üye
Doç. Dr. Muharrem AKGÜL


Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/06/2019 tarih ve 26/09..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ tarafından
2011FBE085 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.



BURIN KURT

ÖZET

KARACASU (AYDIN) CİVARINDAKİ DEMİR OKSİT OLUŞUMLARININ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURÇİN KURT

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HULUSİ KARGI)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

Ege bölgesi temel kayaçlarını oluşturan Menderes Masifi Metamorfikleri, Denizli ve Aydın illerinde geniş yüzlekler vermektedir. Bu birim mineralleri esas olarak manyetit ve hematitten oluşan nadir demir cevherleşmelerine ev sahipliği yapmaktadır. Birincil demir oksitlerin alterasyonu, bölgede yoğun bir demir oksit boyamasına neden olmuştur. Bu çalışmada, ikincil demir oksit oluşumları Landsat 7 ETM+ ve ASTER görüntüleri ile belirlenmiştir. Görüntüler üzerinde yaygın iki demir oksit haritalama yöntemi kullanılmıştır: Bant oranlama ve seçmeli bantlar üzerinde ana bileşenler analizi (Crosta yöntemi). Hem Landsat 7 ETM+ nin 3/1 bant oranı ve ASTER'in 2/1 oranı hem de Landsat 7 ETM+ üzerinde Crosta yöntemi, demir oksit oluşumlarını başarılı bir şekilde haritalamıştır.

Bant oranlamaları ve Crosta yöntemi ile belirlenen anomali alanlarından bazı pikseller seçilerek, görüntülere Spektral Açılı Haritalayıcısı (SAM), Uyarlanabilen Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (ACE), Eşleştirilmiş Filtreleme (MF) ve Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (CEM) hedef tespit algoritmaları uygulanmıştır.

XRF analizi için hem anomali alanlarından hem de anomali olmayan alanlardan 21 adet toprak örneği toplanmıştır. Ferrik ve ferrus demir oksit ayrımı için ayrıca analiz yapılmamıştır. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri, %4.3 ile %9 arasında değişmektedir. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri ile Landsat ETM+ görüntüsünden elde edilen 3/1 bant oranı, Crosta Fe görüntüsü, SAM görüntülerinin sayısal değerleri arasında iyi bir korelasyon olmasa da sistematik bir değişim vardır. Ama toprak örneklerinin Fe_2O_3 içerikleri ile en iyi ilişki ACE ve MF görüntülerinin piksel sayısal değerleri arasında gözlenmiştir.

Ayrıca anomali bölgelerinde el örneği ve kum boyutunda demir oksit oluşumları gözlenmiştir. Bölgede muhtemel demir ve ilişkili cevherleşmeleri belirlemek için daha ayrıntılı çalışmalar gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Uzaktan Algılama, Demir Oksit, Bant Oranlama, Landsat, ASTER, Ana Bileşenler Analizi, Hedef Tespiti

ABSTRACT

INVESTIGATION OF IRON OXIDE FORMATIONS IN KARACASU (AYDIN) BY SATELLITE IMAGES

**MSC THESIS
BURÇİN KURT**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING**

(SUPERVISOR: PROF. DR. HULUSİ KARGI)

DENİZLİ, JUNE 2019

Menderes metamorphic forming basement rocks of Aegean region is widely outcropped in the Denizli and Aydin Provinces. This unit hosts sparse iron mineralization mainly consisting of either magnetite or hematite minerals. Weathering of primary iron minerals caused intensive iron oxide staining in the region. Distribution of this secondary iron oxide formation has been determined in this study using Landsat 7 ETM+ and ASTER images. Two common iron oxide mapping methods were used on the images: Band rationing and principal components analysis (PCA) on the selective bands (Crosta method). Both band ratios of 3 to 1 on Landsat 7 ETM+ and 2 to 1 ASTER images and principal component 4 (PC4) image of Crosta method on Landsat 7 ETM+ images successfully have mapped iron oxide formations.

Spectral Angle Mapper (SAM), Adaptive Coherence/Cosine Estimator (ACE), Matched Filtering (MF) and Constrained Energy Minimization (CEM) target detection algorithms were applied to images using some pixel digital numbers of anomaly fields obtained by band ratios and Crosta techniques.

Twenty one soil samples were collected in both anomaly fields and non-anomaly fields for XRF analysis. No further chemical analysis was carried out for ferric and ferrous iron discrimination. Iron oxide concentration of samples expressed as Fe_2O_3 range from 4.3% to 9%. Although there isn't a good correlation, there is a systematic variation between Fe_2O_3 contents of samples with digital numbers of 3/1, Crosta Fe and SAM images of Landsat ETM+. But best relationship was observed between Fe_2O_3 contents of soil samples with digital numbers ACE and MF images.

In addition, hand-size and sand-size iron minerals have been observed in the anomaly fields. The region needs further work to determine a possible iron and associated mineralizations.

KEYWORDS: Remote Sensing, Iron Oxide, Band Rationing, Landsat, ASTER, Principal Component Analysis, Target Detection

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 Önceki Çalışmalar.....	3
1.3 Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri	5
1.3.1 Landsat Uydu Sistemi	5
1.3.2 ASTER Uydu Sistemi	7
2. BÖLGENİN JEOLJİSİ	8
2.1 Temel Kayaçları.....	8
2.1.1 Metamorfik Kayaçlar	8
2.1.2 Ofiyolitik Kayaçlar	11
2.2 Dandalas Grubu	11
2.2.1 Damdere Formasyonu.....	12
2.2.2 Karacaören Formasyonu	12
2.3 Karacasu Formasyonu.....	13
2.4 Güncel Alüvyonlar.....	13
3. YÖNTEM	15
3.1 Uydu Görüntülerinin Hazırlanması ve Kullanılan Bilgisayar Programları	15
3.2 Arazi Çalışmaları ve Örnek Alımı	16
3.3 Örneklerin Kimyasal Analizleri.....	16
3.4 Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri	23
4. BULGULAR	24
4.1 Bant Oranlaması.....	25
4.1.1 Landsat ETM+ Bant Oranlaması	26
4.1.2 ASTER Bant Oranlaması.....	31
4.2 Ana Bileşenler Analizi ve Crosta Yöntemi.....	35
4.3 Hedef Tespiti.....	39
4.3.1 Genelleştirilmiş Benzerlik Oranı Testi (Generalized Likelihood Ratio Test, GLRT)	39
4.3.2 Spektral Açık Haritalayıcısı (Spectral Angle Mapper, SAM)	40
4.3.3 Uyarlanabilir Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (Adaptive Coherence/Cosine Estimator, ACE)	41
4.3.4 Eşleştirilmiş Filtreleme (Matched Filtering, MF).....	43
4.3.5 Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (Constrained Energy Minimization, CEM).....	44
4.4 Anomali Haritalarının Arazi Gözlem ve Laboratuvar Verileri ile Karşılaştırılması	46
5. SONUÇLAR	50

6. KAYNAKLAR.....	51
7. ÖZGEÇMİŞ.....	60

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası	2
Şekil 2.1: İnceleme alanının jeolojik haritası (MTA (2019)'dan basitleştirilerek hazırlanmıştır)	9
Şekil 2.2: Metamorfik temel içerisindeki bazı kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri. Tüm görüntüler çift nikolde alınmıştır a) Gnays, b) Şistler içerisinde gözlenen granatlar, c) Kuvarsit, d) Mikaşist kuvarsit dokanağı	10
Şekil 2.3: Dandalas grubunun arazideki görüntüsü (Gölbaşı yerleşim yerinin yaklaşık kuzey doğusu)	11
Şekil 2.4: Güncel alüvyonların arazide görünümü	14
Şekil 4.1: İnceleme alanının Landsat ETM+ 321 (RGB) görüntüsü. Kahverengi-kırmızı alanlar yoğun demir oksit boyamaların olduğu alanlar	24
Şekil 4.2: Landsat 7 ETM+ görüntüsünün spektral bantları ve USGS Spektral Kütüphanesi'ndeki hematit, götit ve kaolinit minerallerinin spektralleri (Kayadibi 2015).....	27
Şekil 4.3: İnceleme alanının Landsat ETM+ 5/7 bant oranlamasıyla elde edilen anomali haritası (eşik değer = ortalama + 2 standart sapma).....	28
Şekil 4.4: Landsat ETM+ 3/1 görüntüsü içerisindeki piksel sayısal değerlerin dağılımı.....	28
Şekil 4.5: Ortalama+2 standart sapma eşik değeriyle elde edilmiş 3/1 görüntüsü. Yönteme göre beyaz pikseller demir oksit anomalisidir. Kırmızı noktalar örnek alım yerleridir.	29
Şekil 4.6: a) Ortalama+1 standart sapma eşik değeri ile oluşturulan 5/4 görüntüsü, b) Ortalama +2 standart sapma eşik değeri ile oluşturulan 5/4 görüntüsü.....	30
Şekil 4.7: Landsat 7 ETM+ mineral kompozisyonu görüntüsü (3/1, 5/4, 5/7, RGB).	31
Şekil 4.8: ASTER görüntüsünün spektral bant aralıkları ve USGS Spektral Kütüphanesi'ndeki bazı minerallerin spektralleri: a) Hematit ve götit, b) Kaolinit ve alunit, c) Kaolinit, illit ve opal, d) Klorit ve kalsit (Kayadibi 2015).....	32
Şekil 4.9: İnceleme alanının ASTER 543 (RGB) renkli kompozit görüntüsü..	33
Şekil 4.10: a)İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış 2/1 bant oranlaması b) İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış +1 STD ile oluşturulmuş 2/1 bant oranlaması.....	34
Şekil 4.11: a)İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış a) 4/2, b) 4/3, c) 4/5, d) 5/3 + 1/2 bant oranlamaları	34
Şekil 4.12: Crosta yöntemi ile oluşturulmuş Fe(ter) görüntüsü içerisindeki piksellerin sayısal değerlerin dağılımı.....	36
Şekil 4.13: Crosta yöntemi ile elde edilen PC4 görüntüsüne ortalama+2 standart sapma alınarak oluşturulan demir oksit (Fe) anomali görüntüsü ve üzerindeki örnek alım noktaları.....	37
Şekil 4.14: Crosta yöntemi ile elde edile H, H+Fe, Fe (RGB) görüntüsü).....	38

- Şekil 4.15:** SAM hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen SAM görüntüleri, b) ve d) ortalama + 1std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri. 41
- Şekil 4.16:** ACE hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen ACE görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri. 42
- Şekil 4.17:** MF hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen MF görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri. 43
- Şekil 4.18:** CEM hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen CEM görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri. 45
- Şekil 4.19:** Gözlem yapılan ve örnek alınan noktalar. Kırmızı noktalar örnek alınan ve kimyasal analizi yapılan, yeşil noktalar ise sadece gözlem yapılan noktaları ifade etmektedir. 46
- Şekil 4.20:** İnceleme alanındaki demir oksit boyamalarını gösteren fotoğraflar. a) 2-86 nolu örneğin, b) 2-98 nolu örneğin alındığı yerden çekilmiş fotoğraflardır. 47
- Şekil 4.21:** a,b) Arazide el örneği boyutunda gözlenen manyetit örnekleri. Resimdeki örnek numaraları örnek alım noktası ile aynıdır. 47
- Şekil 4.22:** Toprak Fe_2O_3 içeriği ile anomali belirleme yöntemleri ile elde edilen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik a) 3/1, b) Crosta-Fe, c) ACE, d) CEM, e) MF, f)SAM..... 49

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Landsat 7 ETM+ bantları ve özellikleri (NIR: Yakın kızılötesi, SWIR: Kısa dalga kızılötesi, TIR: Termal kızılötesi, PAN: Pankromatik)	6
Tablo 1.2: ASTER bantları ve özellikleri (VNIR: Görünür ve yakın kızılötesi, SWIR: Kısa dalga kızılötesi, TIR: Termal kızılötesi)	7
Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları	17
Tablo 4.1: Demir oksit anomali alanlarını belirlemek için ASTER uydu görüntüsüne uygulanan bant oranları (Kalikowski ve Oliver 2004).....	32
Tablo 4.2: İnceleme alanına ait Landsat 7ETM+ uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen 6 bandın (TM1-TM5, TM7) ana bileşenler analizi ile elde edilen görüntü öz vektörleri.....	35
Tablo 4.3: Demir oksit haritalaması için Crosta - Fe yöntemi ile elde edilen görüntü öz vektörleri.	36
Tablo 4.4: Crosta yöntemi ile oluşturulmuş Fe(ter) görüntüsünün ortalama ve standart sapma değerleri.....	37
Tablo 4.5: Kil minerallerinin haritalanması için Crosta - H yöntemi ile elde edilen görüntü özvektörleri	38

SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ

μm	:	Mikrometre
OH^-	:	Hidroksil
H	:	Hidrojen
S	:	Bulunması istenen hedef maddenin spektrası
M	:	Görüntünün piksel sayısı
μ	:	Görüntü piksel sayısal değerlerinin aritmetik ortalaması
Σ	:	Görüntü piksel sayısal değerlerinin kovaryansı veya toplamı
N	:	Bant sayısı
t_i	:	Test edilen pikselin spektrası
R^{\wedge}	:	Otokorelasyon matrisi
Fe_2O_3	:	Demir üç oksit
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
NASA	:	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
SAR	:	Yapay Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar)
InSAR	:	Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (Interferometric Synthetic Aperture Radar)
SWIR	:	Kısa dalga kızılötesi
TIR	:	Termal kızılötesi
VNIR	:	Görünür ve yakın kızılötesi
PC	:	Ana Bileşen (Principal Component)
ASTER	:	ASTER Uydusu (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
TM	:	Tematik Haritalayıcı (Thematic Mapper)
ETM^+	:	Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı (Enhanced Thematic Mapper)
ERST-1	:	Yeryüzü kaynakları uydusu (Earth Resources Technology Satellite)
PAN	:	Pankromatik
NIR	:	Yakın kızılötesi
PCA	:	Ana Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis)
MTA	:	Maden Tetkik Arama
ENVI	:	ENVI görüntü işleme programı
GPS	:	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
XRF	:	X Işını Floresansı (X Ray Fluorescence)
USGS	:	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey)
SAM	:	Spektral Açık Haritalayıcısı (Spectral Angle Mapper)
MF	:	Eşleştirilmiş Filtreleme (Matched Filter)
ACE	:	Uyarlanabilen Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (Adaptive Coherence/Cosine Estimator)
CEM	:	Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (Constrained Energy Minimization)
RGB	:	Kırmızı, Yeşil, Mavi (Red, Green, Blue)
STD	:	Standart Sapma (Standard Deviation)
GLRT	:	Genelleştirilmiş Benzerlik Oranı Testi (Generalized Likelihood Ratio Test)

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, tezin ortaya çıkmasında ve yürütülmesinde değerli fikir ve önerileriyle beni yönlendiren, tecrübe ve bilgisini benimle paylaşan, arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hulusi KARGI'ya çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmalarımın XRF analizleri aşamasında yardımlarını sunan Yüksek Kimyager Sanem KILINÇARSLAN'a, ince kesitlerin incelemesi sırasında değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, Sayın Yrd. Doç. Dr. Barış SEMİZ'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Arazi çalışmalarım sırasında bana eşlik eden ve değerli bilgi, tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen arkadaşlarım Jeoloji Yük. Müh. Taylan AKIN ve Ersin KANDEMİR'e çok teşekkür ediyorum.

Benden bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hayatımın her aşamasında yanımda olan çok değerli aileme ve sevgili eşim Barış KURT'a sevgi, minnet ve şükranlarımı sunuyorum.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde, onlarla herhangi bir fiziksel bağlantı olmaksızın, yerin çeşitli özellikleri ile ilgili verilerin tespit edilmesi ve yorumlanmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, yeryüzünde meydana gelen doğal ya da yapay değişikliklerin gözlenmesi, farklılıkların tespit edilmesi ve gelişimlerinin takip edilmesini sağlayan, teknoloji ile birlikte hızla gelişen bir bilim dalı haline gelmiştir. Uzaktan algılamanın temel prensibi, maddelerin yaymış oldukları elektromanyetik enerjinin, aktif veya pasif algılayıcılar tarafından ölçülüp yorumlanmasıdır.

Uzaktan Algılama, başta jeoloji olmak üzere; çevre, orman, şehircilik, ziraat, meteoroloji, hidroloji gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Uzaktan algılama jeolojinin; jeolojik yapı araştırmaları, haritalama, fay, çizgisellik ve kırıkların tespiti, kayaç tiplerinin tespiti, topografya çalışmaları, deprem araştırmaları, maden ve yeryüzü kaynaklarının aranması gibi hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri geniş bir alanı kapsadığı için jeolojik yapıların tamamının bir görüntü üzerinde incelenebilmesi olanağını sağlamaktadır. Böylece uzaktan algılama, maden aramada oldukça etkin kullanılmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Jeolojik uzaktan algılama konusu kapsamında yer alan bu çalışma, Aydın ilinin güneydoğusunda yer alan Karacasu ilçesi (Şekil 1.1) ve yakın çevresini kapsayan, kuzeyde Büyük Menderes Grabeni'ne bağlanan, Menderes masifinin örtü metamorfitlelerine karşılık gelen ve önceki çalışmacılar tarafından Karacasu Grabeni olarak adlandırılan birimlerdeki demir oksit oluşumlarını ve ilişkili cevherleşmeleri uydu görüntüleri ile uzaktan algılama yöntemleri kullanarak belirlemeyi amaçlamıştır.



Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası

Özellikle maden arama çalışmalarında araştırmaya doğrudan arazi çalışması ile başlamak yerine, öncelikle uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanarak başlamak, hem zaman hem de emek tasarrufu sağlamış olacaktır. Bu yöntemler sayesinde; belirlenen anomali alanları üzerinde çalışma yapılması, geniş alanların sınırlandırılması, araştırmacılara önemli katkılar sağlayacaktır.

1.2 Önceki Çalışmalar

Uydu görüntüleri uzaktan algılama çalışmalarında jeolojik özellikleri ortaya çıkarma ve maden arama amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri kullanımında genel amaç, yüzlek veren bilinen bir yatağı belirlemek değil; madenin varlığını gösteren bir takım göstergeleri ortaya çıkarmaktır (Kargı ve Sarı 2006). Fakat evaporit, bor gibi bazı endüstriyel hammadde yataklarını arama çalışmalarında uzaktan algılama yöntemleri doğrudan yatağı tespit etmek amacıyla kullanılabilir (Sabin ve Miller 1994, Bryant 1996, Kargı 2004a, Kargı 2007). Uydu görüntülerinin maden aramaya diğer faydaları ise litolojik birimlerin haritalanması ile jeolojik haritaların çıkarılması (Abrams ve diğ. 1983, Sultan ve diğ. 1986, Hoatson 2001, Won-In ve Charusiri 2001, Kargı 2004b), fay kırıklarının haritalanması (Unrug 1988, Kusky ve Ramadan 2002) ve zaman içinde maden kimyasal özelliklerinden kaynaklanan bitki örtü değişimlerinin gözlenmesidir (Sabins 1999).

Jeolojik uzaktan algılama konusunda birkaç ders kitabı vardır. Ancak, bu kitapların büyük çoğunluğunu yer bilimleri alanında örnekler kullanarak hazırlanan uzaktan algılamaya giriş kitapları oluşturmaktadır. Floyd Sabins, uzaktan algılama üzerinde muhtemelen en çok satılan ve atıf yapılan ders kitaplarından birini yazmıştır (Sabins 1997). Bir uzaktan algılama jeoloğu olan Steven Drury, jeolojik görüntü yorumlama ile ilgili bir kitap yazmıştır (Drury 1987). Roorkee Üniversitesi (Hindistan) Yerbilimleri bölümünden Profesör Ravi Gupta, jeolojik uzaktan algılama üzerine bir kitap yazmıştır (Gupta 2003). Ayrıca, maden arama için uzaktan algılama (Sabins 1999), mineral kaynak haritalama, uzaktan algılama ve CBS kullanımı (Rajesh 2004), hiperspektral uzaktan algılama uygulamaları da dahil olmak üzere (Cloutis 1996), jeolojik uzaktan algılama üzerine birçok makale vardır. Bazı makaleler Gregg Vane ve Alexander Goetz tarafından; her ikisi de NASA Jet

Propulsion Laboratuvarında çalıştıkları sırada yayınlanmıştır (Vane ve Goetz 1993, 1988). Hunt ve Salisbury öncü çalışmaları sonucu geniş spektrumun (VNIR), (SWIR), (NIR) ve (TIR) bölümünde jeolojik uzaktan algılamanın temelini oluşturan mineral ve kayaç spektrumları, havadan ve uzaydan araçlar ile titizlikle ölçülmüştür (Hunt 1977, Salisbury ve diğ. 1989, Cooper ve diğ. 2002). Uzaktan algılama jeologları aktif sensör (ağırlıklı olarak SAR ve InSAR) ve pasif sensör teknolojisinin (SWIR ve yelpazenin TIR bölgelerine VNIR içinde çok bantlı ve hiperspektral uzaktan algılama) gelişimine katkıda bulunmuşlardır.

Önceki araştırmacılar tarafından, ikincil hidroksil mineralleri ve demir oluşumları; bant oranlaması, altı bant üzerinde yapılan ana bileşenler analizi ve dört bant üzerinde yapılan Crosta yöntemleri kullanılarak, tespit edilmiştir (Crosta ve Moore 1989, Loughlin 1991, Sabins 1999, Singh ve Harrison 1985). Spektral araştırmacılar tarafından uygulanan Crosta yöntemi, PC görüntülerin özdeğer analizi ile yüzey mineralojisini geliştirmek için kullanılmıştır (Crosta ve McMoore 1989). 'Crosta tekniği' granitoidler (Kalelioglu ve diğ. 2009, Aydal ve diğ. 2007) ve alterasyon sistemleri (Tangestani ve Moore 2001, Ranjbar ve diğ. 2004) için çeşitli haritalamalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Sarı (2007) tarafından Batı Anadolu'daki Altınlı Hidrotermal Alterasyon alanları ASTER görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmiştir. Belirlenen her bir alterasyon alanının, yüksek derecedeki arjilik alterasyon alanlarını işaret etmekte olduğu ve bu alanların potansiyel altın yatağı olarak araştırılabileceği ifade edilmiştir. Alterasyon kuşaklarını haritalamada bant oranlaması (Sabins 1997, Sabins 1999, Abdelsalam ve diğ. 2000), 6 TM bandı üzerinde ana bileşenler analizi (Singh ve Harrison 1985, Loughlin 1991) ve 4 bant üzerinde ana bileşenler anaizi yöntemi olan Crosta yöntemi (Crosta ve Moore 1989, Loughlin 1991, Ranjbar ve diğ. 2004), sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Genellikle uydu görüntülerinin bantlarının birbirine bölünmesi, toplanması ya da çıkarılmasıyla geliştirilen yeni görüntüler yardımıyla jeolojik yorumlamalar yapılmaktadır (Bennett ve diğ. 1993, Rowan ve Bowers 1995).

Özgen (2009) İzmir ve çevresindeki hidrotermal alterasyon zonlarını; bant oranlama, temel bileşenler analizi ve Crosta yöntemleri ile incelemiş, yaptığı çalışmada Landsat TM ve Landsat 7 ETM+ görüntüleri yardımı ile kil ve demir oksit

minerallerini barındıran alterasyon alanları belirlemiştir. Evaporit minerallerinin anomalilerini belirleme amacıyla önceki çalışmacılar tarafından 4/7 bant oranlamasının (Sabin ve Miller 1994), lineer optimizasyon yönteminin (Bryant 1996, Settle ve Drake 1993) ve altı bant üzerinde gerçekleştirilen ana bileşenler analizinin (Kargı 2004a) kullanılabileceği belirtilmiştir.

Kargı ve Sarı (2006) yaptıkları çalışmada Denizli ve civarının jeolojik durumunu uzaktan algılama yöntemleriyle incelemiştir. Yapılan çalışmada, uygulanan yöntemlerin demir mineralleri için uygun yöntemler olduğu fakat kil mineralleri için net bir anomali alanı belirlenemediği belirtilmiştir.

Bu çalışmada sadece metalik cevherleşmelere eşlik eden ikincil demir oksit oluşumlarını uydu görüntüleriyle belirlemek hedeflenmiştir. Doğrudan ikincil demir oksit oluşumlarını tespit etmede sıklıkla kullanılan yöntemler, bant oranlaması (Sabins 1997, Sabins 1999, Abdelsalam ve diğ. 2000), ve Crosta yöntemidir (Singh ve Harrison 1985, Crosta ve Moore 1989, Loughlin 1991, Ranjbar ve diğ. 2004). Aydın bölgesini kapsayan Landsat 7 ETM+ ve ASTER uydu görüntüleri üzerinde bu yöntemler uygulanmış ve anomali alanları arazide yerinde gözlemlerle ve kimyasal analizlerle test edilmiştir. Çalışma öncesinde, bölgenin jeolojisi incelenmiş, inceleme alanının yakınlarında demir cevherleşmesi olduğu tespit edilmiştir.

1.3 Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan Landsat 7 ETM+ ve ASTER bantlarının genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

1.3.1 Landsat Uydu Sistemi

Landsat uydu sistemi, doğal kaynakların, madenlerin keşfi amacıyla uzaya gönderilen ilk Uzaktan Algılama uydusudur. Uç kutup noktaları hariç tüm dünyadan görüntüler sağlamaktadır (Sabins 1999). İlk fırlatılan ERST-1 (Earth Resources Technology Satellite) olarak adlandırılan, daha sonra Landsat-1 olarak ismi değiştirilen uydu, 1972 yılında ABD Uzay Merkezi tarafından yörüngesine oturtulmuştur (Reis 2003). Landsat-2 1975'te, Landsat-3, 4 ve 5 sırasıyla 1978, 1982

ve 1984 yıllarında yörüngeye yerleştirilmiştir. Landsat-6 fırlatma sırasında tahrip olarak yörüngeye ulaşamamıştır. Landsat-7 uydusu 1999'da ve Landsat 8, 2013 yılında fırlatılmıştır.

Landsat 7 ETM+ bantları ve özellikleri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Landsat TM ve ETM+ verileri jeolojik (Schetselaar ve diğ. 2000, Fraser ve diğ. 1997) , litolojik (Gad ve Kusky 2006) ve yapısal (Boccaletti ve diğ. 1998, Yesou ve diğ. 1993), volkanik (Oppenheimer ve diğ. 1993), mercan kayalığı haritalama (Mumby ve diğ. 1997), doğal yağ sızıntı tespiti (Macdonald ve diğ. 1993), heyelan haritalama (Singhroy ve diğ. 1998, Lee ve Talib 2005) ve maden arama ile ilgili konular da dahil olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesi içinde jeolojik uzaktan algılama yaygın olarak kullanılmaktadır (Abdelsalam ve diğ. 2000, Sabins 1999, Ferrier ve diğ. 2002).

Tablo 1.1: Landsat 7 ETM+ bantları ve özellikleri (NIR: Yakın kızılötesi, SWIR: Kısa dalga kızılötesi, TIR: Termal kızılötesi, PAN: Pankromatik)

Bant	Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük	Tanım
1	0.45-0.515	30 m	Mavi
2	0.525-0.605	30 m	Yeşil
3	0.63-0.69	30 m	Kırmızı
4	0.775-0.90	30 m	NIR
5	1.55-1.75	30 m	SWIR
6	10.4-12.5	60 m	TIR
7	2.08-2.35	30 m	SWIR
8	0.52-0.9	15 m	PAN

Landsat TM görüntüleri litoloji ve alterasyon haritalaması, çizgisellik belirleme gibi amaçlarla jeolojik uzaktan algılama çalışmaları tarafından uzun yıllardır kullanılmaktadır. Özellikle bant oranlama teknikleri, dekorelasyon germe ve doygunluk geliştirme ve temel bileşen analizi (PCA) popüler teknikleri olmuştur (Chavez ve diğ. 1991, Yesou ve diğ. 1993). Landsat TM 5/7 oranı, genellikle hidroksil bantları varlığını ya da yokluğunu yansıtır bu nedenle, kilce zengin alanları belirlemek için kullanılır. Demir oksit haritalaması 3/1 bant oranı kullanılarak yapılmaktadır.

1.3.2 ASTER Uydu Sistemi

18 Aralık 1999 tarihinde Terra platformunda başlatılan ASTER uydusu (Abrams 2000, Yamaguchi ve diğ. 1998, Abrams ve Hook 1995), jeolojik uzaktan algılama toplumu için gelişmiş mineral haritalama yetenekleri sağlamıştır. ASTER, görünür ışık-yakıncı kızıl ötesinde 3 kanal, kısa dalga kızıl ötesinde 6 kanal, termal bölgede 5 kanal olmak üzere toplamda değişik mekânsal çözünürlüğe sahip 14 kanal ve bir sayısal yükseklik modelinden oluşur (Tablo 1.2). ASTER görüntülerinin geniş bant aralığına sahip olması, mineral ve alterasyon alanlarının daha detaylı bir şekilde haritalanmasına olanak sağlamaktadır (MTA, 2009). Bu görüntüler; jeotermal yatakların, hidrotermal alanların, jeolojik yapıların belirlenmesi amacıyla özellikle kil mineralleri, sülfat mineralleri, karbonat mineralleri, demir oksit ve silis alterasyon haritaları, sayısal yüzey haritaları üretmek için kullanılır.

Tablo 1.2: ASTER bantları ve özellikleri (VNIR: Görünür ve yakın kızıl ötesi, SWIR: Kısa dalga kızıl ötesi, TIR: Termal kızıl ötesi)

Bant	Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük	Tanım
B1	0.52 - 0.60	15	VNIR
B2	0.63 - 0.69	15	VNIR
B3N	0.76 - 0.86	15	VNIR
B3B	0.76 - 0.86	15	VNIR, geriye bakış
B4	1.600–1.700	30	SWIR
B5	2.145–2.185	30	SWIR
B6	2.185–2.225	30	SWIR
B7	2.235–2.285	30	SWIR
B8	2.295–2.365	30	SWIR
B9	2.360–2.430	30	SWIR
B10	8.125–8.475	90	TIR
B11	8.475–8.825	90	TIR
B12	8.925–9.275	90	TIR
B13	10.250–10.950	90	TIR
B14	10.950–11.650	90	TIR

Tarama alanı genişliği 60 km ve zamansal çözünürlük <16 gündür. Ne yazık ki, ASTER’de, Landsat TM’de olan mavi dalga boyunda bir bant yoktur. Bu nedenle ASTER doğal renk kompozit görüntüler üretemez.

2. BÖLGENİN JEOLJİSİ

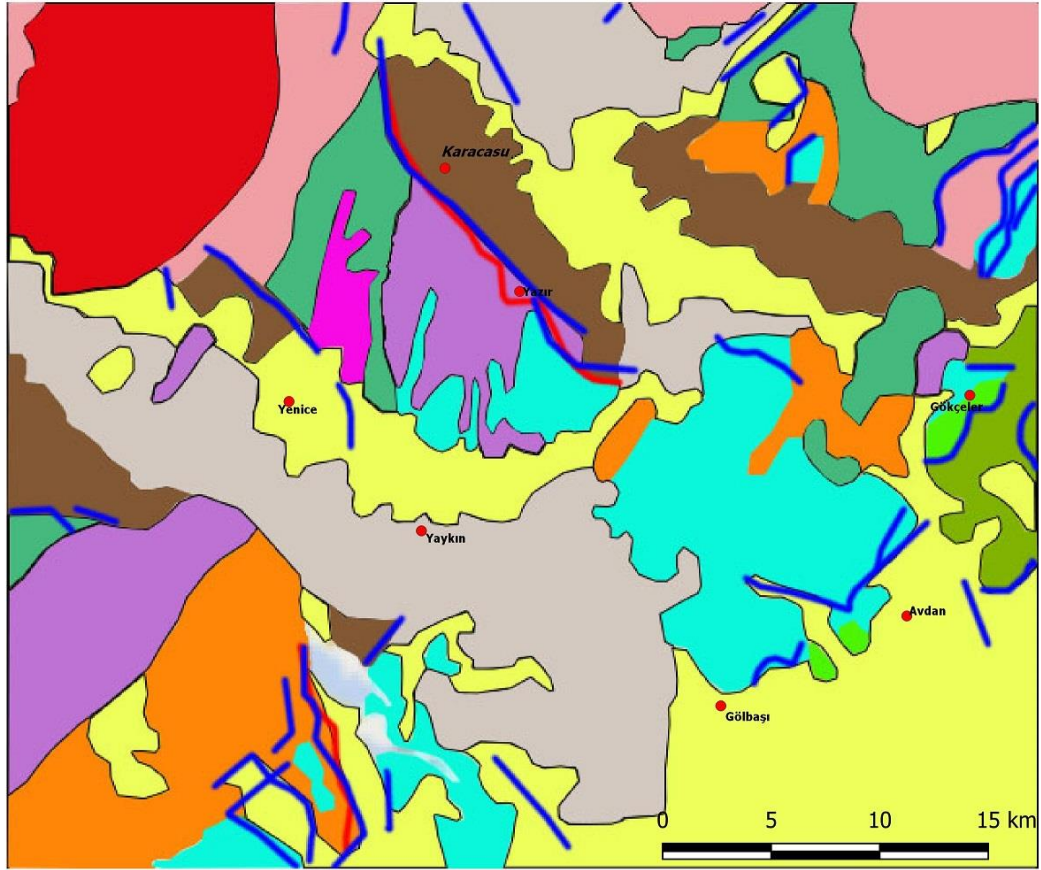
Çalışma alanının temel kayaçları çoğunlukla metamorfiklerden ve doğuda sınırlı bölgelerde ofiyolitlerden oluşmuş olup (Şekil 2.1), bu birimlerin üzerine birbirinden uyumsuzluk ile ayrılan iki sedimanter istif gelir (Açıkalin, 2005). Alttaki istif olan Dandalas grubu, Açıkalin (2005) tarafından farklı kayaç topluluklarından oluşan iki litostratigrafi birimine ayrılmıştır. Temel kayaçları üzerinde karasal çökeller ile başlayan grup, Damdere formasyonu; yukarıya doğru gösel özellikler sunan Karacaören formasyonuna geçer. Dandalas grubu, kaba kırıntılı çökellerden oluşan Karacasu formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Bölgedeki birimlerin bazı kısımları çeşitli alanlarda güncel alüvyonlar ile örtülür (Açıkalin 2005).

2.1 Temel Kayaçları

Bölgede; Menderes masifini oluşturan çekirdek ve örtü metamorfikleriyle (Bozkurt ve Oberhansli 2001), bunları tektonik olarak üzerleyen ofiyolitler tüm diğer çökeller için temel niteliği taşır ve onlara malzeme sağlar (Açıkalin 2005).

2.1.1 Metamorfik Kayaçlar

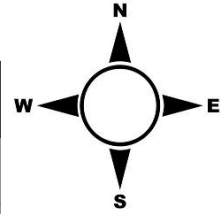
Çalışma alanında metamorfik temel olarak; birbirlerine yanal ve düşey geçişler gösteren gnays, şist, kuvarsit ve mermerler bulunur (Şimşek ve Yılmaz 1977). Gnayslar genellikle iki mikalıdır (Şekil 2.2.a) ve kimi kısımları gözlü gnays olarak tanımlanmıştır (Nebert 1955, Kastelli 1971). Bölgede bulunan en yaygın metamorfik birim olan şistlerin, Açıkalin (2005) tarafından çoğunlukla mikaşist karakterinde olduğu belirtilmiştir. Bu şistlerin bazı yerlerde granat içerdikleri gözlenmiştir (Şekil 2.2.b).



AÇIKLAMALAR

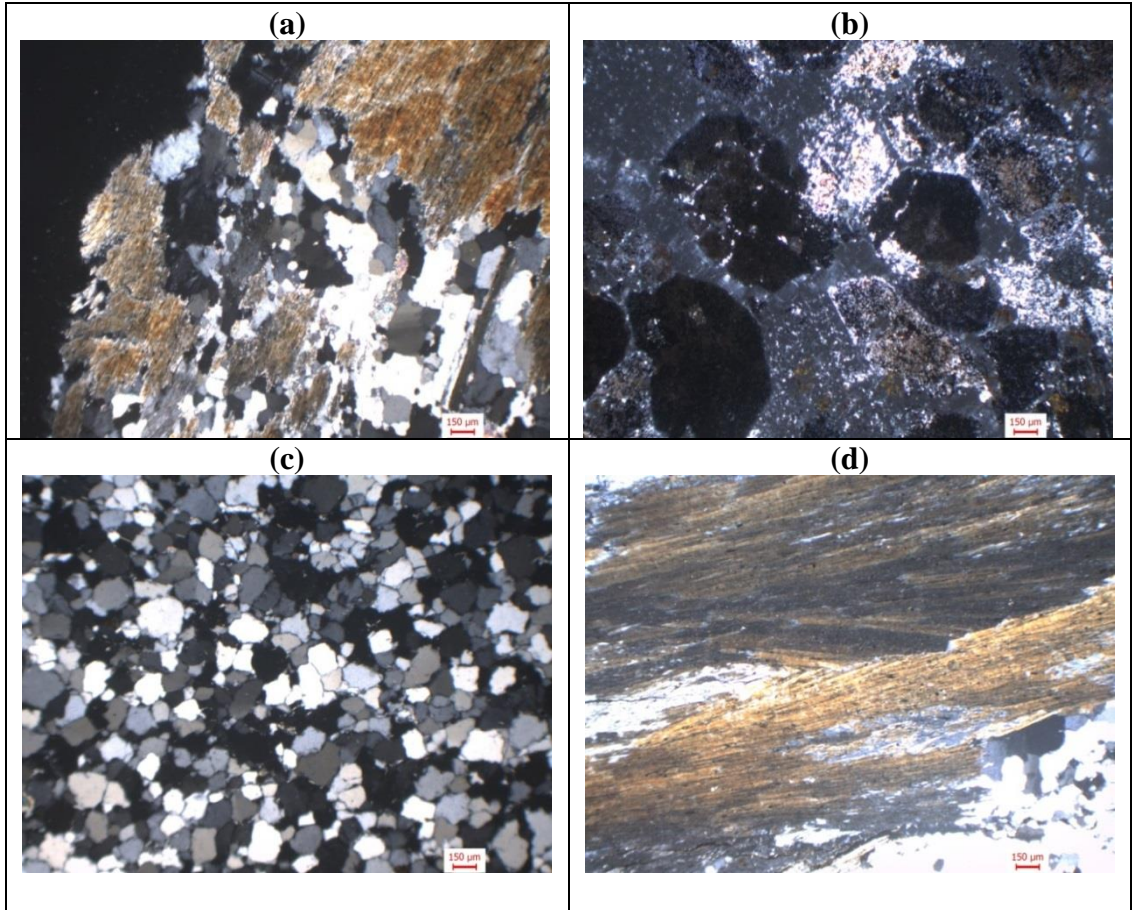
- Kuvaterner - Alüvyon, Yamaç Molozu
- Üst Miyosen - Gölsel Karbonatlar
- Miyosen - Karasal Kırıntılar
- Jura - Kretase - Mermer
- Mesozoyik - Peridotit
- Alt Triyas - Şist, Kalkşist
- Paleozoyik - Şistler
- Paleozoyik - Mermer
- Paleozoyik - Kuvarsit, kuvarşist
- Üst Paleozoyik - Fillit
- Prekambriyen - Gnays
- Prekambriyen - Granitoid
- Faylar
- Diri Faylar

Karacasu Formasyonu ve Güncel Alüvyonlar
Dandalas Grubu
Temel Kayaçlar (Metamorfikler ve Ofiyolitler)



Şekil 2.1: İnceleme alanının jeolojik haritası (MTA (2019)'dan basitleştirilerek hazırlanmıştır).

Kastelli (1971) tarafından yapılan çalışmada Hacıhıdırlar köyü yakınındaki şistler granat-muskovitbiyotit-albit-kuvars-şist olarak tanımlanmıştır. Diğer bir metamorfik kayaç grubu olan kuvarsitler Kastelli (1971); Şimşek ve Yılmaz (1977) tarafından, mikaşistler ve gnayslar içinde arabantlar halinde buldukları belirtilmiştir (Şekil 2.2.c,d). Alanda bulunan mermerler ise mikaşistler arasında yaygın olarak bulunur ve çoğunlukla mika içerirler. Mermerler bazı yerlerde kalkışist görünümündedir (Kastelli 1971). MTA (2019) tarafından hazırlanan yer bilimleri haritasına göre, bölgede bulunan metamorfik kayaçların yaşları Prekambriyen'den Jura-Kretase'ye kadar değişmektedir.



Şekil 2.2: Metamorfik temel içerisindeki bazı kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri. Tüm görüntüler çift nikolde alınmıştır. a) Gnays, b) Şistler içerisinde gözlenen granatlar, c) Kuvarsit, d) Mikaşist kuvarsit dokanağı

2.1.2 Ofiyolitik Kayaçlar

Çalışma alanında sınırlı bir yayılıma sahip olan ofiyolitik kayaçlar, alanın doğusunda bulunan Gökçeler köyü civarında yüzeylenmiş olup, üzerlerinde bulunan çökellere temel oluşturmuş ve çakıl sağlamıştır (Açıkalin 2005). Oldukça altere ultramafiklerden oluşan birimin kimi kısımları neredeyse tamamen serpantinleşmiştir (Açıkalin 2005). Bu kaya topluluğu MTA (2019) tarafından Mesozoyik yaşlı peridotitler olarak adlandırılmıştır.

2.2 Dandalas Grubu

Graben içinde temel kayaçlarını üzerleyen Dandalas grubu, Damdere formasyonu ve Karacaören formasyonu olmak üzere iki litostratigrafi biriminden oluşur (Açıkalin 2005). Kırmızı karasal kırıntılardan oluşan Damdere formasyonunun yukarıya doğru marn, kireçtaşı ve ince kırıntılardan oluşan Karacaören formasyonuna geçtiği Açıkalin (2005) tarafından belirtilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Dandalas grubunun arazideki görüntüsü (Gölbaşı yerleşim yerinin yaklaşık kuzey doğusu)

2.2.1 Damdere Formasyonu

Karacasu Grabeni'nde temel kayaları üzerine gelen ilk istif olan Damdere formasyonu (Açıkalin 2005), Kastelli (1971) tarafından "konglomera-gre-marn karmaşığı" olarak tanımlanmıştır. Damdere formasyonu Miyosen yaşlı karasal kırıntılardan oluşmaktadır (MTA 2019).

Damdere formasyonu grabenin doğu kenarında yaklaşık KD-GB uzanımlı 4 adet eski vadiyi doldurmuş olarak bulunur (Açıkalin 2005). Kastelli (1971) tarafından da kırıntılıların eski topoğrafyadaki çukur alanlarda biriktiği ifade edilmiştir. Açıkalin (2005) yaptığı çalışmada 195 m kalınlığında Damdere ölçülü stratigrafik kesitini hazırlamıştır. Bu çalışmaya göre, Damdere formasyonunun, çoğunlukla geçişli veya aşınmalı dokanak ilişkileri sunan, çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve çakıllı çamurtaşı araldanmasından oluştuğu, tane boyları genellikle 2-5 cm arasında değişen, yer yer 25-30 cm'ye varabilen, köşeli/yarı yuvarlak metamorfik çakıllar içerdiği ve birimin bazı kesimlerinde benzer özelliklerde ofiyolit çakılları bulunduğu belirtilmiştir. Yukarıya doğru genel bir tane boyu incelmeye sergileyen Damdere formasyonu yanal ve düşey yönde Karacaören formasyonuna geçer (Açıkalin 2005).

2.2.2 Karacaören Formasyonu

Damdere formasyonunu uyumlu olarak üzerleyen ve görsel karakterler sunan Karacaören formasyonu, Karacasu'dan kuzeye doğru grabenin doğu kenarı boyunca ve güneyde Çamarası ve Aşağıçamarası köyleri arasında parçalı olmayan ve oldukça geniş bir yayılım sunar (Açıkalin 2005). Açıkalin (2005) yaptığı çalışmada, Karacaören köyünün güneybatısındaki tip kesitinde istifin; fosilli gri/beyaz çamurtaşı, marn, kireçtaşı ve ender olarak kumtaşı araldanmasından oluştuğunu, birim içinde özşekilli jips kristalleri içeren seviyelerin de bulunduğunu belirtmiştir. Yer yer gözlenen jipslerin oluşumuna Dağ (1990) çökeltim sırasındaki şiddetli bir kuraklığın neden olduğunu ileri sürmüştür. Altta kumlu/siltli seviyeler ile kireçtaşı-marn araldanmasının gözlemlendiği istifte yukarılara doğru kireçtaşı-marn-çamurtaşı

ardalanmasının baskın hale geldiği Açıkalın (2005) tarafından belirtilmiştir. MTA (2019)'nın görsel karbonatlar olarak adlandırdığı birimlerin yaşı Üst Miyosen olarak belirtilmiştir.

2.3 Karacasu Formasyonu

Grabenin batı kenarı ve GD kesiminde yüzeyleyen ve Dandalas grubunun üzerine açılal uyumsuzluk ile gelen Karacasu formasyonu çamurtaş, kumtaş ve çakıltaş ardalanmasından oluşur (Açıkalın 2005). Formasyon, Ocakoğlu ve diğ. (2005) tarafından kenar faylarının önünde gelişmiş yelpaze çökelleri olarak değerlendirilmiştir. Açıkalın (2005) tarafından, formasyonun Karacasu güneyindeki yaklaşık 45 m'lik tip kesitinde sarımsı, kırmızımsı renkli, gevşek/yarı tıkız, kumtaş, çamurtaş, çakıllı kumtaş, çakıllı çamurtaş ve çakıltaşından oluştuğı belirtilmiş, istifin alt kesimlerinde paleo-toprak seviyeleri ve kaliçi yumruları, çakıllı ve kumlu seviyelerde ise çapraz tabakalanmalar gözlendiğı ifade edilmiştir. Nebert (1955)'e göre Geç Pliyosen-Kuvaterner'e, Kastelli (1971)'ye göre de Üst Pliyosen'e yaşlandırılan Karacasu formasyonu, MTA (2019) tarafından Pleyistosen'e yaşlandırılmıştır.

Açıkalın (2005) tarafından yapılan çalışmada, örneklerin birçoğunda demir oksit zenginleşmeleri ve spartit yığılımları tespit edilmiştir.

2.4 Güncel Alüvyonlar

Çalışma alanında Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze, akarsu yatak ve taşkın çökellerinden oluşan güncel alüvyonlar sınırlı alan kaplamakta olup, grabenin merkezinde konumlanan, çalışma alanının en büyük akarsuyu olan Dandalas çayı ve onun kollarından biri, Geyre çayı, güncel sedimantasyonun diğere kaynaklarıdır (Şekil 2.4, Açıkalın 2005). Bu çökellerin Büyük Menderes Grabeni'nin içinde ve kenarlarında gelişen güncel çökellere fiziksel olarak bağlandıkları belirtilmiştir (Açıkalın 2005).



Şekil 2.4: Güncel alüvyonların arazide görünümü

3. YÖNTEM

Bu çalışma, ofis çalışması, arazi çalışması ve laboratuvar çalışması olarak üç bölüme ayrılabilir. Ofis çalışmaları, uydu görüntüleri üzerinde yapılan; birleştirme, mozayikleme, yeniden boyutlandırma gibi hazırlık işlemleri ve sonrasında yeni anomali görüntüleri oluşturarak bunların diğer verilerle kıyaslanması, analiz edilmesi şeklindedir. Arazi çalışmalarında ise uydu görüntüleri aracılığıyla belirlenen anomali alanları arazide yerinde kontrol edilmiştir. Uydu görüntülerinde belirlenen bölgelerin coğrafi koordinatları belirlendikten sonra GPS ile arazide aynı koordinatlar bulunarak gözlemler yapılmış, analiz edilmek üzere numune alınmıştır. Laboratuvar çalışmalarında ise; ince kesitlerin polarizan mikroskopta incelemesi ve yorumlanması yapılmış, toprak örnekleri üzerinde XRF analizleri yapılmıştır.

3.1 Uydu Görüntülerinin Hazırlanması ve Kullanılan Bilgisayar Programları

28.08.2000 tarihinde Landsat 7 ETM+ algılayıcısından alınan, Denizli ilinin hemen hemen tamamını içerisine alan p179r34 görüntüsü dağıtıcı firma tarafından ortorektifiye edilmiştir. Çalışmada kullanılan altı bandın (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 ve TM7) mekânsal çözünürlüğü 28.5m / pikseldir. İnceleme alanı bu görüntü kırılarak elde edilmiş ve çalışmalar inceleme alanı görüntüsü üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanı dört adet ASTER görüntüsünün çakıştığı bir bölgededir. Ortorektife edilmemiş Level 1b olarak elde edilen görüntülerin alındığı tarih ve kimlikleri aşağıda verilmiştir:

2005/08/10-2 ID: ASTL1A 0508100857040508130242

2005/08/10-3 ID: ASTL1A 0508100857130508130243

2007/09/01-2 ID: ASTL1A 0709010858010709040279

2007/09/01-3 ID: ASTL1A 0709010858090709040280

Dört ASTER görüntüsü ENVI programı ile mozayiklendikten sonra, kırılarak inceleme alanı görüntüleri oluşturulmuştur. VNIR bantlarının mekânsal çözünürlüğü ile aynı olması için SWIR bantlarının pikselleri yine ENVI programı ile yeniden boyutlandırılarak 30 m'den 15 m'ye düşürülmüştür.

Görüntü işlemede ENVI'ye ilaveten zaman zaman MultiSpec (Biehl and Landgrebe 2019) programı da kullanılmıştır. Koordinatları arazide bulurken, 3 m hassasiyetli bir el GPS'i kullanılmıştır.

3.2 Arazi Çalışmaları ve Örnek Alımı

Uydu görüntülerinde tespit edilen anomali alanlarının coğrafi koordinatları belirlenerek GPS ile arazide aynı koordinatlar bulunarak gözlemler yapılmış, analiz edilmek üzere numune alınmıştır. Arazi çalışmaları, harita yapımı ya da kesit hazırlanması amacıyla yapılan arazi çalışmalarından farklı olarak, sadece belirlenen anomali bölgelerini arazide kontrol etme şeklindedir.

3.3 Örneklerin Kimyasal Analizleri

Kimyasal analizler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRF Laboratuvarı'nda Spectro XEPOS-II PEDXRF cihazı kullanılarak yapılmıştır. El ve toprak örnekleri, halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş, elde edilen örnek tozundan 6.25 gr alınarak, 1.40 gr bağlayıcı wax ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karışım halindeki örnek tozu 15-20 N/m basınç altında, 40 mm çapında bir tablet şeklinde sıkıştırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Analizler USGS'in sedimanter kayalar için oluşturduğu standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir. Analizden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Element	Birim/Örnek No	2-100	2-101A	2-101B	2-102	2-78	2-79
Si	%	25.60	24.29	17.60	9.64	11.94	12.10
Al	%	15.29	10.97	2.90	24.05	5.05	4.76
Fe	%	1.63	3.77	30.74	15.89	3.23	3.03
Mg	%	0.51	0.76	0.10	0.15	3.39	1.38
Ca	%	< 0.0010	0.70	0.01	1.88	14.13	15.86
Na	%	0.64	0.35	0.08	1.32	0.32	0.24
K	%	4.32	1.60	0.02	0.40	0.98	0.90
Ti	%	0.90	0.50	0.25	1.77	0.24	0.24
Mn	%	0.00	0.08	0.10	0.06	0.06	0.07
P	ppm	224	608	461	1694	431	519
S	ppm	<2	306	50	<2	96	166
Cl	ppm	4	13	< 2.0	38	16	17
V	ppm	234	117	108	354	95	76
Cr	ppm	125	131	38	176	471	605
Co	ppm	32	92	26	161	48	55
Ni	ppm	16	91	83	261	429	470
Cu	ppm	3	18	25	8	24	18
Zn	ppm	21	53	44	28	58	49
Ga	ppm	37	16	3	64	10	7
Ge	ppm	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
As	ppm	< 0.5	12	7	20	5	4
Se	ppm	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1	0
Rb	ppm	189	66	< 0.5	10	50	44
Sr	ppm	645	59	< 0.5	158	193	102
Y	ppm	26	28	30	180	12	13
Zr	ppm	460	365	251	630	91	110
Nb	ppm	34	17	7	53	7	7
Mo	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	1	< 2.0
Sn	ppm	18	17	14	25	16	14
Sb	ppm	< 3.0	< 3.0	< 3.0	23	0	< 3.0
Cs	ppm	< 4.0	< 4.0	< 4.0	16	< 4.0	< 4.0
Ba	ppm	197	249	44	32	220	204
La	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	407	< 2.0	20
Ce	ppm	< 2.0	< 2.0	16	366	< 2.0	< 2.0
Pr	ppm	7	2	< 2.0	40	7	8
Nd	ppm	33	87	< 2.0	100	37	39
Hf	ppm	12	9	< 1.0	8	3	5
Ta	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2
W	ppm	183	490	248	1237	26	92
Hg	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Pb	ppm	35	18	< 1.0	33	14	14
Bi	ppm	1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	0	< 1.0
Th	ppm	5	12	14	49	7	7
U	ppm	6	< 0.5	< 3.7	2	< 0.5	< 1.0

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (devam)

Element	Birim/Örnek No	2-80	2-81A	2-81B	2-81C	2-82A	2-82B
Si	%	12.35	24.74	9.84	9.64	12.34	8.32
Al	%	6.57	11.86	23.62	21.69	7.38	18.67
Fe	%	3.13	5.13	26.25	29.27	3.61	22.01
Mg	%	0.97	1.11	0.60	0.64	0.74	0.40
Ca	%	17.24	1.29	1.65	0.07	15.56	1.80
Na	%	0.18	0.30	0.78	0.36	0.19	0.30
K	%	1.01	1.53	0.04	0.03	1.09	0.02
Ti	%	0.34	0.62	1.05	0.94	0.37	0.92
Mn	%	0.08	0.12	0.22	0.08	0.07	0.04
P	ppm	711	614	768	774	619	484
S	ppm	184	157	<2	<2	144	<2
Cl	ppm	20	6	7	8	14	27
V	ppm	92	148	615	912	105	746
Cr	ppm	191	331	407	436	225	409
Co	ppm	27	64	142	92	29	68
Ni	ppm	136	176	223	209	135	172
Cu	ppm	22	31	8	8	21	20
Zn	ppm	67	97	652	699	77	445
Ga	ppm	13	22	57	59	15	58
Ge	ppm	1	1	< 0.5	< 0.5	1	1
As	ppm	8	13	12	8	8	5
Se	ppm	1	1	< 0.5	< 0.5	0	< 0.5
Rb	ppm	58	92	5	6	64	5
Sr	ppm	116	70	58	< 0.5	67	< 0.5
Y	ppm	19	43	274	394	25	205
Zr	ppm	177	385	451	392	204	378
Nb	ppm	14	22	21	28	12	24
Mo	ppm	< 1.0	1	< 1.0	< 1.0	1	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	1	< 2.0	< 2.0
Sn	ppm	16	18	17	16	16	19
Sb	ppm	1	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0
Cs	ppm	31	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0
Ba	ppm	186	323	< 2.0	< 2.0	202	< 2.0
La	ppm	24	< 2.0	145	< 2.0	28	103
Ce	ppm	< 2.0	< 2.0	108	< 2.0	< 2.0	153
Pr	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	84	< 2.0	< 2.0
Nd	ppm	68	113	< 6.3	88	69	< 2.0
Hf	ppm	4	6	< 1.0	< 1.0	5	< 1.0
Ta	ppm	< 1.0	< 1.4	< 3.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0
W	ppm	12	148	299	133	26	51
Hg	ppm	< 1.0	3	< 1.0	< 1.0	1	< 1.0
Pb	ppm	22	37	10	6	31	10
Bi	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Th	ppm	10	15	48	42	11	42
U	ppm	< 1.0	< 0.5	3	< 1.0	< 1.0	< 1.0

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (devam)

Element	Birim/Örnek No	2-83	2-84	2-85	2-86	2-87	2-88A
Si	%	19.19	21.67	23.00	21.08	10.43	23.22
Al	%	12.58	9.85	11.55	11.48	2.45	11.04
Fe	%	4.89	6.26	4.11	4.40	54.40	3.91
Mg	%	0.71	0.54	0.57	0.93	0.46	1.03
Ca	%	1.66	0.34	0.33	0.96	0.09	0.54
Na	%	0.45	0.43	0.40	0.45	0.27	0.45
K	%	1.38	1.20	1.40	1.21	0.58	1.59
Ti	%	0.49	0.63	0.49	0.57	0.08	0.58
Mn	%	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04	0.09
P	ppm	539	536	604	695	810	584
S	ppm	122	70	120	189	2	158
Cl	ppm	10	12	11	13	222	22
V	ppm	141	134	130	132	124	105
Cr	ppm	148	217	157	239	120	144
Co	ppm	43	48	38	44	< 3.0	43
Ni	ppm	83	82	61	93	32	70
Cu	ppm	24	24	18	21	109	26
Zn	ppm	81	56	63	72	22	62
Ga	ppm	19	13	14	15	< 0.5	14
Ge	ppm	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
As	ppm	28	23	22	8	2	7
Se	ppm	1	1	0	0	< 0.5	0
Rb	ppm	65	43	50	45	29	59
Sr	ppm	119	96	101	111	< 0.5	85
Y	ppm	35	18	20	27	26	27
Zr	ppm	323	389	374	348	16	352
Nb	ppm	17	18	17	21	1	18
Mo	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Sn	ppm	14	15	15	16	8	16
Sb	ppm	2	2	< 3.0	< 3.0	< 3.0	1
Cs	ppm	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0
Ba	ppm	236	138	261	169	17	261
La	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	47	< 2.0	57
Ce	ppm	124	85	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Pr	ppm	41	38	< 2.0	1	< 2.0	< 2.0
Nd	ppm	74	52	93	85	< 2.0	79
Hf	ppm	11	7	8	8	< 1.0	11
Ta	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2	< 1.0	< 1.3
W	ppm	86	138	136	87	301	127
Hg	ppm	2	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Pb	ppm	28	22	29	24	4	30
Bi	ppm	< 0.6	0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Th	ppm	13	10	11	12	33	13
U	ppm	1	1	2	1	< 1.0	1

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (devam)

Element	Birim/Örnek No	2-88B	2-89	2-89B	2-90A	2-90B	2-91A
Si	%	12.75	22.28	23.91	20.70	10.52	23.16
Al	%	30.57	11.45	0.24	13.70	1.95	11.41
Fe	%	14.86	4.26	26.87	4.19	41.09	3.51
Mg	%	0.13	1.09	0.06	0.75	0.04	0.72
Ca	%	0.18	0.76	0.01	0.41	< 0.0010	0.44
Na	%	0.99	0.43	< 0.010	0.33	0.14	0.30
K	%	0.07	1.57	0.01	1.55	0.01	1.31
Ti	%	1.59	0.55	0.11	0.46	0.21	0.45
Mn	%	0.05	0.09	0.01	0.04	0.06	0.05
P	ppm	778	603	343	509	340	452
S	ppm	<2	206	161	186	<2	118
Cl	ppm	26	8	< 2.0	9	16	14
V	ppm	336	125	51	138	56	106
Cr	ppm	161	161	5	139	41	132
Co	ppm	93	41	26	28	< 3.0	72
Ni	ppm	135	80	53	95	37	77
Cu	ppm	6	31	10	13	3	14
Zn	ppm	84	69	41	52	49	44
Ga	ppm	43	16	< 0.5	19	< 0.5	15
Ge	ppm	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
As	ppm	4	9	< 0.5	9	< 0.5	10
Se	ppm	< 0.5	0	< 0.5	0	< 0.5	0
Rb	ppm	3	62	5	65	12	54
Sr	ppm	48	85	< 0.5	50	< 0.5	48
Y	ppm	59	27	26	21	29	22
Zr	ppm	558	328	117	359	256	324
Nb	ppm	42	19	2	16	8	16
Mo	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	1
Sn	ppm	22	18	11	17	13	19
Sb	ppm	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0
Cs	ppm	19	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0
Ba	ppm	21	285	< 2.0	213	< 2.0	193
La	ppm	114	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	6
Ce	ppm	146	< 2.0	< 2.0	< 2.0	6	31
Pr	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	3	< 2.0	9
Nd	ppm	9	85	22	81	< 2.0	76
Hf	ppm	4	7	< 1.0	8	< 1.0	9
Ta	ppm	< 1.0	< 1.4	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
W	ppm	620	72	532	54	73	334
Hg	ppm	< 1.0	1	< 1.0	2	< 1.0	< 1.0
Pb	ppm	9	40	8	18	< 1.0	14
Bi	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Th	ppm	46	12	11	12	44	11
U	ppm	2	1	< 1.0	< 1.0	< 5.9	< 1.0

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (devam)

Element	Birim/Örnek No	2-91B	2-92	2-93A	2-93B	2-94	2-95
Si	%	4.13	21.91	25.32	3.34	20.43	20.56
Al	%	1.07	12.00	10.02	3.12	14.06	12.45
Fe	%	57.24	4.14	2.89	48.13	5.59	5.12
Mg	%	0.03	0.75	0.65	0.09	0.52	0.90
Ca	%	0.03	0.52	0.35	0.04	0.45	1.72
Na	%	0.15	0.29	0.39	0.35	0.42	0.35
K	%	0.03	1.23	1.19	0.65	1.24	1.29
Ti	%	0.26	0.50	0.65	0.04	0.49	0.58
Mn	%	0.01	0.04	0.08	6.17	0.04	0.07
P	ppm	222	469	704	647	539	574
S	ppm	<2	134	199	15	111	160
Cl	ppm	21	21	30	10	5	14
V	ppm	278	127	70	279	157	128
Cr	ppm	30	146	164	49	156	202
Co	ppm	122	47	43	302	38	60
Ni	ppm	< 0.5	74	54	130	84	111
Cu	ppm	< 0.5	16	16	109	18	24
Zn	ppm	32	50	37	145	74	92
Ga	ppm	< 0.5	16	11	< 0.5	20	19
Ge	ppm	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1	< 0.5
As	ppm	< 0.5	15	6	107	14	11
Se	ppm	< 0.5	1	0	< 0.5	1	< 0.5
Rb	ppm	17	58	46	46	59	64
Sr	ppm	< 0.5	56	55	47	127	107
Y	ppm	46	24	24	48	19	30
Zr	ppm	61	366	473	38	271	305
Nb	ppm	1	16	19	< 1.0	18	19
Mo	ppm	1	< 1.0	< 1.0	12	< 1.0	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	0	< 2.0	< 2.0
Sn	ppm	7	15	12	8	17	16
Sb	ppm	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0
Cs	ppm	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0	< 4.0
Ba	ppm	< 2.0	215	208	3201	237	232
La	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0	42
Ce	ppm	16	< 2.0	76	< 2.0	< 2.0	107
Pr	ppm	< 2.0	< 2.0	52	28	< 2.0	58
Nd	ppm	< 2.0	84	53	< 2.0	87	67
Hf	ppm	< 1.0	10	13	< 1.0	5	8
Ta	ppm	< 1.0	2	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
W	ppm	11	178	147	< 1.0	51	192
Hg	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2	1
Pb	ppm	1	16	16	36	32	29
Bi	ppm	< 1.0	1	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Th	ppm	43	13	12	28	15	14
U	ppm	< 8.0	1	1	< 6.9	1	1

Tablo 3.1: Araziden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (devam)

Element	Birim/Örnek No	2-96	2-97	2-98	2-99
Si	%	19.13	22.13	20.23	29.63
Al	%	12.88	12.75	11.63	19.28
Fe	%	5.51	4.97	4.94	0.21
Mg	%	0.77	0.73	0.91	0.17
Ca	%	1.31	0.61	2.09	0.01
Na	%	0.32	0.40	0.37	0.27
K	%	1.25	1.31	1.36	0.03
Ti	%	0.52	0.63	0.56	1.55
Mn	%	0.07	0.08	0.10	0.00
P	ppm	578	592	470	320
S	ppm	140	85	95	<2
Cl	ppm	5	11	6	< 2.0
V	ppm	140	139	151	218
Cr	ppm	170	190	180	179
Co	ppm	41	49	54	81
Ni	ppm	119	90	102	36
Cu	ppm	28	25	28	4
Zn	ppm	102	80	90	6
Ga	ppm	21	19	18	40
Ge	ppm	< 0.5	1	< 0.5	< 0.5
As	ppm	12	8	7	2
Se	ppm	0	1	0	< 0.5
Rb	ppm	66	57	64	1
Sr	ppm	99	122	127	13
Y	ppm	34	26	31	20
Zr	ppm	249	288	259	512
Nb	ppm	19	21	19	52
Mo	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Ag	ppm	< 2.0	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Cd	ppm	< 2.0	< 2.0	0	< 2.0
Sn	ppm	13	15	17	19
Sb	ppm	< 3.0	< 3.0	1	1
Cs	ppm	< 4.0	< 4.0	15	< 4.0
Ba	ppm	246	273	291	9
La	ppm	31	< 2.0	47	50
Ce	ppm	102	61	29	110
Pr	ppm	45	53	< 2.0	159
Nd	ppm	84	69	103	69
Hf	ppm	6	7	9	14
Ta	ppm	< 1.0	< 1.0	3	< 1.2
W	ppm	70	76	160	465
Hg	ppm	2	1	2	< 1.0
Pb	ppm	32	27	28	9
Bi	ppm	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1
Th	ppm	15	13	15	18
U	ppm	< 0.5	1	1	1

3.4 Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri

Bu çalışmada inceleme alanındaki demir oksit anomalilerini bulmak ve vurgulamak için uygulanan görüntü işleme yöntemleri: Bant oranlaması, Ana Bileşenler Analizi ve Hedef Bulma yöntemleridir. Bant oranlaması hem Landsat ETM+ hem de ASTER görüntülerine uygulanmıştır. Ana bileşenler analizinde ise Landsat ETM+ görüntüsünde Crosta tekniği (Crosta ve Moore 1989) uygulanmıştır. Hedef bulma yöntemlerinden ise Spektral Açılı Haritalayıcısı (Spectral Angle Mapper, SAM), Eşleştirilmiş Filtreleme (Matched Filter, MF), Uyarlanabilen Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (Adaptive Coherence/Cosine Estimator, ACE) ve Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (Constrained Energy Minimization, CEM) uygulanmıştır.

Maden arama çalışmaları için cevher mineralinin spektrasına ve Uydu Algılayıcı bantlarının dalga boyu aralıklarına bakılarak bant oranlaması tekniği kullanılır. Demir oksit mineralleri için Landsat ETM+ de 3/1 ve ASTER 2/1 bant oranlaması kullanılarak yeni görüntüler oluşturulmuştur. Diğer bir yöntem Crosta yöntemidir. Bu yöntemde Landsat TM veya ETM+ bantlarının dördü veya altısı kullanılır. Altı bant kullanıldığı durumda, özvektör matrisine bakılır ve hangi ana bileşenin kil mineralleri veya demir oksit minerallerini haritaladığına karar verilir. Dört bant kullanıldığı durumda, kil mineralleri için 1,4,5,7 bantları; demir oksit mineralleri için 1,3,4,5 bantları kullanılır. Son bileşen görüntüsü kil mineralleri veya demir oksit minerallerini haritalar.

4. BULGULAR

İnceleme alanı görüntülerine aşağıda detaylı olarak anlatılan ve maden aramada kullanılan yöntemler uygulanarak özellikle demir oksitçe zengin alanlar belirlenmeye ve sınırları belirginleştirilmeye çalışılmıştır. Öncü arazi çalışmaları ile Landsat ETM+ 321(RGB) görüntüsünde kahverengi-kırmızı alanlarla beliren alanların yoğun demir oksit boyamalarının görüldüğü alanlar olduğu arazi çalışmalarında gözlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: İnceleme alanının Landsat ETM+ 321 (RGB) görüntüsü. Kahverengi-kırmızı alanlar yoğun demir oksit boyamaların olduğu alanlar

4.1 Bant Oranlaması

Jeolojide uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan bant oranlama yöntemi, minerallerin yansıma değerlerini dikkate alarak minerallerin belirlenmesine olanak sağlar (Kavak 2005). Bant oranlaması, temel olarak görüntü bantlarından birinin piksel sayısal değerlerinin diğerinin piksel sayısal değerlerine bölünmesidir. Bant oranlaması materyaller arasındaki spektral farklılıkları belirginleştirir. Bant oranlaması ile yüksek değer veren mineraller açık renk tonları ile temsil edilirler. Jeolojik çalışmalarda bant oranlaması kullanılarak elde edilen ve yaygın olarak kullanılan endeksler şu şekildedir:

Kil Mineralleri Oranlaması

Kırsaldalga kızıl ötesi bir bandın (SWIR1) değerine (SWIR2) bölünmesiyle elde edilen görüntüdür:

$$\text{Kil Mineralleri Oranlaması} = \frac{SWIR1}{SWIR2} \quad (4.1)$$

SWIR1'in dalga boyu aralığı: 1.55-1.75 μm ve SWIR2'nin dalga boyu aralığı ise: 2.08-2.35 μm 'dir. Landsat TM and ETM+ için, bu dalga boyu aralıkları bant 5 (SWIR1) ve bant 7 (SWIR2)'ye karşılık gelmektedir ancak bu endeks ve aşağıda belirtilen diğer endeksler bahsedilen dalga boyu aralığında bantları olan tüm algılayıcılar için kullanılabilir.

Bu bant oranlama yöntemi ile kil mineralleri ve alunit içeren hidrotermal alanlar belirlenebilir (Drury 1987).

Ferrus Mineral Oranlaması

Demir içeren mineralleri vurgulayan bir oranlama çeşididir (Segal 1982):

$$\text{Ferrus Mineral Oranlaması} = \frac{SWIR}{NIR} \quad (4.2)$$

SWIR: 1.55-1.75 µm ve NIR: 0.76-0.9 µm dalga boyu aralıklarını ifade etmektedir. Landsat TM and ETM+ karşılık gelen bantlar ise bant 5 (SWIR) ve bant 4 (NIR)'dür.

Demir Oksit Oranlaması

Bu oranlama hidrotermal alterasyona uğramış ve oksitlenmiş kayaçları ortaya çıkarmak için kullanılan bir oranlamadır (Segal 1982):

$$\text{Demir Oksit Oranlaması} = \frac{\text{Red}}{\text{Blue}} \quad (4.3)$$

Red: 0.63-0.69 µm ve Blue: 0.45-0.52 µm dalga boyu aralıklarını temsil etmektedir ve Landsat TM and ETM+ karşılık gelen bantlar ise bant 3 (Red) ve bant 1 (Blue)'dir.

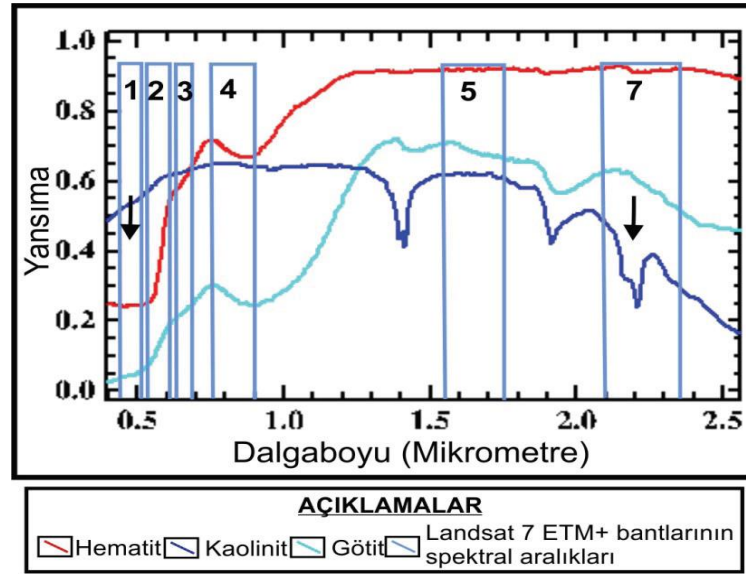
4.1.1 Landsat ETM+ Bant Oranlaması

Demir oksit-hidroksit ve kil minerallerinin tayflarına bakıldığında, demir minerallerinin üçüncü bantta yüksek, birinci bantta düşük, kil minerallerinin ise beşinci bantta yüksek ve yedinci bantta düşük yansıma değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

Demir oksit ve kil minerallerinin tayfsal özelliklerinden hareketle, TM3/TM1 bant oranlamasının demir oksit anomalilerini ve TM5/TM7 bant oranlamasının kil anomalilerini ortaya çıkarmakta kullanılan etkin bir yöntemdir (Sabin ve Miller 1994, Sabin 1999).

Landsat TM Bant 7'deki absorpsiyonun sebebi OH⁻ bağlarının varlığından kaynaklanmaktadır. 5/7 bant oranlamasının bitki örtüsüne sahip alanlarda duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bitki örtüsünü uzaklaştırmak (maskelemek) için Landsat TM 4/3 bant oranı 5/7 bant oranından çıkarılır ve her iki bant oranı sonuçları iyileştirmek amacıyla ölçülür. Amos ve Greenbaum (1989), yaptıkları çalışmada bu teknikte alterasyonlu alanları tespit etmişlerdir. Ancak bu çalışmada asıl amaç demir

oksitleri haritalamak olduğu için kil minerallerini haritalamak için maskeleme gibi daha ileri işlemlere gidilmemiştir.



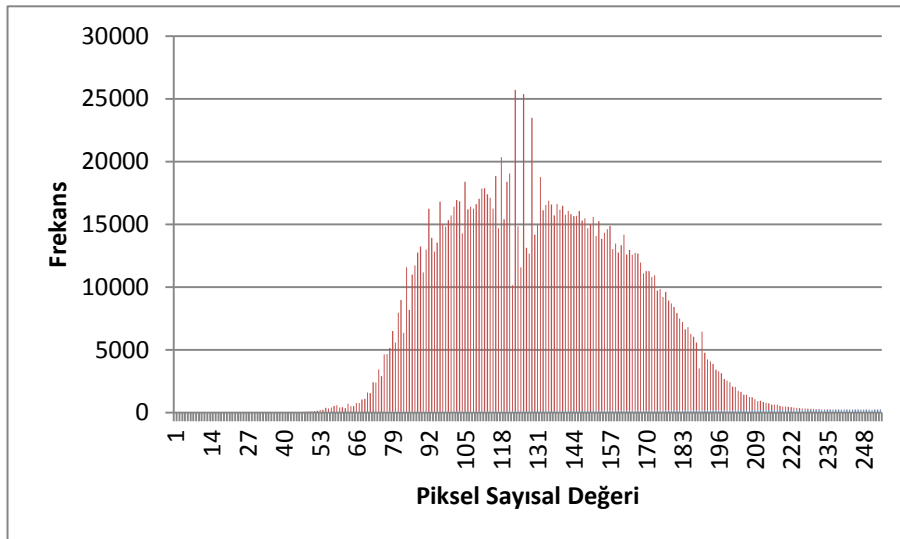
Şekil 4.2: Landsat 7 ETM+ görüntüsünün spektral bantları ve USGS Spektral Kütüphanesi'ndeki hematit, götit ve kaolinit minerallerinin spektralleri (Kayadibi 2015)

Çalışma alanına ait Landsat ETM+ uydu görüntülerine Kil mineralleri oranlaması (5/7) yapılarak yeni gri ton görüntüler oluşturulmuştur. Yönteme göre görüntü içerisinde sayısal değeri küçük olan piksellerin kil anomali alanlarının olduğu yerlerin olması gerekmektedir. Ancak daha önceden de bahsedildiği gibi bitki örtüsü ve sulak alanlar maskelenmeği için 5/7 oranlaması dereleri ve yeşil alanları vurgulamıştır (Şekil 4.3).

Çalışma alanına ait Landsat ETM+ uydu görüntülerine benzer şekilde Demir oksit oranlaması (3/1) ve ferrus mineraller oranlaması (5/4) uygulanmış ve elde edilen gri ton görüntülerin piksel sayısal değerleri 255'e ölçeklenmiştir. Bant oranlanması veya daha sonra bahsedilecek olan anomali belirlemeye yönelik görüntü işleme yöntemlerinde en önemli konulardan biri eşik değeri tespitidir. İdeal eşik değeri, histogramda anomali grubu ile temel grubu birbirinden ayıran kopma noktasının bulunmasıdır. Ancak 3/1 görüntüsünün histogramına bakıldığı zaman anomaliyi işaret edecek bir kopma noktası gözlenmemektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3: İnceleme alanının Landsat 7 ETM+ 5/7 bant oranlamasıyla elde edilen anomali haritası (eşik değer = ortalama + 2 standart sapma)

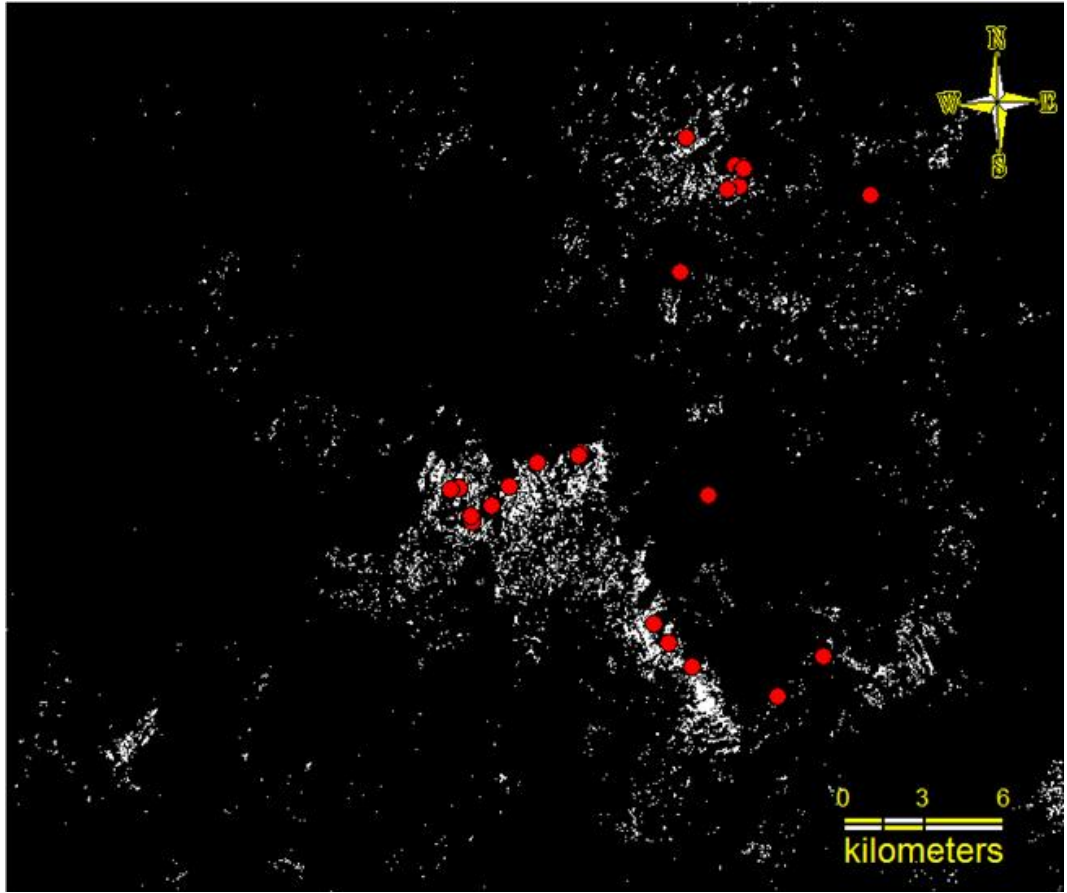


Şekil 4.4 : Landsat ETM+ 3/1 görüntüsü içerisindeki piksel sayısal değerlerin dağılımı

Anomali alanlarını belirlemek için değişik jeokimyasal eşik değer belirleme yöntemleri kullanılabilir (Govett ve diğ. 1975, Sinclair 1991, Cheng 1999, Sahoo ve

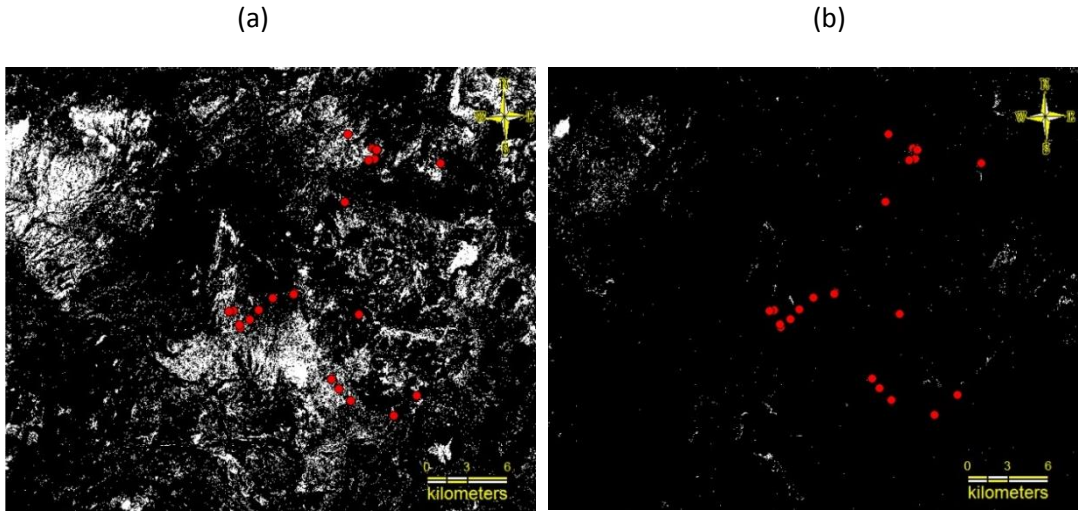
diğ. 1988). Burada 3/1 görüntüsüne uygulanan eşik değer yöntemi ise Kargı (2007)'ye benzer şekilde ortalama + 2 standart sapma şeklindedir.

3/1 Bant oranlamasıyla elde edilen sayısal verilerin ortalama, ortanca ve standart sapma değerleri şu şekildedir: Ortalama: 132,9, ortanca: 131 ve standart sapma: 31,7 dir. Ortalama + 2 standart sapma eşik değeri olarak kabul edildiğinde, eşik değeri = $132,9 + 2 \times 31,7 = 196,3$, yani 196'dır. 196 eşik değeri uygulandıktan sonra, piksel sayısal değeri 196'dan büyük olan demir oksitçe zengin anomali alanları net bir şekilde ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5).



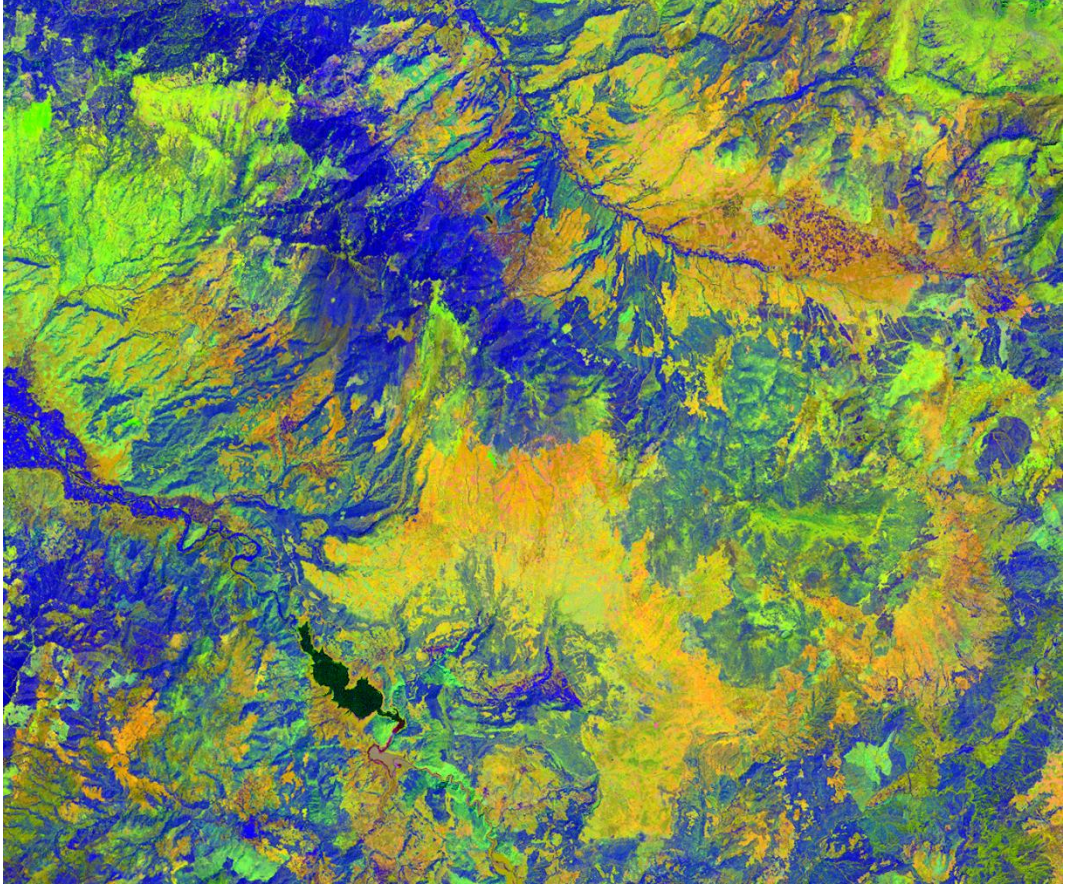
Şekil 4.5: Ortalama+2 standart sapma eşik değeriyle elde edilmiş 3/1 görüntüsü. Yönteme göre beyaz pikseller demir oksit anomalisidir. Kırmızı noktalar örnek alım yerleridir.

Demirli minerallerin haritalanmasında kullanılan 5/4 oranlama yöntemi gerek ortalama + standart sapma, gerekse ortalama + 2 standart sapma eşik değeri uygulandığında da bu çalışma için iyi bir sonuç vermemiş ve anomali alanları vurgulanmamıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: a) Ortalama+1 standart sapma eşik değeri ile oluşturulan 5/4 görüntüsü, b) Ortalama +2 standart sapma eşik değeri ile oluşturulan 5/4 görüntüsü.

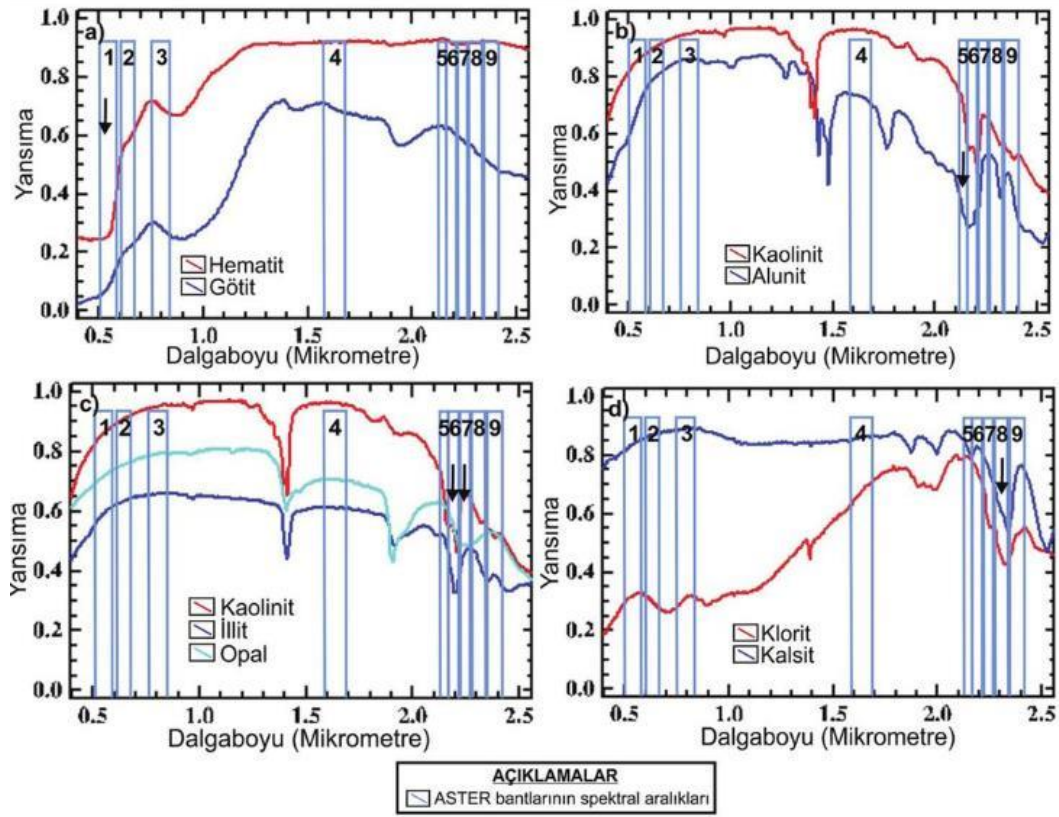
Ancak her 3 bant oranlaması yöntemiyle elde edilen her bir görüntü RGB kanallarına atanarak elde edilen mineral kompozisyonu görüntüsünde demir oksitçe zengin alanlar ve belki onlara eşlik eden alterasyona eşlik eden kuşaklar net bir şekilde ortaya çıkmıştır (Şekil 4.7). Kil minerallerini tespit etmeye yönelik bir çalışma yapılmadığı için burada hidrotermal alterasyon konusunda daha net bilgiler verilememektedir. Ancak arazi çalışmalarında metamorfikler içinde serizitlere yaygın olarak rastlanmasına rağmen belirgin bir kaolen ya da montmorillonit mostrası gözlenmemiştir. Dolayısıyla mineral kompozisyonu görüntüsüyle elde edilen demir oksite eşlik eden alterasyon kuşağının doğru olup olmadığının ayrıca çalışılması gerekmektedir.



Şekil 4.7: Landsat 7 ETM+ mineral kompozisyonu görüntüsü (3/1, 5/4, 5/7, RGB).

4.1.2 ASTER Bant Oranlaması

Bir maddenin elektromanyetik spektrumun belli dalga boyu aralıklarında yansımaya veya soğurma değerine, o madde içerisindeki bazı kimyasal element ve iyonların bulunuşu, iyon yükü ve elementler arasındaki kimyasal bağların geometrisi neden olur. ASTER uydu görüntü bantlarının dalga boyu aralıklarında bazı minerallerin yansımaya değerleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



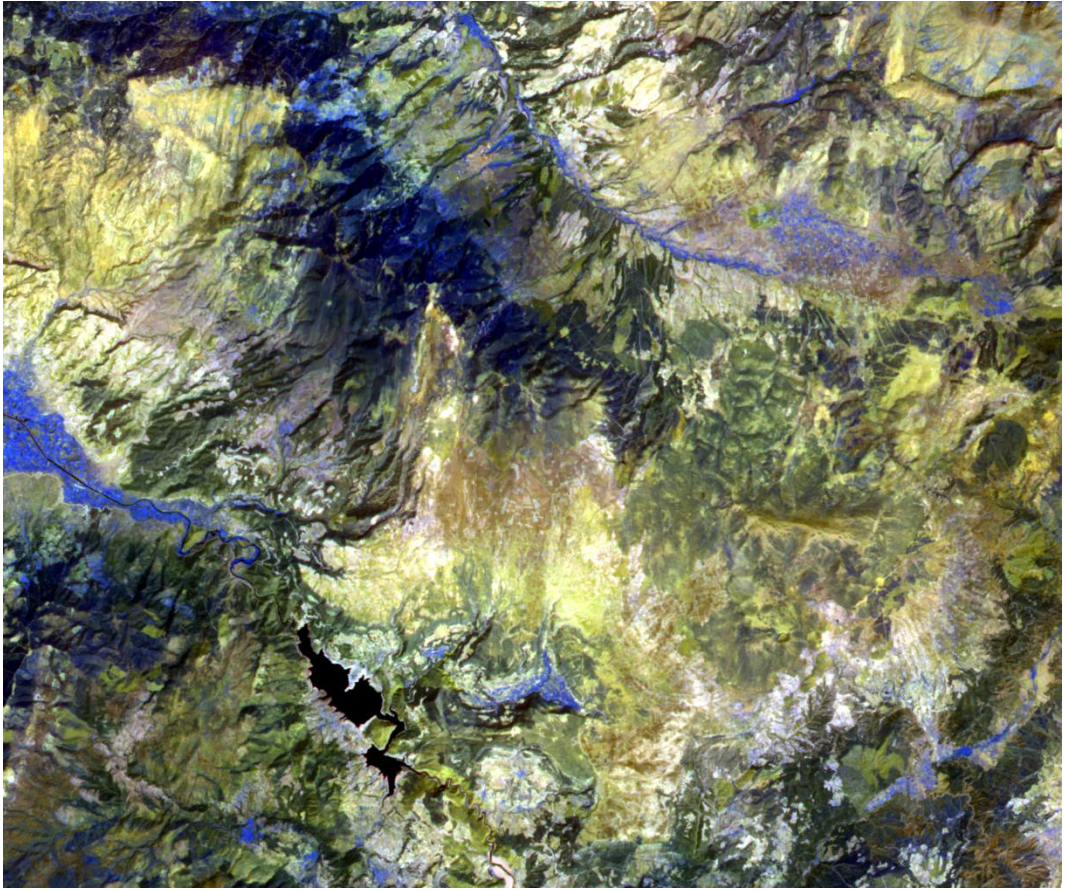
Şekil 4.8: ASTER görüntüsünün spektral bant aralıkları ve USGS Spektral Kütüphanesi'ndeki bazı minerallerin spektralleri: a) Hematit ve götüt, b) Kaolinit ve alunit, c) Kaolinit, illit ve opal, d) Klorit ve kalsit (Kayadibi 2015)

ASTER bant oranlama yöntemlerinin en iyi bilineni 2/1 oranı olup ferrik (Fe^{3+}) ve ferrus (Fe^{2+}) demirin ortaya çıkartılması amacıyla kullanılabilir (Rowan ve Mars 2003). Bunun dışında 4/3 ve $(5/3) + (1/2)$ oranlaması ferrik demir, 4/5 oranı lateritleri ve 4/2 oranı demir şapkayı ortaya çıkarmakta kullanılmaktadır (Tablo 4.1., Kaliknowski ve Oliver, 2004).

Tablo 4.1: Demir oksit anomali alanlarını belirlemek için ASTER uydu görüntüsüne uygulanan bant oranları (Kaliknowski ve Oliver 2004).

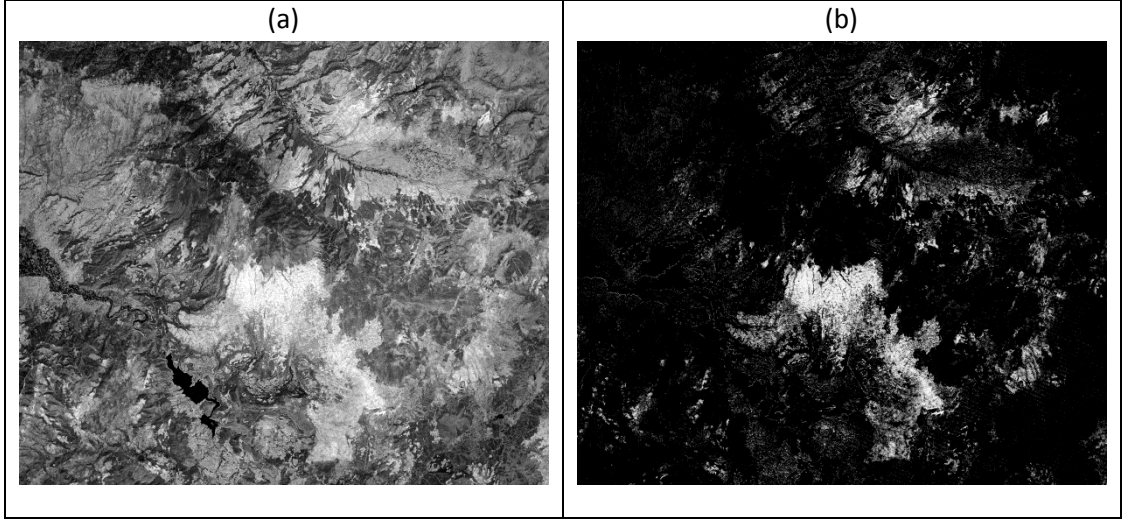
Özellik	Bant Oranı	Referans
Ferrik demir, Fe^{3+}	2/1	Rowan ve Mars 2003 Hewson ve diğ. 2001,2004
Ferrus demir, Fe^{2+}	5/3 + 1/2	Rowan ve Mars 2003
Laterit	4/5	Bierwirth 2002
Gossan (Demir Şapka)	4/2	Volesky ve diğ. 2003
Ferrik oksitler	4/3	Hewson ve diğ. 2001, 2004

İnceleme alanı 4 ASTER görüntüsünden oluşmaktadır. Bu dört görüntü mozayiklendikten sonra inceleme alanına karşılık gelen görüntüler elde edilmiştir. Bant oranlamasında ASTER görüntüsünün VNIR ve SWIR spektral alanlarında bulunan ilk 9 bandı kullanılmıştır. Bunun için; ASTER uydu görüntülerinin çalışma alanına karşılık gelen bölgesi üzerinde 6 banttan oluşan SWIR (kısa dalga kızılötesi) bantlarını yeniden boyutlandırarak 30 m olan çözünürlüğü 15m çözünürlüğe dönüştürülmüş ve VNIR (görünür yakın kızılötesi) ile eşitlenmiştir. Böylece 9 bantlı bir ham görüntü oluşturulmuş ve bant oranlamaları bu görüntü üzerinde yapılmıştır (Şekil 4.9).



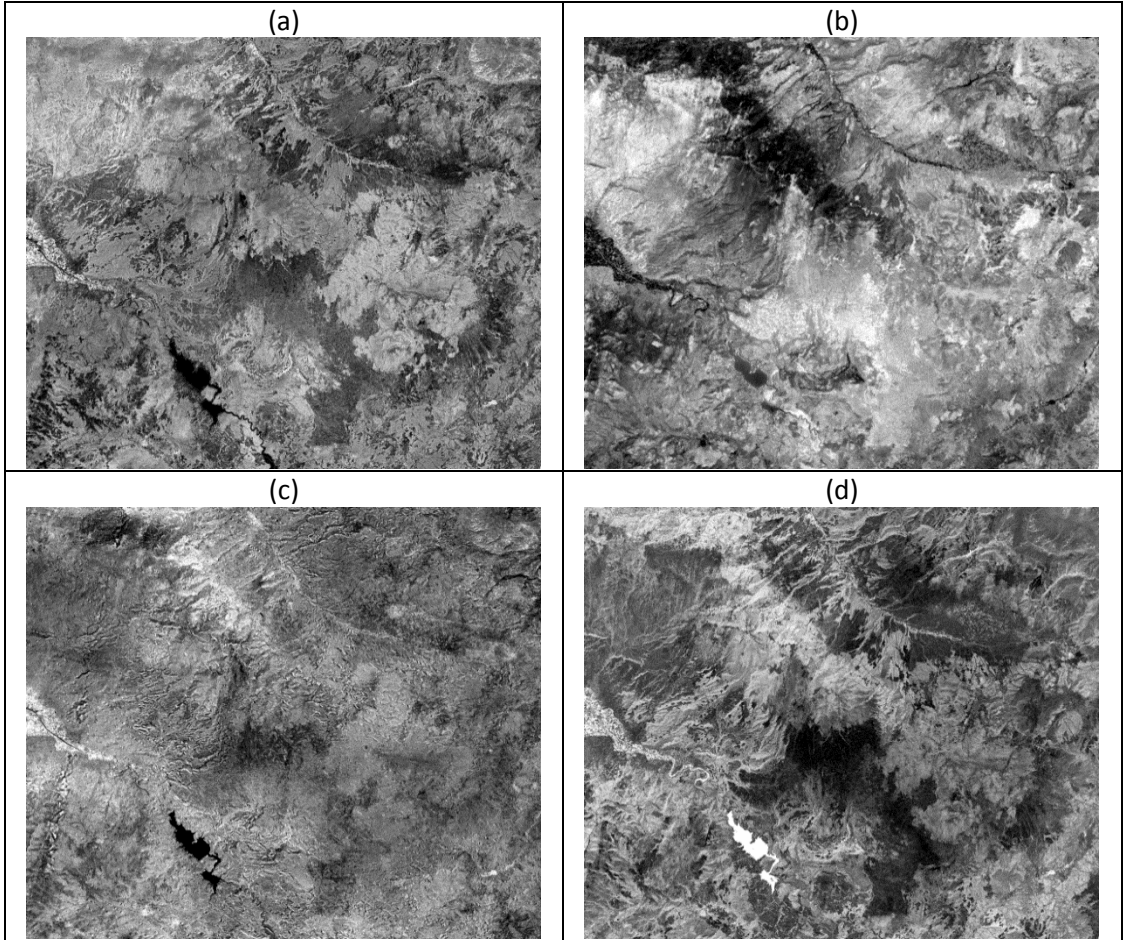
Şekil 4.9: İnceleme alanının ASTER 543 (RGB) renkli kompozit görüntüsü.

ASTER 2/1 Bant oranlamasında elde edilen sayısal verilerin ortalama, ortanca ve standart sapma değerleri şu şekildedir: Ortalama: 0.81531, ortanca: 0.80949 ve standart sapma:0.11673 dür. Ortalama +1 standart sapma eşik değeri olarak kabul edildiğinde, eşik değeri = $0.81531 + 0.11673 = 0.93204$, yani 0.934 dür. 0.934 eşik değeri uygulandıktan sonra, piksel sayısal değeri 0.934 den büyük olan demir oksitçe zengin anomali alanları net bir şekilde ortaya çıkmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: a) İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış 2/1 bant oranlaması b) İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış +1 STD ile oluşturulmuş 2/1 bant oranlaması

ASTER görüntülerinde demir oksit anomalilerini belirlemek için diğer oranlamalar da yapılmıştır. Bu oranlamalar içerisinde 2/1 oranlaması gibi demir oksit alanlarını vurgulayan sadece 5/3 + 1/2 bant oranlaması olmuştur ve demir oksitli alanlar koyu piksellerle temsil edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: İnceleme alanının ASTER görüntüsü üzerinde uygulanmış a) 4/2, b)4/3, c)4/5, d)5/3 + 1/2 bant oranlamaları.

4.2 Ana Bileşenler Analizi ve Crosta Yöntemi

Ana bileşenler analizi istatistiksel bir teknik olmakla birlikte genelde veri sayısını azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu istatistiksel yöntemde bantlar arasındaki korelasyon giderilerek yeni görüntüler elde edilir. Ana bileşenler (PC) dönüşümü, orijinal veri vektörünün bir matriks çarpımı sonucunda elde edilen doğrusal bir veri kümesidir.

Maden aramada kullanılan altı Landsat TM görüntüsü dikkate alınarak gerçekleştirilen ve öz vektör matrisindeki değerlerin işaretine ve magnitudüne bakılarak, kil veya demir oksit minerallerinin haritalanmasını sağlayan ana bileşenler analizidir (Crosta ve Moore 1989, Loughlin 1991). Bu yöntemde mekânsal çözünürlüğü az olduğundan altıncı bant dışarıda bırakılmaktadır. Diğer altı bantın (1,2,3,4,5 ve 7 TM bantları) sayısal değerleri üzerinden dönüşüm gerçekleştirilir (Kargı ve Sarı 2006). Ana bileşenler analizi potansiyel metalik maden alanlardaki alterasyon zonlarının haritalamasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir (Sümer ve diğ. 2006, Dinç 2001, Kayadibi 2008). Bölgeye ait 6 bantın görüntü öz değerleri ve öz vektörleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: İnceleme alanına ait Landsat 7ETM+ uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen 6 bantın (TM1-TM5, TM7) ana bileşenler analizi ile elde edilen görüntü öz vektörleri.

Ana Bileşen	ÖZVEKTÖRLER					
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
PC1	0.19895	0.28500	0.50268	0.17377	0.58082	0.50889
PC2	-0.32074	-0.42535	-0.56274	-0.06330	0.53529	0.33013
PC3	0.02627	0.06779	-0.20849	0.89965	0.16549	-0.33837
PC4	-0.71365	-0.36628	0.55914	0.18586	-0.09353	-0.02489
PC5	-0.05158	0.07278	-0.19181	0.32752	-0.57807	0.71681
PC6	0.58728	-0.77058	0.19430	0.12094	-0.07624	0.05575

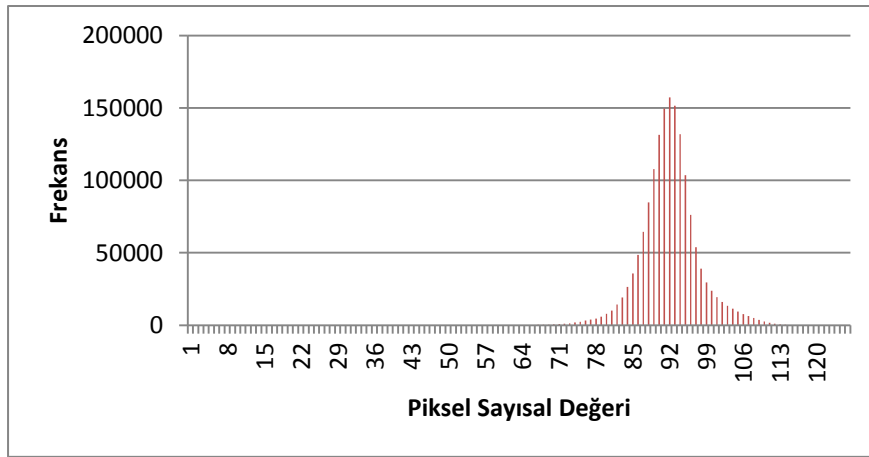
Crosta yöntemi (Loughlin 1991) olarak tanımlanan bu yöntem (Crosta ve Moore 1989) göre PC4 ve PC6 arasında demir oksitlerin ve kil minerallerinin hangi PC görüntüsünde haritalanacağı öz vektör matrisinden anlaşılır. Buna göre PC4 görüntüsüyle demir oksitler (TM1 ve TM3 teki yüksek fark ve ters işaret) ve PC5 görüntüsüyle kil mineralleri (TM5 ve TM7 deki yüksek fark ve ters işaret) haritalanacaktır. Crosta yöntemi olarak tanımlanan (Loughlin 1991) yöntem daha basitleştirilerek, dört seçmeli bant üzerinde gerçekleştirilen ana bileşenler analizi,

özellikle demir oksit ve kil minerallerinin haritalaması için önerilmiştir (Crosta ve Moore 1989). Demir oksit haritalaması için Landsat ETM+ 1, 3, 4, 5 bantları üzerinde ana bileşenler analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Demir oksit haritalaması için Crosta - Fe yöntemi ile elde edilen görüntü öz vektörleri.

ÖZVEKTÖRLER				
Ana Bileşen	TM1	TM3	TM4	TM5
PC1	0.24463	0.61959	0.21779	0.71332
PC2	-0.31114	-0.67387	0.09288	0.66367
PC3	0.06803	-0.11415	0.96657	-0.21928
PC4	0.91582	-0.38597	-0.09842	0.05123

Gerçekleştirilen Ana Bileşenler Analizi sonucu, Ana Bileşen 1 (PC1) genel görüntü parlaklığını, ana bileşen 2 (PC2) görünür ışık-kızıl ötesi ışık arasındaki farkı vurgulamıştır (TM1 ve TM3 öz vektör değerlerinin negatif ve TM4 ve TM5 değerlerinin pozitif olmasından dolayı). Benzer şekilde ana bileşen 3 (PC3) ise bitki örtüsünü vurgulamıştır. Demir oksit mineralleri ise ana bileşen 4 (Fe) görüntüsüne koyu piksellerle haritalanmıştır (TM1 de pozitif, TM3 te negatif değerler). Haritaların benzer olması amacıyla Fe görüntüsünün işaretleri değiştirilerek tersi alınmış ve açık pikseller ile yeniden haritalanmıştır (Şekil 4.13). Fe (ters) görüntüsünü oluşturan piksel sayısal değerlerinin histogramı Şekil 4.12'de verilmektedir.

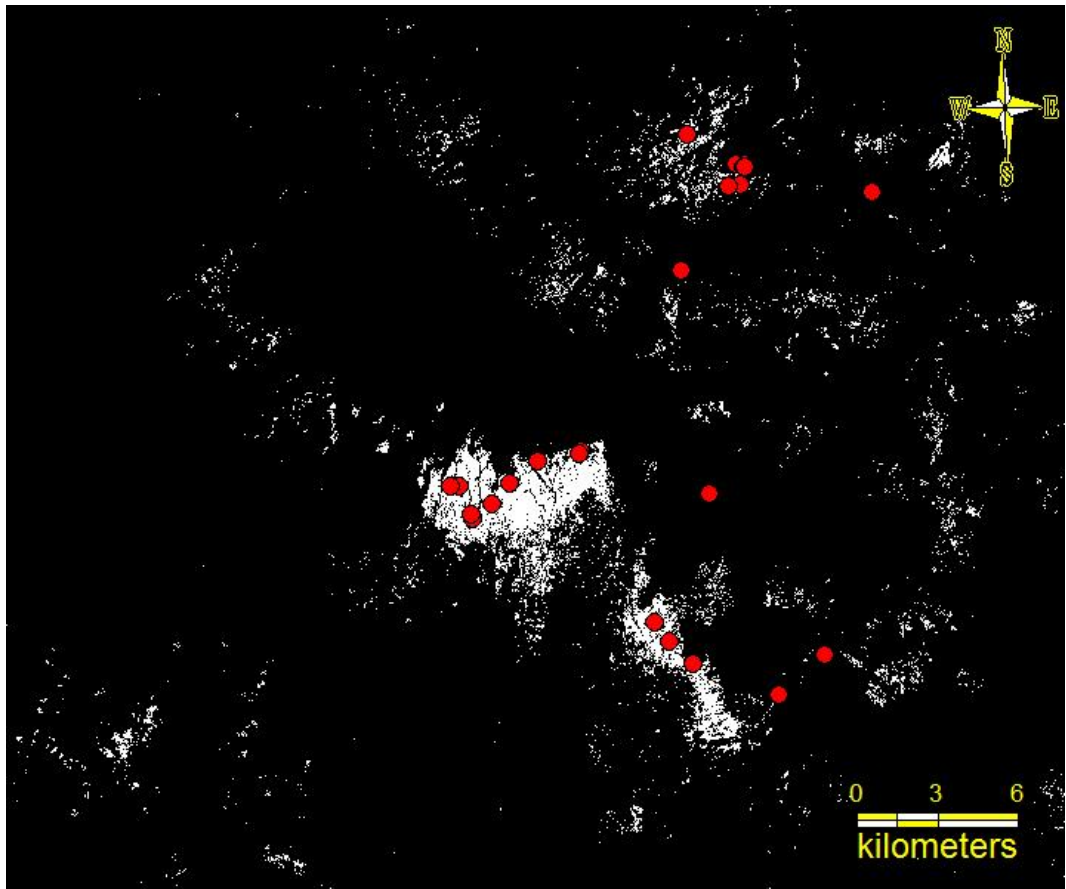


Şekil 4.12: Crosta yöntemi ile oluşturulmuş Fe(ters) görüntüsü içerisindeki piksellerin sayısal değerlerinin dağılımı

Crosta yöntemiyle elde edilen PC4 demir oksit görüntüsüne (Fe görüntüsüne) ortalama + 2 x standart sapma = 138 eşik değeri (Tablo 4.4) uygulandığında demir oksit boyamaların yoğun olduğu yerler net bir şekilde ortaya çıkmıştır (Şekil 4.13).

Tablo 4.4: Crosta yöntemi ile oluşturulmuş Fe(ter) görüntüsünün ortalama ve standart sapma değerleri

Data Range	Mean	Median	Std.Dev.	Mean+1 STD	Mean+2 STD	Mean+3 STD
37-160	127	127	5,5	132,5	138	143,5



Şekil 4.13: Crosta yöntemi ile elde edilen PC4 görüntüsüne ortalama+2 standart sapma alınarak oluşturulan demir oksit (Fe) anomali görüntüsü ve üzerindeki örnek alım noktaları

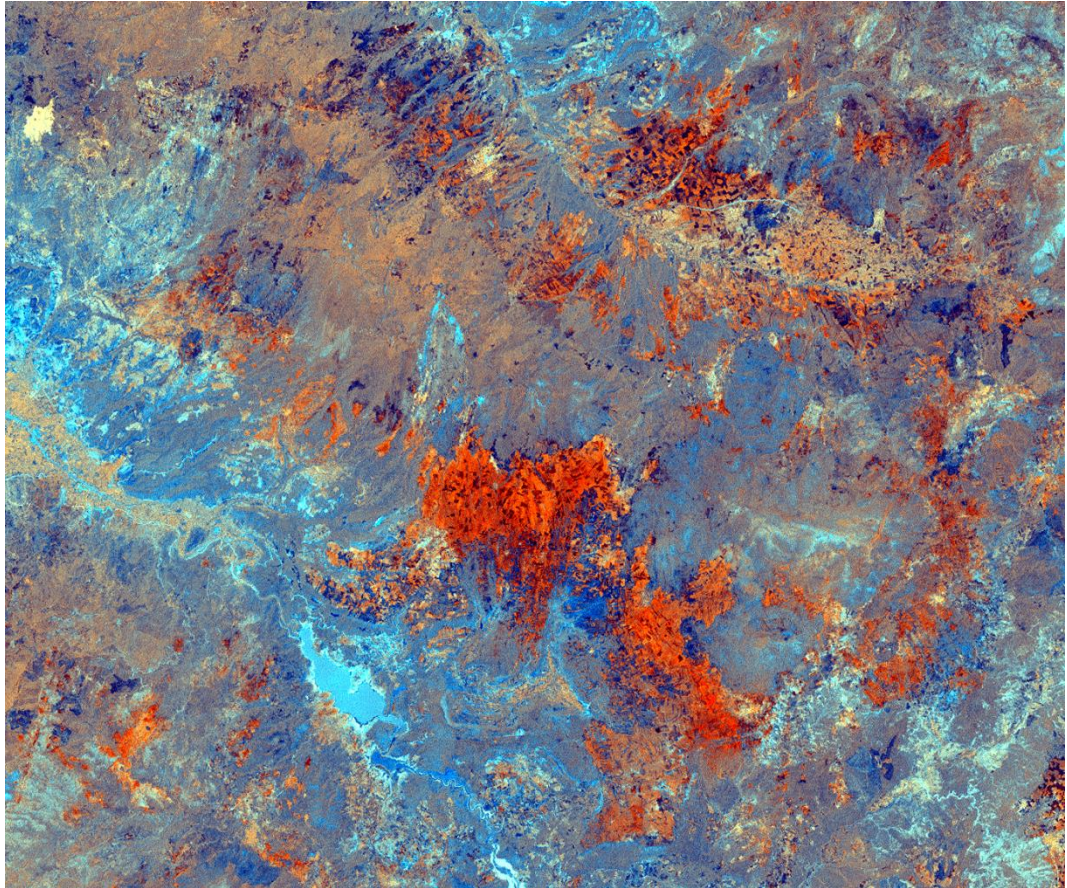
Kil mineralleri için Crosta yönteminin uygulanması da demir oksitlerde olduğu gibi yine dört bant üzerinde ana bileşenler analizi gerçekleştirerek yapılır. Ancak demir oksitler için TM3 karakteristik olduğundan, TM3 bandı hesaba katılırken, kil mineralleri için TM5 ve TM7 karakteristik olduğundan TM5 ve TM7'nin dikkate alınması gerekir. Dolayısıyla ana bileşenler analizinin TM (1,4,5,7)

bantlar üzerinde gerçekleştirilmesi gerekir. Kil minerallerinin PC4 (H) görüntüsünde açık piksellerle haritalanacağı Tablo 4.5’de TM5 ve TM7 özvektör değerlerinin işaretinden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.5: Kil minerallerinin haritalanması için Crosta - H yöntemi ile elde edilen görüntü özvektörleri

ÖZVEKTÖRLER				
Ana Bileşen	TM1	TM4	TM5	TM7
PC1	0.23232	0.20989	0.71679	0.62304
PC2	0.28810	0.88439	-0.03455	-0.36561
PC3	-0.89396	0.24400	0.34599	-0.14692
PC4	-0.25271	0.33804	-0.60440	0.67570

Elde edilen Fe ve H görüntüleri toplanıp yeniden 256 gri tona ölçeklendirilerek H+Fe görüntüsü elde edilerek H, H+Fe, Fe görüntülerinin RGB kanallarına atanmasıyla renkli kompozit görüntü oluşturulmuştur (Şekil 4.14). Bu renkli kompozit görüntüde demir oksitçe zengin alanlar ve bunlara eşlik eden alterasyon kırmızı-turuncu renk tonlarıyla net bir şekilde haritalanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: Crosta yöntemi ile elde edilen H, H+Fe, Fe (RGB) görüntüsü).

4.3 Hedef Tespiti

Uzaktan algılamada hedef tespiti, bilinen referans bir malzemenin spektrası olarak kullanılarak görüntü içerisinde benzer spektrallara sahip pikselleri bulmaktır. Referans spektra (hedef madde), spektral kütüphanedeki herhangi bir mineral veya malzemenin spektrası olabilir veya görüntünün kendi içerisindeki bazı pikseller olabilir. Görüntünün spektral çözünürlüğü ne kadar yüksekse, hedef tespit algoritmalarının da hedefi bulma olasılığı o kadar artar. Bu nedenle hedef tespit algoritmasının en iyi uygulandığı görüntüler hiperspektral görüntülerdir, ancak literatürde Landsat ETM+ ve ASTER gibi multi spektral görüntülere de hedef tespit algoritmalarının uygulanabildiğini yaygın olarak görmek mümkündür.

Son yıllarda çok sayıda hedef tespit algoritmaları önerilmiştir. Bunların bazıları sadece hedef malzemenin spektrasına ihtiyaç duyarken, diğerleri hedef olmayan malzemelerin spektrasına da ihtiyaç duyar. Bu çalışmada sadece hedefin spektrasını kullanan ve ENVI 5.3'de bulunan, Spektral Açık Haritalayıcısı (Spectral Angle Mapper, SAM), Uyarlanabilen Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (Adaptive Coherence/Cosine Estimator, ACE), Eşleştirilmiş Filtreleme (Matched Filtering, MF) ve Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (Constrained Energy Minimization, CEM) algoritmaları inceleme alanı görüntülerine uygulanmıştır. Bu algoritmalarından bahsetmeden önce istatistiksel olarak kabul görmüş Genelleştirilmiş Benzerlik Oranı Testi (Generalized Likelihood Ratio Test, GLRT)'ne bir göz atmak gerekir.

4.3.1 Genelleştirilmiş Benzerlik Oranı Testi (Generalized Likelihood Ratio Test, GLRT)

GLRT hedef bulma yöntemi, temel değerlerin normal dağılımla modellenebileceği varsayımı üzerine kurulur ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$D_{GLRT}(x) = \frac{[(S - \mu)^T \Sigma^{-1}(x - \mu)]^2}{[(S - \mu)^T \Sigma^{-1}(S - \mu)] \cdot \left[1 + \left(\frac{1}{M}\right) \cdot (x - \mu)^T \Sigma^{-1}(x - \mu)\right]} \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte, S : bulunması istenen hedef maddenin spektrası, M : Görüntünün piksel sayısı, μ : görüntü piksel sayısal değerlerinin aritmetik ortalaması, Σ : görüntü

piksel sayısal değerlerinin kovaryansıdır. Eğer D_{GLRT} belirtilen eşik değerden büyük ise test edilen piksel hedef maddedir değilse hedef madde değildir. $GLRT$ pikselaltı maddelerin bulunması için kullanılabilir ancak, yalnızca temel değerle anomali değerinin kovaryansını aynı sayar fakat gerçekte böyle değildir. Bu nedenle $GLRT$ 'den esinlenerek birçok hedef bulma algoritmaları geliştirilmiştir. Bu algoritmalar inceleme alanına uygulanmış ve aşağıda özetlenmiştir.

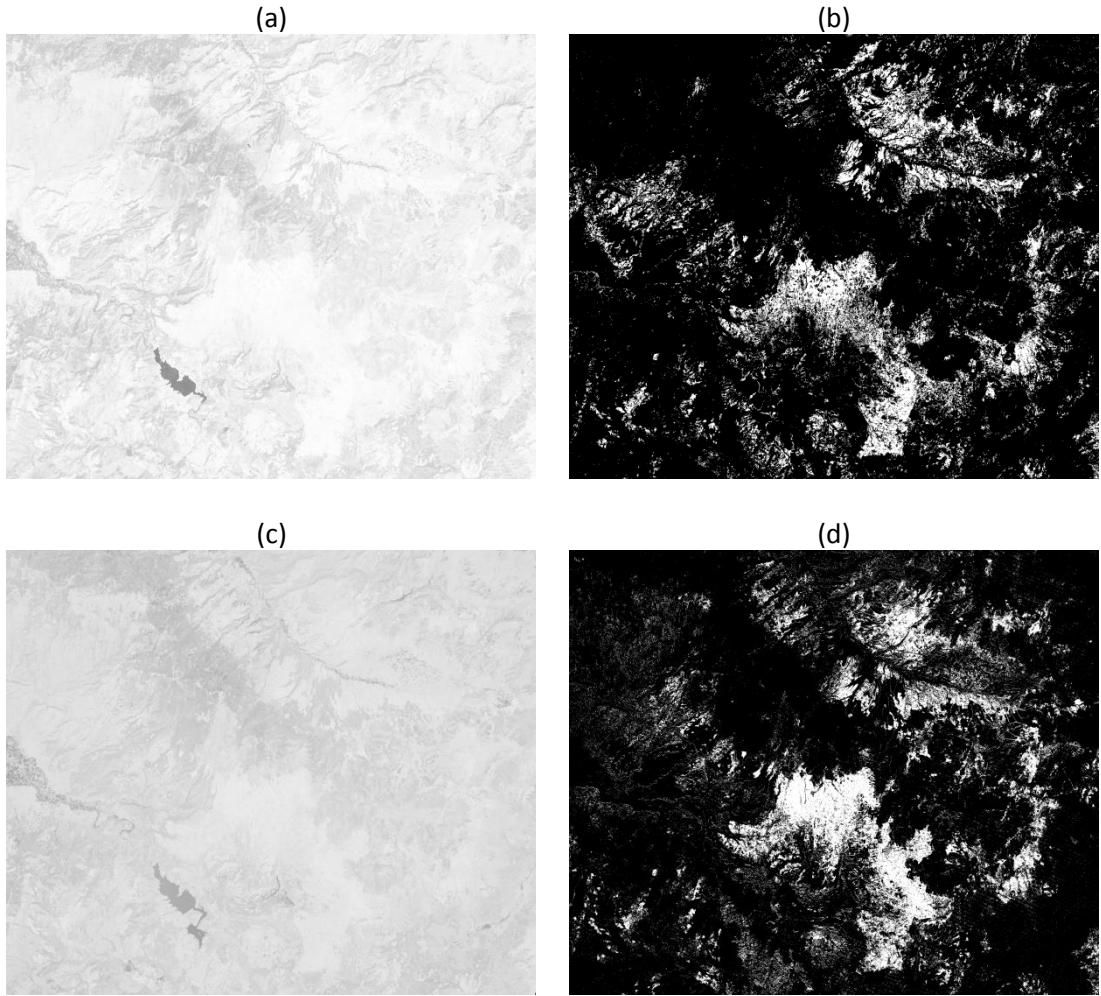
4.3.2 Spektral Açık Haritalayıcısı (Spectral Angle Mapper, SAM)

SAM, görüntü verisi ile hedef maddenin spektrası arasındaki benzerliği belirleyen bir hedef tespit ve sınıflama yöntemidir (Yuhas ve diğ. 1992, Kruse ve diğ. 1993). SAM' in kullandığı algoritma iki spektra (hedef madde spektrası ve test edilen piksellerin spektrası) arasındaki açıyı hesaplamaktır.

$$\alpha = \cos^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n t_i S}{\left(\sum_{i=1}^n t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n S^2 \right)^{1/2}} \right] \quad (4.5)$$

Burada n bant sayısını, t_i = test edilen pikselin spektrasını S = hedef maddenin spektrasını, \sum = sadece bu algoritmada toplamı, diğer algoritmalarda ise kovaryansı ifade etmektedir. İki spektra arasındaki açı ne kadar küçük ise hedef piksel aranan hedef maddeye o kadar benziyor demektir.

İnceleme alanının gerek Landsat ETM+ gerekse ASTER görüntülerine SAM algoritması uygulanarak anomali görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 4.15). Hedef madde spektrası görüntünün kendi içinden seçilmiştir. Hedef olarak seçilen spektra, demir oksit boyamaların yoğun olduğu, yaklaşık görüntünün orta noktasında Landsat ETM+ için 9 piksellik, ASTER için 18 piksellik bir alanın sayısal değerlerinin ortalamasıdır. Elde edilen SAM görüntüleri ve anomali görüntüleri Şekil 4.15'de görülmektedir. SAM görüntüsüne eşik değer olarak ortalama + 2std verildiğinde elde edilen eşik değer SAM görüntüsünün maksimum değerinden daha büyüktür, yani hiç anomali yoktur. Bu nedenle SAM görüntüsüne ortalama + 1 std uygulanarak anomali haritası oluşturulmuştur. Bundan dolayı SAM anomali alanı olduğundan daha belirgin çıkmıştır.



Şekil 4.15: SAM hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali pikselleridir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen SAM görüntüleri, b) ve d) ortalama + 1std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri.

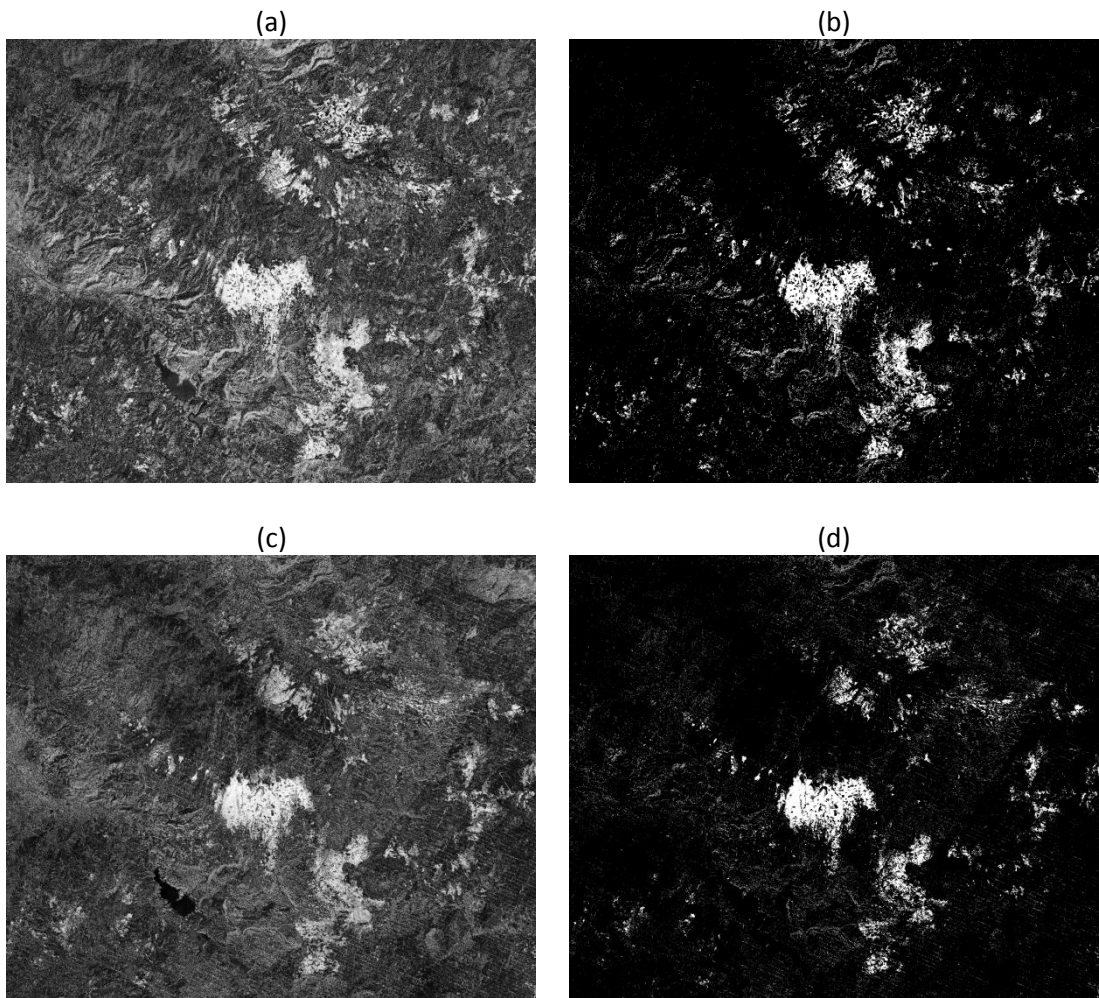
4.3.3 Uyarlanabilen Tutarlılık/Kosinüs Tahmin Edici (Adaptive Coherence/Cosine Estimator, ACE)

ACE, *GLRT*'nin geliştirilmiş halidir ve temel değerle anomali değerlerinin kovaryansının farklı olduğunu kabul eder (Scharf ve McWhorter 1996, Kraut ve diğ. 2005).

$$D_{ACE}(x) = \frac{[(S - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)]^2}{[(S - \mu)^T \Sigma^{-1} (S - \mu)] \cdot [(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)]} \quad (4.6)$$

Eşitlikte D_{ACE} , $x = S$ olduğu zaman maksimum değeri alır ve bu da test edilen pikselin hedef piksel olduğu anlamına gelir $x = \mu$ olduğu durumda ise D_{ACE} minimum değerini alır ve test edilen pikselin temel değer olduğunu ifade eder.

İnceleme Landsat ETM+ ve ASTER görüntülerine ACE algoritması uygulanarak ACE görüntüleri ve ACE anomali görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 4.16). ACE algoritması ile belirlenen anomali alanları daha önceki bölümlerde bahsedilen Crosta yöntemi ve Bant oranlaması yöntemi ile elde edilen anomali alanlarını daha belirgin hale getirmiştir.



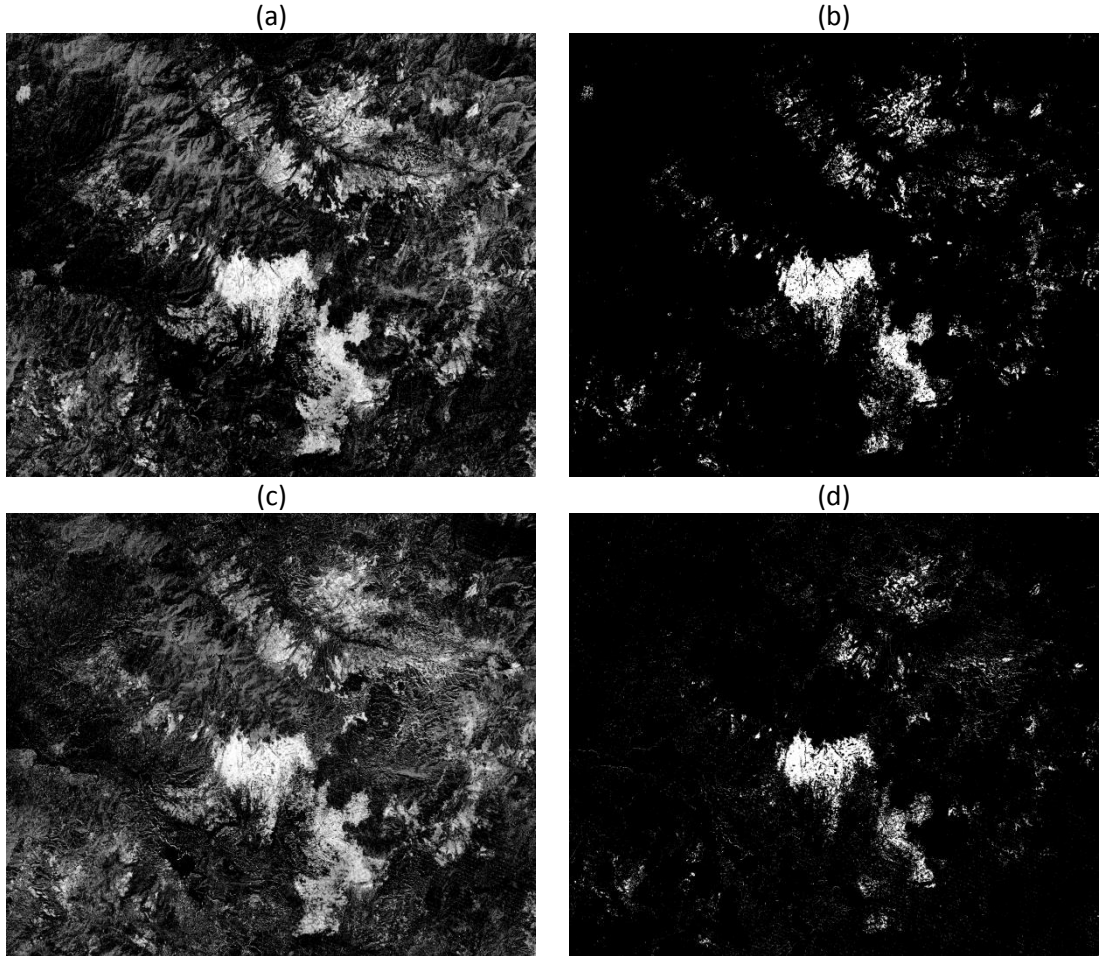
Şekil 4.16: ACE hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen ACE görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri.

4.3.4 Eşleştirilmiş Filtreleme (Matched Filtering, MF)

MF, GLTR nin basitleştirilmiş bir halidir ve GLRT’de olduğu gibi temel değerle anomali değerlerin kovaryansının aynı olduğunu kabul eder. MF veya diğer bir ismi ile Fisher’s Linear Discriminat (Manolakis ve diğ. 2009) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (4.7).

$$D_{MF}(x) = \frac{(S - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)}{(S - \mu)^T \Sigma^{-1} (S - \mu)} \quad (4.7)$$

İnceleme Landsat ETM+ ve ASTER görüntülerine MF algoritması uygulanarak MF görüntüleri ve MF anomali görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 4.17). MF algoritması ile belirlenen anomali alanları ACE algoritması ile belirlenen anomali alanlarına çok benzemektedir.



Şekil 4.17: MF hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali pikselleridir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen MF görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri.

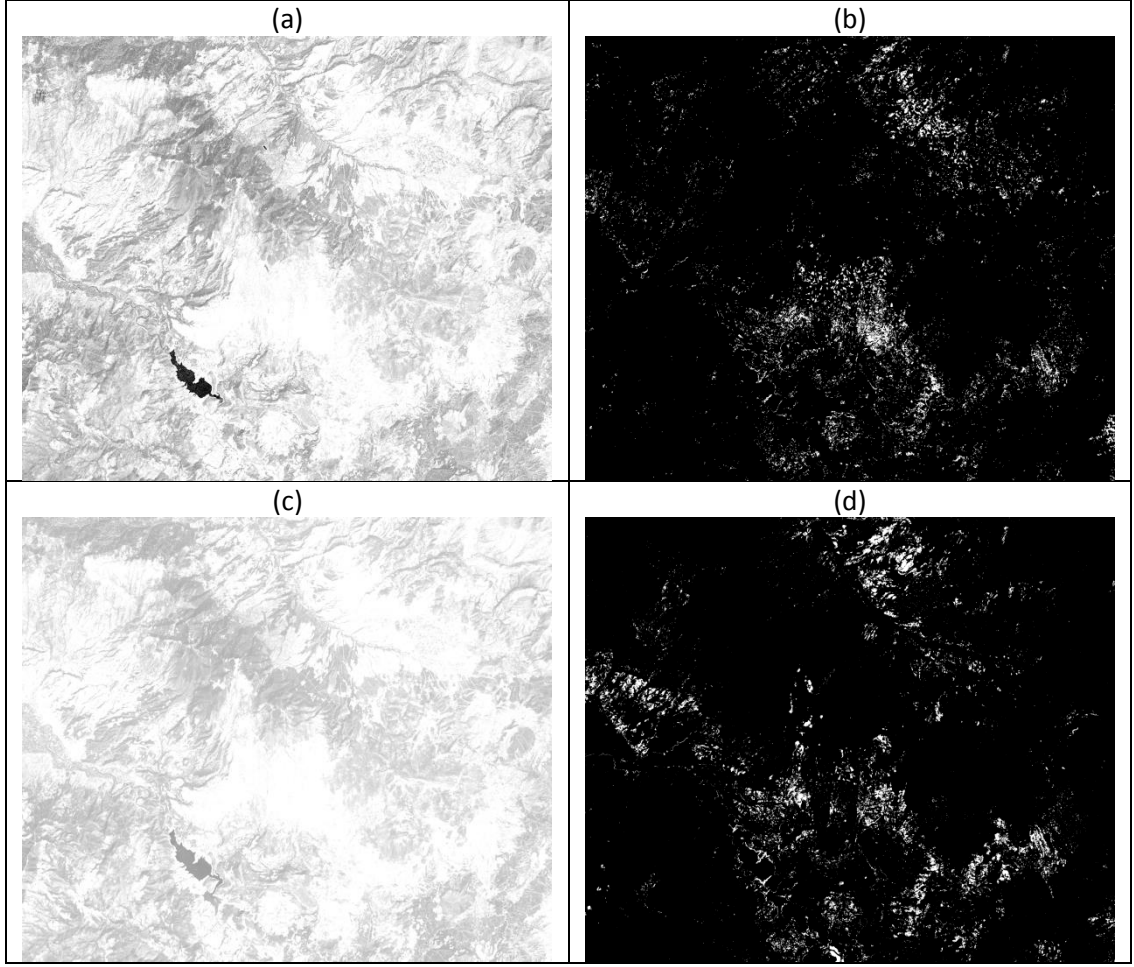
4.3.5 Kısıtlandırılmış Enerji Minimizasyonu (Constrained Energy Minimization, CEM)

CEM, hedef maddeye sonlu uyarı etkisi yanıtı (finite impulse response) filtresini uygularken, temel değerden kaynaklanan çıkış enerjisini minimize eder (Harsanyi ve diğ. 1994). Temel değeri karakterize etmek için kovaryans matrisinin korelasyonu kullanılır. Matematiksel anlamda verilerin ortalamasının verilerden çıkarıldığı yani CEM' in ortalama merkezli bir versiyonudur.

$$D_{CEM}(x) = \frac{S^T \hat{R}^{-1} x}{S^T \hat{R}^{-1} S} \quad (4.8)$$

Burada, \hat{R} otokorelasyon matrisidir.

İnceleme Landsat ETM+ ve ASTER görüntülerine CEM algoritması uygulanarak CEM görüntüleri ve CEM anomali görüntüleri oluşturulmuştur (Şekil 4.18). CEM algoritmasıyla belirlenen alanlar diğer yöntemlerle belirlenen alanlara benzememekte, gerçeği yansıtmamaktadır.

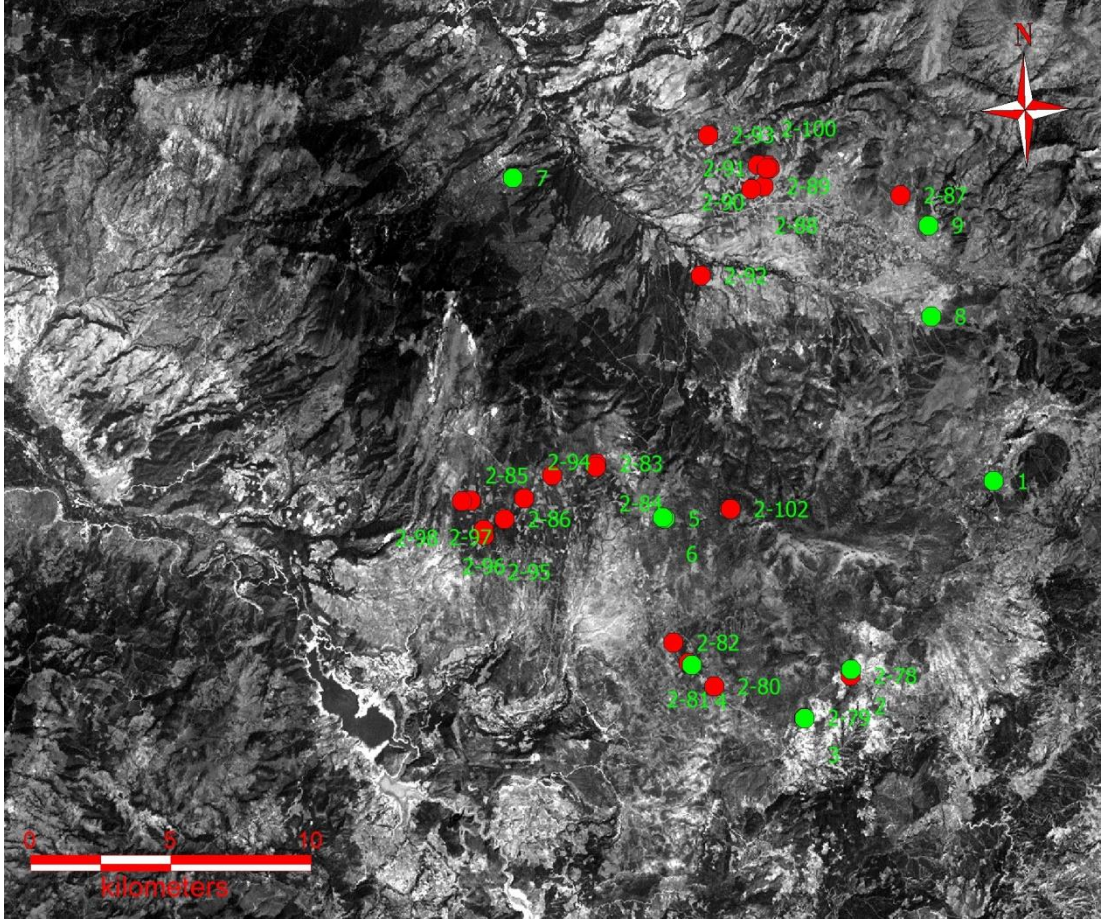


Şekil 4.18: CEM hedef tespit algoritmaları ile belirlenen anomali alanları. Beyaz pikseller anomali piksellerdir. a) ve c) sırasıyla Landsat ETM+ ve ASTER görüntü verilerinden elde edilen CEM görüntüleri, b) ve d) ortalama + 2std eşik değeri ile elde anomali görüntüleri.

Gerek ASTER görüntülerine gerekse Landsat ETM+ görüntülerine ENVI hızlı atmosferik düzeltmesi uygulanıp, USGS spektral kütüphanesindeki Hematite GDS69, Magnetite HS195.3B ve Goethite WS222 mineralleri (USGS, 2019) hedef olarak verildiğinde yukarıda bahsedilen hedef tespit yöntemlerinin hiç birisinden anlamlı bir sonuç elde edilememiştir. Bunun, doğru atmosferik düzeltmenin uygulanmaması, görüntülerin spektral çözünürlüğünün düşük olması ve de arazide bir piksel alanına karşılık gelecek bir cevherleşme sahasının olmaması gibi birkaç sebebi olabilir.

4.4 Anomali Haritalarının Arazi Gözlem ve Laboratuvar Verileri ile Karşılaştırılması

Gerek 3/1 bant oranlamasıyla, gerek Crosta yöntemiyle ve gerekse ACE ve MF algoritmaları ile elde edilen anomali alanları arazi gözlemleri ile teyit edilmiştir. Gözlem yapılan ve örnek alınan noktalar Şekil 4.19’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.19: Gözlem yapılan ve örnek alınan noktalar. Kırmızı noktalar örnek alınan ve kimyasal analizi yapılan, yeşil noktalar ise sadece gözlem yapılan noktaları ifade etmektedir.

Arazi çalışmaları esnasında anomali alanlarında gerçekten yoğun demir oksit boyamalarının olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: İnceleme alanındaki demir oksit boyamalarını gösteren fotoğraflar. a) 2-86 nolu örneğin, b) 2-98 nolu örneğin alındığı yerden çekilmiş fotoğraflardır.

Bu anomali alanlarında el örneği büyüklüğünde manyetitler gözlenmiştir (Şekil 4.21).



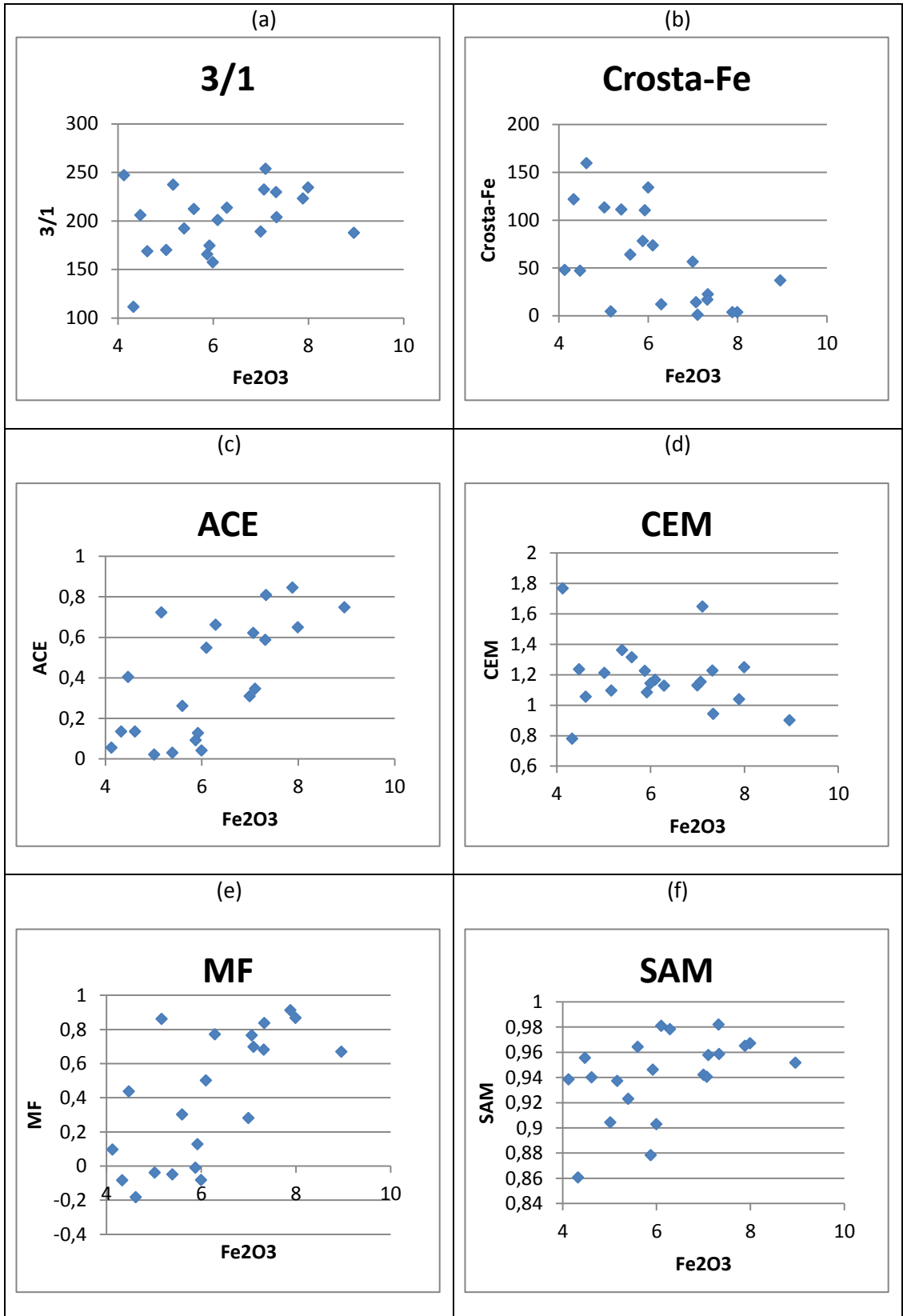
Şekil 4.21: a,b) Arazide el örneği boyutunda gözlenen manyetit örnekleri. Resimdeki örnek numaraları örnek alım noktası ile aynıdır.

Bitki örtüsü olmayan düz bir alana ait bir uydu görüntüsünde piksel sayısal değerleri ile temsil edilen değerler (atmosferik, radyometrik ve diğer etkiler bir tarafa bırakıldığında), o alanda bulunan minerallerin oranlarının bir fonksiyonudur. Bu prensip dikkate alınarak, minerallerin karışım oranları yukarıda bahsedilen algoritmalar veya diğer algoritmalarla modellenir. Yani gerçekte kıyaslamak için nicel mineralojik analizlere ihtiyaç vardır. Ancak bu çalışmada alınan toprak örneklerinde nicel mineralojik analiz yapılmamış olup sadece kimyasal analiz yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen Fe_2O_3 değerleri ile anomali

alanları piksel sayısal değerleri karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu ilk bakışta yanlış bir yöntem gibi gelebilir ancak, arazide gözlenen cevher örneklerinin spekülait (hematit) ve manyetit olduğu ve de manyetit oksitlenerek hematite dönüştüğü düşünüldüğünde, bir şekilde anomali alanları ile örnek Fe_2O_3 değeri arasında bir ilişki olabileceği tahmin edilebilir. Bu amaçla yukarıda bahsedilen anomali bulma yöntemlerinden elde edilen toprak örneğine karşılık gelen piksel sayısal değerleri ile toprak Fe_2O_3 değerleri karşılaştırılmıştır.

Uydu görüntüleri ile çalışırken arazide örnek alınan noktanın koordinatına eşdeğer görüntü pikselini hassas bir şekilde bulmak başlı başına bir sorundur. Çünkü bunu yapabilmek için görüntünün hassas bir şekilde ortorektife edilmiş olması, mekânsal çözünürlüğünün yüksek olması ve arazide örnek alırken de kullanılan GPS'in hassas olması gerekir. Çalışılan ASTER görüntüleri ortorektife edilmemiştir ve bu görüntüleri ortorektife etme yoluna gidilmemiştir. Landsat ETM+ görüntüleri ortorektife edilmiş ancak, ortorektifikasyonda hangi çözünürlükte sayısal yükseklik modeli kullanıldığı bilinmemektedir. Ayrıca kullanılan GPS çok hassas olmayan el tipi Magellan Explorist marka bir GPS'tir. Bu sebeplerden dolayı sadece Landsat ETM+ görüntüsünde örnek alınan noktaya eşdeğer piksel sayısal değeri yerine, o koordinata karşılık gelen piksel merkezde olmak üzere 9 pikselin sayısal değerinin ortalaması alınmış ve bu değerlerle toprak Fe_2O_3 değerleri kıyaslanmıştır (Şekil 4.22).

Şekil 4.22'de görüldüğü gibi 3/1 bant oranlaması ve SAM algoritması ile elde edilen değerler, toprak Fe_2O_3 içeriği ile kötü bir korelasyonla doğrusal olarak artmaktadır. CEM algoritması ile Fe_2O_3 içeriği arasında bir korelasyon gözlenmemiştir. Crosta yöntemi ile elde edilen Fe görüntüsü ile toprak Fe_2O_3 içeriği arasında ters bir orantı vardır çünkü Crosta yönteminin özvektör matriksinden anlaşıldığı gibi demir oksit alanları koyu (sayısal değeri küçük) piksellerle haritalanmıştır. Fe_2O_3 içeriği ile en iyi ilişkiyi ACE ve MF algoritmalarıyla elde edilen değerler vermektedir. Fe_2O_3 içeriği ile ACE ve MF değerleri doğrusal olarak artmaktadır. Korelasyonu artırmak için toprağın yansıma değerine Fe_2O_3 haricinde katkı sağlayan diğer parametrelerin de hesaba katılması gerekir, ancak bunu irdelemek bu çalışmanın amacı dışındadır.



Şekil 4.22: Toprak Fe₂O₃ içeriği ile anomali belirleme yöntemleri ile elde edilen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik a) 3/1, b) Crosta-Fe, c) ACE, d) CEM, e) MF, f) SAM.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada demir oksitlerin uzaktan algılama ile belirlenmesi amacıyla ASTER ve Landsat ETM+ uydu görüntülerinin bantlarının dalga boyu aralıklarına bakılarak ve yansıma değerleri göz önünde bulundurularak bant oranlamaları ile demir oksit haritalaması yapılmıştır. Maden arama çalışmalarında kullanılan diğer bir teknik Crosta altı bant tekniğidir. Bu yöntemin daha basitleştirilmiş hali olan Crosta dört bant yöntemidir: kil ve demir oksit mineralleri için dört farklı Landsat TM bandı üzerinde yapılan ana bileşenler analizidir. Crosta 4 yöntemi için öz vektör matrisi incelenmeden kullanılan bantların çeşidine göre dördüncü bileşen görüntüsünde demir oksit veya kil mineralleri haritalanmıştır.

Bu yöntemler dahilinde Landsat 7 ETM+ ve ASTER görüntüleri ile anomali olarak görülen noktalarda saha çalışmaları yapılmıştır. Görüntü işleme yöntemleri ile belirlenen anomali alanlarında, bölgedeki metamorfik kayaların ayrışması ve taşınması ile oluşmuş yoğun demir oksit boyamalarının olduğu ve bazı yerlerde manyetit ve hematit gibi demir minerallerinin varlığı saha çalışmaları ile teyit edilmiştir.

Bu doğrudan anomali alanlarını belirlemeye yönelik yöntemlere ilaveten görüntü içerisinden seçilen belli pikseller hedef olarak tanımlandıktan sonra, hedef tespit yöntemleri uygulanmıştır.

Arazi çalışmaları esnasında bütün yöntemlerle belirlenen anomali alanlarında yoğun demir oksit boyamalarının olduğu gözlenmiş ve o alanlarda el örneği büyüklüğünde manyetit ve spekülait örneklerine rastlanmıştır.

Ayrıca araziden alınan toprak örnekleri XRF ile analiz edilmiş ve örnekler içerisindeki Fe_2O_3 oranları ile anomali belirleme yöntemlerinden elde edilen piksel sayısal değerleri karşılaştırılmıştır. Genelde piksel sayısal değerleri Fe_2O_3 ile doğrusal olarak artmaktadır, ama uygulanan anomali belirleme algoritmalarından en iyi sonuç veren algoritmalar ACE ve MF'dir. Bölgenin daha ayrıntılı çalışılması ile muhtemel demir cevherleşmelerinin bulunması mümkün olabilir.

6. KAYNAKLAR

Abdelsalam, M.G., Stern, R.J., Berhane, W.G., “Mapping gossans in arid regions with landsat TM and SIR-C images: the Beddaho Alteration Zone in northern Eritrea”, *Journal of African Earth Sciences* 30, 903–916, (2000).

Abrams, M., Hook, S.J., “Simulated ASTER data for geologic studies”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33, 692–699, (1995).

Abrams, M., Brown, D., Lepley, L., Sadowski, R., “Remote sensing of porphyry copper deposits in Southern Arizona”, *Economic Geology* 78, 591–604, (1983).

Abrams, M., “The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): data products for the high spatial resolution imager on NASA’s Terra platform”, *International Journal of Remote Sensing* 21, 847–859, (2000).

Açıkalm, S., “Karacasu Çapraz Grabeni’nin (Aydın-Batı Anadolu) Sedimanter Evrimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji Bilim Dalı*, Eskişehir, (2005).

Amos, B. J., and Greenbaum, D., “Alteration detection using TM imagery: The effects of the supergene weathering in an arid climate”, *Int. J. Remote Sensing*, 20, (3), 515- 527, (1989).

Aydal, D., Ardal, E., Dumanlılar, O., “Application of the Crosta technique for alteration mapping of granitoidic rocks using ETM+ data: case study from eastern Tauride belt (SE Turkey)”, *International Journal of Remote Sensing* 28, 3895–3913, (2007).

Bennett, S. A., Atkinson, W. W., and Kruse, F. A., “Use of thematic mapper imagery to identify mineralization in the Santa Teresa District”, *Int. Geol. Rev.*, 35, 1009–1029, (1993).

Bierwirth, P., Huston, D., Blewett, R., “Hyperspectral mapping of mineral assemblages associated with gold mineralization in the Central Pilbara, Western Australia”, *Economic Geology*, 97, 819–826, (2002).

Biehl, L., and Landgrebe, D., MultiSpec: a tool for multispectral-hyperspectral image data analysis, Purdue University, West Lafayette, IN, *School of Electrical and Computer Engineering, ITaP and LARS* (2019).

Boccaletti, M., Bonini, M., Mazzuoli, R., Abebe, B., Piccardi, L., Tortorici, L., “Quaternary oblique extensional tectonics in the Ethiopian Rift (Horn of Africa)”, *Tectonophysics* 287, 97–116, (1998).

Bozkurt, E., Oberhansli, R., “Menderes Massif (Western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution - a synthesis”, *Int J Earth Sciences*, 89, 679-708, (2001).

Bryant, R. G., “Validated linear mixture modeling of Landsat TM data for mapping evaporite minerals on a playa surface: methods and applications”, *Int. J. Remote Sensing*, 17, 315-330, (1996).

Chavez, P.S., Sides, S.C., Anderson, J.A., “Comparison of 3 different methods to merge multiresolution and multispectral data—Landsat TM and SPOT panchromatic”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57, 295–303, (1991).

Cheng, Q., “Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly separation”, *Journal of Geochemical Exploration* 65, 175 – 194, (1999).

Cloutis, E.A., “Hyperspectral geological remote sensing: evaluation of analytical techniques”, *International Journal of Remote Sensing* 17, 2215–2242, (1996).

Cooper, B.L., Salisbury, J.W., Killen, R.M., Potter, A.E., “Midinfrared spectral features of rocks and their powders”, *Journal of Geophysical Research Planets*, 107, (2002).

Crosta, A.P., and McMoore, J., “Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: a prospecting case history in greenstone belt terrain”, *Seventh Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Alberta, Canada: Erim, (1989).

Dağ, F., “Aydın-Karacasu-Dandalas ÖİR:2085 No’lu kükürt sahasının maden jeolojisi raporu”, *MTA Raporu*, Derleme No: 8959, 11, (1990).

Dinç, A.O., Pestamalci, V., Dinç, U., Kandırmaz, M., Yeğingil, İ. “Uzaktan Algılamanın Temel Esasları ve Bazı Uygulamaları”, Ders Notları. Çukurova Üniversitesi, Adana, (2001).

Drury, S., *Image Interpretation in Geology*. London: Allen and Unwin, 243, (1987).

Ferrier, G., White, K., Griffiths, G., Bryant, R., Stefouli, M., “The mapping of hydrothermal alteration zones on the island of Lesbos, Greece using an integrated remote sensing dataset”, *International Journal of Remote Sensing* 23, 341–356, (2002).

Fraser, A., Huggins, P., Rees, J., Cleverly, P., “A satellite remote sensing technique for geological structure horizon mapping”, *International Journal of Remote Sensing* 18, 1607–1615, (1997).

Gad, S., Kusky, T., “Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM)”, *Journal of African Earth Sciences* 44, 196–202, (2006).

Govett, G.J.S., Goodfellow, W.D., Chapman, A., & Chork, C.Y., “Exploration geochemistry distribution of elements and recognition of anomalies”, *Mathematical. Geology* 7, 415–446, (1975).

Goward, S.N., Masek, J.G., Irons, J.R., ve diğ., “Landsat 7 Science Mission”, *GIM International*, 43-45 (1999).

Gupta, R.P., *Remote Sensing Geology*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Germany, (2003).

Harsanyi, J.C., Farrand, W. and Chang, C.I., “Detection of subpixel spectral signatures in hyperspectral image sequences,” in *Proc. Annu. M. Am. Soc. Photogrammetry and Remote Sensing*, 236–247, Reno (1994).

Hewson R.D., Cudahy T.J., Huntington J.F., “Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data”, *IEEE 2001 International Geoscience and remote sensing Symposium (IGARSS)*, 3, (2001).

Hewson R.D., Cudahy T.J., Burt A.C., Okada K., Mauger A.J., “Assessment of Geological Mapping Potential using ASTER Imagery within the Broken Hill and Olary Domains”, *In Proceedings of Twelfth Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference*, Perth, Australia, 12, (2004).

Hoatson, D. M., “Metallogenic potential of mafic ultramafic intrusions in the Arunta Province, central Australia”, *AGSO Research Newsletter*, 5, 29-33, (2001).

Hunt, G.R., “Spectral signatures of particulate minerals in the visible and nearinfrared”, *Geophysics* 42, 501–513, (1977).

Kalelioglu, O., Zorlu, K., Kurt, M.A., Gul, M., Guler, C., “Delineating compositionally different dykes in the Uluksla basin (Central Anatolia, Turkey) using computer-enhanced multi-spectral remote sensing data”, *International Journal of Remote Sensing* 30, 2997–3011, (2009).

Kalinowski A., Oliver S., *ASTER Mineral Index Processing Manual*, Remote Sensing Applications Geoscience, Australia (2004).

Kargı, H., “Landsat TM uydu görüntülerinde bazı litoloji ayırım yöntemlerinin karşılaştırılması”, *Yerbilimleri/Geosound*, 44-45, 99-109, (2004a).

Kargı, H., “Bigadiç bor yataklarının Landsat TM görüntüleri ile analizi”, *II. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Eskişehir (Ed: Özdağ, H vd.), π2 Tasarım Reklam, Ankara, 43-48, (2004b).

Kargı, H. ve Sarı, N., “LANDSAT TM görüntülerinde alterasyon zonlarının belirlenmesi – bir maden arama çalışması”, *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, (2006).

Kargı, H., “Principal components analysis for borate mapping”, *International Journal of Remote Sensing*, 8, 1807-1815, (2007).

Kastelli, M., “Denizli-Sarayköy-Çubukdağ-Karacasu alanı jeoloji incelemesi”, *MTA Raporu*, Derleme No: 2532, 32, (1971).

Kavak, K.S. “Menderes Masifi ve Gediz Grabeni Civarında Paleotektonik ve Neotektonik Yapıların Landsat TM Görüntülenmesi İncelenmesi”, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İstanbul, 157-163, (2005).

Kayadibi, Ö. “Mineral haritalamada band oranlama ve crosta metodları ile elde edilen sonuçların jeostatistiksel olarak karşılaştırılması”, *UZALCBS Sempozyumu*, Kayseri, (2008).

Kayadibi, Ö. “Landsat 7 ETM+ ve ASTER Görüntüleri ile Yusufeli-Tekkale (Artvin-KD Türkiye) Çevresindeki Hidrotermal Alterasyonların İncelenmesi”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Ankara, 58, (2), (2015).

Kraut, S., Scharf, L., and Butler, R., “The adaptive coherence estimator: a uniformly most powerful invariant adaptive detection statistic”, *IEEE Transactions on Signal Processing* 53, 427-438 (2005).

Kruse, F.A., Boardman, J.W., Lefkoff, A.B., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J., and Goetz, A.F.H., “The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data”, *Remote Sensing of Environment*, 44, 145-163, (1993).

Kusky, T.M., Ramadan, T.M., “Structural controls on Neoproterozoic mineralization in the South Eastern Desert, Egypt: an integrated field, Landsat TM, and SIR-C/X SAR approach” *Journal of African Earth Sciences* 35, 107–121, (2002).

Lee, S., Talib, J.A., “Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis”, *Environmental Geology* 47, 982–990, (2005).

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

Macdonald, I.R., Guinasso, N.L., Ackleson, S.G., Amos, J.F., Duckworth, R., Sassen, R., Brooks, J.M., “Natural oil-slicks in the Gulf-of-Mexico visible from space”, *Journal of Geophysical Research Oceans* 98, 16351–16364, (1993).

Manolakis, D., Lockwooda, R., Cooleyb, T. And Jacobsonc, J., “Is there a best hyperspectral detection algorithm?”, *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XV. Ed. Sylvia S. Shen & Paul E. Lewis*, 733402-16. © 2009 SPIE--The International Society for Optical Engineering, Orlando, FL, USA: SPIE, (2009).

Mumby, P.J., Green, E.P., Edwards, A.J., Clark, C.D., “Coral reef habitat-mapping: how much detail can remote sensing provide”, *Marine Biology* 130, 193–202, (1997).

Maden Tetkik Arama, http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/RSCWEB/index.php?id=ua, (2009).

Maden Tetkik Arama, <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, (2019).

Nebert, K., “Bozdoğan ve Karacasu’daki genç Neojen körfezleri”, *MTA Raporu*, Derleme No. 2511, 14 s, (1955).

Ocakoğlu, F., Dirik, K., Açıklın, S., Akan, S., Demirtaş, R., Özsayın, E., “Karacasu ve Bozdoğan çapraz grabenlerinin (Batı Anadolu) stratigrafik, sedimentolojik ve tektonik evrimi”, *Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu*, 1. Dönem Gelişme Raporu, 52 s, (2005).

Oppenheimer, C., Francis, P.W., Rothery, D.A., Carlton, R.W.T., Glaze, L.S., “Infrared image-analysis of volcanic thermal features—Lascar volcano, Chili, 1984–1992”, *Journal of Geophysical Research Solid Earth* 98, 4269–4286, (1993).

Özgen, K., “Dikili-Kaynarca Ve Bergama-Ovacık Hidrotermal Alterasyon Zonlarının Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İzmir, (2009).

Rajesh, H.M., “Application of remote sensing and GIS in mineral resource mapping—an overview”, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 99, 83–103, (2004).

Ranjbar, H., Honarmand, M., Moezifar, Z., “Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt”, *Journal of Asian Earth Sciences* 24, 237–243, (2004).

Reis, S., “Çevresel planlamalara altlık bir coğrafi bilgi sistemi tasarımı ve uygulaması: trabzon il bilgi sistemi (TİBİS) modeli”, Doktora Tezi, *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2003).

Rowan, L.C., Mars, J.C., “Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data”, *Remote Sensing of Environment* 84, 350–366, (2003).

Rowan, L. C., and Bowers, T. L., “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, (1995).

Sabins, F. F., and Miller, R. M., “Resource assessment Salar Uyuni and vicinity”, *Proceedings of Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing*, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, I92–I103, (1994).

Sabins, F. F., *Remote Sensing-Principles and Interpretation*, W.H. Freeman, New York, NY., 494, (1997).

Sabins, F.F., “Remote sensing for mineral exploration”, *Ore Geology Reviews* 14, 157–183, (1999).

Sahoo, P.K., Soltani, S., Wong, A.K.C., & Chen, Y.C., “A survey of thresholding techniques”, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 41, 233–260, (1988).

Salisbury, J.W., Walter, L.S., Vergo, N., “Availability of a library of infrared (2.1–25.0 MU-M) mineral spectra”, *American Mineralogist* 74, 938–939, (1989).

Sarı, N., “Denizli Ve Civarının Jeolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2005).

Sarı, R., “Altınlı Hidrotermal Alterasyonların Geliştirilmiş Landsat Tematik Haritalayıcıları Ve ASTER Görüntüleriyle Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Mühendisliği Ekonomik Jeoloji Anabilim Dalı, İzmir, (2007).

Scharf, L. and McWhorter, L., “Adaptive matched subspace detectors and adaptive coherence estimators”, *Signals Systems and Computers Conference Record of the Thirtieth Asilomar Conference* 2, 114-1117 (1996).

Schetselaar, E.M., Chung, C.J.F., Kim, K.E., “Integration of Landsat TM, gamma-ray, magnetic, and field data to discriminate lithological units in vegetated granite-gneiss terrain”, *Remote Sensing of Environment* 71, 89–105, (2000).

Segal, D. “Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data.” *Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology*, Fort Worth, 949-951, (1982).

Settle, J.J., Drake, N.A., “Linear mixing and the estimation of ground cover proportions”, *International Journal of Remote Sensing* 14, 1159–1177, (1993).

Sinclair, A. J., “A fundamental approach to threshold estimation in exploration geochemistry; probability plots revisited”, *Journal of Geochemical exploration*, 41, 1-22, (1991).

Singh, A., and Harrison, A., “Standardized principal components”, *Int. J. of Remote Sensing*, 6, 883-896, (1985).

Singhroy, V., Mattar, K.E., Gray, A.L., “Landslide characterisation in Canada using interferometric SAR and combined SAR and TM images”, In:

Susskind, J., Singhroy, V., Tanaka, S. (Eds.), *Remote Sensing: Inversion Problems and Natural Hazards*, (1998).

Sultan, M., Arvidson, R. E., and Sturchio, N. C., “Mapping of serpentinites in the E Desert of Egypt using Landsat Thematic Mapper data”, *Geology*, 14, 995–999, (1986).

Sümer, E.Ö., San, B.T., Gürçay, B., Pekesin, B.F., Avcı, M.K., Koruyucu, M., Dağlıyar, A., Teoman, S., Topçu, T., Özgüner, C. “ASTER Uydu Verisi Uygulamaları; Türkiye’den Örnekler”, *MTA Özel Yayın Serisi*, 5, Ankara, 71, (2006).

Şimşek, Ş. ve Yılmaz, S., “Nazilli-Kuyucak-Yenice (Karacasu) alanının jeolojisi ve jeotermel olanakları”, *MTA Raporu*, Derleme No: 6422, 49, (1977).

Tangestani, M.H., Moore, F., “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, (2001).

Unrug, R., “Mineralization controls and source metals in the Lufilian fold belt, Shaba Zaire, Zambia and Angola”, *Economic Geology* 83, 1247–1258, (1988).

USGS, <https://www.usgs.gov/centers/eros>, (2004).

USGS, <https://www.usgs.gov/labs/spec-lab>, (2019).

Vane, G., Goetz, A.F.H., “Terrestrial imaging spectroscopy”, *Remote Sensing of Environment* 24, 1–29, (1988).

Vane, G., Goetz, A.F.H., “Terrestrial imaging spectrometry current status, future-trends”, *Remote Sensing of Environment* 44, 117–126, (1993).

Volesky, J. C., Stern, R. J., Johnson P.T., “Geological control of massive sulfide mineralization in the Neoproterozoic Wadi Bidah shear zone, southwestern Saudi Arabia, inferences from orbital remote sensing and field studies”, *Precambrian Research* 123, 235–247, (2003).

Won-In, K. and Charusiri, P., “Enhancement of thematic mapper satellite images for geological mapping of the Cho Dien area, Northern Vietnam”, *Int. J. of App. Earth Observation and Geoinformation*, 4, 183–193, (2001).

Yakan, M., “Tecer Dağları (Sivas Havzası) Güneyindeki Bölgede Sayısal Jeolojik Harita Alımı Ve Bölgenin ASTER Uydu Görüntüleri Yardımıyla Jeolojik İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, (2009).

Yamaguchi, Y., Kahle, A.B., Tsu, H., Kawakami, T., Pniel, M., “Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36, 1062–1071, (1998).

Yesou, H., Besnus, Y., Rolet, J., “Extraction of spectral information from Landsat-TM data and merger with SPOT panchromatic imagery - a contribution to the study of geological structures”, *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 48, 23–36, (1993).

Yuhas, R.H., Goetz, A.F.H., and Boardman, J.W., “Discrimination among Semi-Arid landscape endmembers using the spectral angle mapper (SAM) algorithm”, *Summaries of the 4 th JPL Airborne Earth Science Workshop*, JPL Publication 92-41, 147-149, (1992).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burçin KURT
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara - 04.05.1986
Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta : burcink06@gmail.com