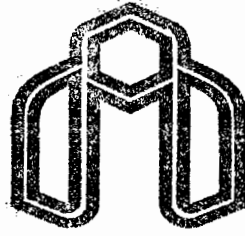


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن

پایان نامه:

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی معدن

گرایش: اکتشاف معدن

موضوع:

بررسی منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی سازی طلا در جنوب  
کاشان با استفاده از سنجش ازدور

توسط:

عزیزاله حاج حیدری

اساتید راهنما:

دکتر رضا خالوکاکایی

دکتر همایون صفایی

استاد مشاور

مهندس مرتضی شریفی

سال: ۱۳۸۲

تقدیم به :

روان پاک مرحوم

استاد دکتور سید حسن بصیر

## سپاسگزاری

”ستایش خدای را که پروردگار جهانیان است“

اکنون که به یاری و لطف ایزد منان این نوشتار به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم که از تمام عزیزان و سرورانی که در به ثمر رساندن این پژوهش مرا یاری نموده‌اند، سپاسگذاری نمایم.

در ابتدا از اساتید محترم راهنما جناب آقایان دکتر رضا خالو کاکائی و دکتر همایون صفائی و استاد مشاور مهندس مرتضی شریفی که در تمام مراحل این پژوهش مرا راهنمایی و مساعدت نموده‌اند، قدردانی نمایم.

همچنین از کلیه اساتید و کارکنان دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه اصفهان کمال تشکر را دارم. از آقایان دکتر اسدی هارونی و دکتر نادر فتحیان پور بخاطر راهنمایی‌های ارزنده ایشان در پردازش داده‌های رقومی، دکتر مرتضی طبائی در مطالعات فسیل‌شناسی نمونه‌ها، دکتر فیروز صدقیانی در مطالعات مقاطع صیقلی و از خانم مهندس مهین منصوری در مطالعه مقاطع نازک و از آقایان مهندس سعید بهشتی، مهندس مهدی خاندل و مهندس حسینعلی صدری سپاسگزارم.

از سرکار خانم گلان که با تحمل و حوصله دست‌نوشته‌های اینجانب را تایپ و ویرایش نمودند و

نیز کلیه عزیزانی که به نوعی در به ثمر رسیدن این پژوهش نقش داشته‌اند اما ذکر نامشان در این مختصر

نمی‌گنجد، تشکر نموده و برای تمامی آنها سربلندی و موفقیت آرزومندم.

در پایان از همسر و فرزند صبورم بخاطر به‌خاطر و به‌مبارکی و تحمل کاستیهای دوران تحصیل تشکر

و قدردانی می‌نمایم.

عزیزاله حاج‌حیدری

پائیز ۱۳۸۲

## چکیده:

با توجه به قرارگیری منطقه کاشان در زون ارومیه- دختر و ذکر اندیسهای از طلا در آن، پی‌جویی این فلز استراتژیک در این منطقه از اولویت خاصی برخوردار است. هدف اصلی در این پژوهش تعیین محدوده آنومالی طلا، شناسایی دقیق واحدهای سنگی و گسلهای منطقه در ارتباط با کانی‌سازی طلا با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای بوده است. برای این منظور بموازات انجام بازدیدهای صحرائی، مطالعات میکروسکوپی و آنالیز شیمیائی نمونه‌های برداشت شده از منطقه دگرسانی، داده‌های رقومی هفت باند سنجنده TM ماهواره لندست پنج پس از تصحیحات لازم از قبیل تصحیحات هندسی و توپوگرافی، مورد پردازش قرار گرفته‌اند.

در این راستا از تکنیکهای مختلف پردازش داده‌های رقومی نظیر نسبت باندها، آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تهیه ترکیب‌های رنگی کاذب با روش فاکتور شاخص بهینه (OIF) استفاده شده است، که مناسب‌ترین ترکیب رنگی کاذب جهت بارزسازی لیتولوژی منطقه ترکیب رنگی باندهای ۵،۴،۱ و بهترین مؤلفه از آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای مشخص کردن منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی‌سازی طلا در آن مؤلفه چهارم از باندهای ۵،۴،۱ و ۷ لندست TM معرفی شده است.

با تلفیق کلیه اطلاعات به دست آمده پس از تعیین محدوده دگرسانی نقشه زمین‌شناسی منطقه در مقیاس ۱:۲۰/۰۰۰ تحت عنوان نقشه ایبانه تهیه گردیده است. در این نقشه گسلها و واحدهای لیتولوژی جدیدی شناسایی و مرزهای زمین‌شناسی واحدهای قبلی در پاره‌ای از موارد تصحیح شده است. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده به منظور ادامه فعالیت‌های اکتشافی و همچنین به دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد آنومالی مطالعه مقدماتی هاله‌های ژئوشیمیائی اولیه همراه با به کارگیری اطلاعات ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی بالا نظیر (ASTER) و (IKONOS) در قالب یک سیستم GIS پیشنهاد گردیده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف.....	تقدیم.....
ب.....	سپاسگذاری.....
د.....	چکیده.....
ه.....	فهرست مطالب.....
ی.....	فهرست اشکال.....
ل.....	فهرست جداول.....

### فصل اول - مقدمه

۱.....	۱-۱- مقدمه.....
۲.....	۲-۱- هدف از مطالعه.....
۲.....	۳-۱- موقعیت جغرافیائی.....
۳.....	۴-۱- روش مطالعه.....
۵.....	۵-۱- مطالعات قبلی.....
۶.....	۶-۱- سازماندهی پایان نامه.....

### فصل دوم - طلا و کانسارهای آن

۷.....	۱-۲- مقدمه.....
۸.....	۲-۲- ژئوشیمی و کانی شناسی طلا.....
۹.....	۳-۲- خواص شیمیائی طلا.....
۱۰.....	۴-۲- اهمیت و کاربرد طلا.....
۱۰.....	۵-۲- روشهای پی جوئی طلا.....
۱۰.....	۱-۵-۲- روشهای زمین شناسی.....
۱۱.....	۲-۵-۲- روش ژئوفیزیکی.....

عنوان	صفحه
۳-۵-۲- روشهای ژئوشیمیائی	۱۲
۴-۵-۲- روشهای سنجش از دور	۱۳
۶-۲- زمین شناسی کانسارهای طلا	۱۴
۷-۲- فلزائی طلا	۱۴
۸-۲- خصوصیات کانسارهای گرمابی	۱۶
۱-۸-۲- کانسارهای مزو ترمال	۱۷
۲-۸-۲- کانسارهای اپی ترمال	۱۸
۱-۲-۸-۲- کانسارهای آدولار- سربیسیت	۱۹
۲-۲-۸-۲- کانسارهای طلای ریزدانه موجود در سنگهای رسوبی	۲۰
۳-۲-۸-۲- کانسارهای اسید- سولفات	۲۱
۴-۲-۸-۲- کانسارهای طلای حاصل از چشمه های آبگرم	۲۱
۹-۲- ذخیره معدنی طلا در جهان	۲۱
۱۰-۲- ذخائر و کانسارهای طلای ایران	۲۳

### فصل سوم - زمین شناسی منطقه

۱-۳- مقدمه	۲۵
۲-۳- ریخت شناسی	۲۵
۳-۳- چینه شناسی	۲۶
۱-۳-۳- واحدهای سنگی بر کامپوزین و پالئوزوئیک	۲۶
۲-۳-۳- واحدهای سنگی مزوزوئیک	۳۱
۱-۲-۳-۳- واحدهای تریاس	۳۱
۲-۲-۳-۳- واحدهای ژوراسیک	۳۲
۳-۲-۳-۳- واحدهای کرتاسه	۳۳
۳-۳-۳- واحدهای سنگی سنوزوئیک	۳۴
۱-۳-۳-۳- واحدهای ائوسن	۳۴
۲-۳-۳-۳- واحدهای کوارتزی	۳۷
۴-۳- واحدهای نفوذی	۳۸



۳۹	۳-۵- زمین‌شناسی اقتصادی
۴۰	۳-۶- زمین‌شناسی ساختمانی

### فصل چهارم - سنجش از دور

۴۳	۴-۱- مقدمه
۴۵	۴-۲- مؤلفه‌های اصلی یک سیستم سنجش از دور
۴۵	۴-۲-۱- منبع میدان الکترومغناطیسی (EM)
۴۷	۴-۲-۲- واکنش با سطح
۴۹	۴-۲-۳- واکنش با اتمسفر
۵۰	۴-۲-۴- سنجده‌ها
۵۱	۴-۲-۴-۱- سنجده لندست TM
۵۳	۴-۳- خصوصیات تصاویر رقومی
۵۴	۴-۴- پردازش تصویر
۵۴	۴-۵- طبقه بندی اطلاعات
۵۵	۴-۶- کاربرد سنجش از دور در اکتشاف
۵۶	۴-۶-۱- تهیه نقشه لیتولوژی
۵۷	۴-۶-۲- شناسایی نواحی دگرسانی هیدروترمال
۵۸	۴-۶-۳- شناسایی نواحی شسته‌شده سوپرژن
۵۹	۴-۶-۴- شناسایی اسکارن‌ها
۶۰	۴-۶-۵- نقشه‌های ساختمانی
۶۱	۴-۶-۶- ژئوبوتانی
۶۲	۴-۷- قابلیت نرم‌افزار ER Mapper

### فصل پنجم - مطالعه منطقه دگرسانی

۶۴	۵-۱- مقدمه
۶۵	۵-۲- منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی‌سازی طلا
۶۹	۵-۳- برداشت صحرایی و نمونه برداری

عنوان	صفحه
۴-۵- مطالعات میکروسکوپی نمونه‌ها	۷۱
۱-۴-۵- تیغه‌های نازک	۷۱
۲-۴-۵- مقاطع صیقلی	۷۴
۳-۴-۵- نتیجه‌گیری	۷۴
۵-۵- آنالیز شیمیائی نمونه‌ها	۸۳
۱-۵-۵- آماده‌سازی نمونه‌ها	۸۳
۲-۴-۵- نتایج آنالیز شیمیائی	۸۴

### فصل ششم - پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای منطقه

۱-۶- مقدمه	۸۵
۲-۶- داده‌های مورد استفاده	۸۵
۳-۶- همبستگی بین داده‌های طیفی	۸۶
۴-۶- پردازش داده‌ها	۸۷
۱-۴-۶- تصحیح هندسی	۸۷
۲-۴-۶- تصحیح توپوگرافی	۸۹
۳-۴-۶- تهیه تصاویر گسترش یافته	۹۱
۴-۴-۶- فیلتره کردن	۹۳
۵-۴-۶- محاسبه نسبت‌های مهم برای جدا سازی واحدهای سنگی	۹۷
۵-۵- آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای جداسازی منطقه دگرسانی	۱۰۱
۶-۶- تهیه و ترکیب‌های رنگی کاذب	۱۰۷
۷-۶- تهیه نقشه گسل‌های محدوده مورد مطالعه	۱۱۲
۸-۶- تهیه نقشه زمین‌شناسی	۱۱۴
۹-۶- نتیجه‌گیری	۱۱۸

### فصل هفتم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۷- نتیجه‌گیری	۱۲۱
۲-۷- پیشنهادات	۱۲۲

صفحه

عنوان

۱۲۳ ..... منابع

پیوست‌ها

۱۲۶ ..... پیوست شماره ۱: نتایج آنالیز شیمیائی

۱۲۸ ..... پیوست شماره ۲: طرز استفاده از نرم‌افزار (ER Mapper)

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه	۳
شکل ۱-۲: نمایش شماتیکی محیط های زمین شناسی در کانسارهای طلای گرمابی	۱۸
شکل ۲-۳: پراکندگی جغرافیای معدن و کانسارهای مهم طلا در ایران	۲۴
شکل ۱-۳: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه	۲۸
شکل ۱-۴: طیف امواج الکترومغناطیس	۴۶
شکل ۱-۵: تصویری از نفوذ رگه های هیدروترمال داخل سنگ میزبان و ایجاد دگرسانی در آن	۶۶
شکل ۲-۵: تصویری از لایه های سنگ تراورتن در مجاورت منطقه دگرسانی	۶۶
شکل ۳-۵: تصویری از گسلهای اصلی در منطقه دگرسانی	۶۸
شکل ۴-۵: تصویری از سه دسته شکستگی تقریباً منطبق با جهت گسلها در منطقه	۶۸
شکل ۵-۵: موقعیت نقاط نمونه برداری را بر روی عکس هوایی تصحیح شده	۷۰
شکل ۶-۵: تیغه نازک A1	۷۶
شکل ۷-۵: تیغه نازک A2	۷۶
شکل ۸-۵: تیغه نازک B1	۷۷
شکل ۹-۵: تیغه نازک B2	۷۷
شکل ۱۰-۵: تیغه نازک B3	۷۸
شکل ۱۱-۵: تیغه نازک B4	۷۸
شکل ۱۲-۵: تیغه نازک B5	۷۹
شکل ۱۳-۵: تیغه نازک B5	۷۹
شکل ۱۴-۵: تیغه نازک B6	۸۰
شکل ۱۴-۵: تیغه نازک B6	۸۰
شکل ۱۶-۵: تیغه نازک D1	۸۱
شکل ۱۷-۵: تیغه نازک D2	۸۱
شکل ۱۸-۵: تیغه نازک D3	۸۲
شکل ۱-۶: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه (RGB=541) بعد از انجام تصحیح هندسی	۹۰
شکل ۲-۶: هیستوگرام ارزش عددی پیکسلهای تصویر منطقه	۹۱

- شکل ۳-۶: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه (RGB=541) بعد از گسترش ..... ۹۴
- شکل ۴-۶: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه (RGB=541) بعد از تأثیر فیلتر گذر بالا ..... ۹۶
- شکل ۵-۶: نمودار طیفی تراکیت (درصد رفلکتانس - طول موج) ..... ۹۷
- شکل ۶-۶: نمودار طیفی دیوریت (درصد رفلکتانس - طول موج) ..... ۹۸
- شکل ۷-۶: نمودار طیفی آندزیت (درصد رفلکتانس - طول موج) ..... ۹۸
- شکل ۸-۶: نمودار طیفی آهک (درصد رفلکتانس - طول موج) ..... ۹۹
- شکل ۹-۶: نمودار طیفی ماسه سنگ (درصد رفلکتانس - طول موج) ..... ۹۹
- شکل ۱۰-۶: تصویر محدوده مورد مطالعه (Greyscale)، مربوط به نسبت طیفی (۲/۷) ..... ۱۰۲
- شکل ۱۱-۶: تصویر محدوده مورد مطالعه (Greyscale)، مربوط به مولفه اصلی چهارم (PC4) .. ۱۰۶
- شکل ۱۲-۶: تصویر محدوده مورد مطالعه (R=PC4, G=-PC3, B=PC2) برای بارزسازی ..... ۱۱۱
- شکل ۱۳-۶: تصویر محدوده مورد مطالعه (Greyscale) پس از تأثیر فیلتر (Sun angle S-W) .. ۱۱۳
- شکل ۱۴-۶: تصویر گسل‌های محدوده مورد مطالعه (RGB=541) ..... ۱۱۵
- شکل ۱۵-۶: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در مقیاس (۱/۲۰,۰۰۰) ..... ۱۱۹

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸	جدول ۱-۲: کانیهای طلا
۲۳	جدول ۲-۲: مشخصات زمین شناسی برخی از کانسارها و معادن طلای ایران
۴۶	جدول ۱-۴: باند موج مربوط به رنگهای مشاهده شده در نور مرئی
۵۱	جدول ۲-۴: خلاصه‌ای از مشخصات ماهواره‌های مورد استفاده در مطالعات اکتشافی
۸۴	جدول ۱-۵: نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها به روش NAA
۸۶	جدول ۱-۶: ماتریس همبستگی باندهای TM در محدوده مورد مطالعه
۱۰۰	جدول ۲-۶: میزان رفلکتانس واحدهای سنگی و کانیهای داده شده برای باندهای TM
۱۰۴	جدول ۳-۶: ماتریس بار محاسبه شده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای تفکیک هیدرواکسیدها
۱۰۵	جدول ۴-۶: ماتریس بار محاسبه شده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای تفکیک اکسیدهای آهن
۱۰۸	جدول ۵-۶: اطلاعات آماری داده‌های TM از منطقه مورد بررسی
۱۰۹	جدول ۶-۶: فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای ۲۰ ترکیب سه باندهای

# فصل اول

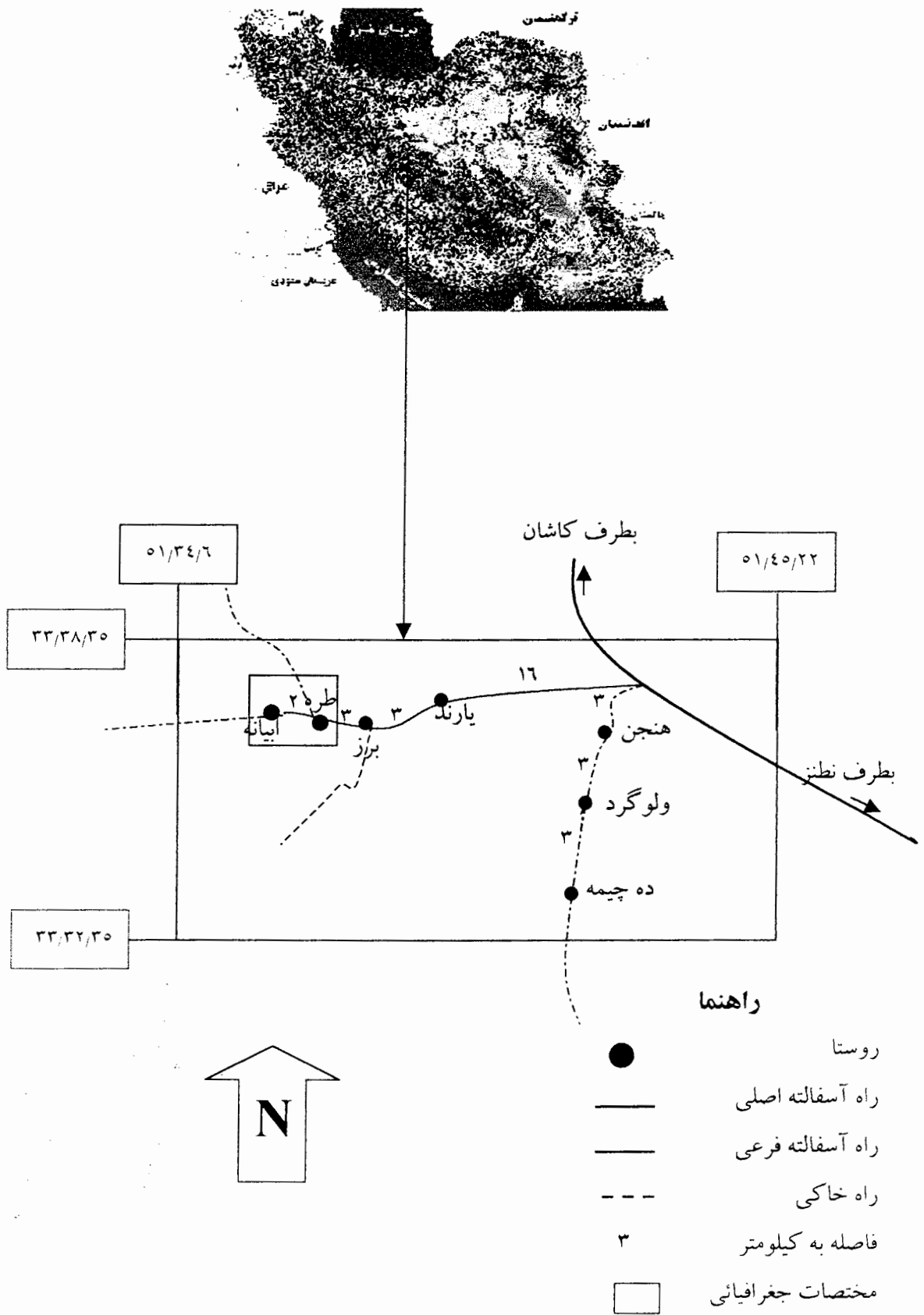
## مقدمه

### ۱-۱- مقدمه

طلا از فلزات گرانبها و استراتژیک بوده و اکتشاف و استخراج آن از جنبه‌های اقتصادی حائز اهمیت است. با توجه به محیط تکتونیکی منطقه کاشان که در زون ارومیه- دختر واقع شده و مشاهده اندیسهایی از طلا در مطالعات انجام شده در استان اصفهان، احتمال وجود ذخایر اقتصادی در جنوب کاشان بیشتر می‌باشد [۱۵]. در ضمن از آنجایی که سنگهای این منطقه تحت تاثیر فرآیندهای هیدروترمال بعد از ماگمایی یا دگرسانی متاسوماتیک واقع شده‌اند، امکان کانی‌زایی در آنها وجود دارد [۳].

استفاده از تکنیک سنجش از دور در زمینه‌های مختلف از جمله مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی باعث کاهش زمان و هزینه مطالعات می‌گردد. علاوه بر این موفقیت‌های چشمگیر استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تعیین مناطق دگرسانی، تهیه نقشه‌های لیتولوژی، مطالعات ساختاری و اکتشاف ژئوبوتانی باعث استقبال از این تکنیک در طرحهای اکتشافی زمین شده است.

هدف اصلی در این پژوهش تعیین محدوده آنومالی طلا با انجام تکنیک پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای بوده است. برای این منظور اطلاعات رقومی TM (نقشه بردار موضوعی) ماهواره لندست پنج مورد پردازش قرار گرفته است.



شکل ۱-۱: کروکی موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه



- بررسی پتانسیل‌های معدنی منطقه قمصر کاشان توسط ب-حاجی‌علیلو (۱۳۶۸) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد مورد بررسی قرار گرفته است [۳].

- نقشه زمین‌شناسی چهارگوش نظنز به مقیاس (۱/۱۰۰۰۰۰) از انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور [۸].

- از جمله کارهای انجام شده در منطقه مورد مطالعه گزارش پایانی طرح پژوهشی صنعت و معدن تحت عنوان پی‌جویی و اکتشاف طلا در استان اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای توسط دکتر ه- صفائی (۱۳۷۹) می‌باشد و این تنها گزارشی است که در آن به وجود اندیس‌هایی از طلا در این منطقه اشاره شده است [۱۵].

- از جمله جدیدترین تحقیقات منتشر شده در زمینه زمین‌شناسی منطقه می‌توان به مقاله م- مؤیدی (۱۳۸۱) تحت عنوان نگرشی نو بر تکوین و تکامل نئوتتیس و ارتباط آن با ماگماتیسم ترشیری ارومیه- دختر اشاره کرد [۲۱].

#### ۱-۴- هدف از مطالعه

هدف از اجرای این مطالعه به قرار زیر می‌باشد:

- ۱- تعیین مناطق دگرسانی با استفاده از پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای.
- ۲- شناسایی دقیق گسلها و ساختارهای تکتونیکی مرتبط با کانی‌سازی به کمک داده‌های ماهواره‌ای.
- ۳- تفکیک واحدهای لیتولوژی و تهیه نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه با تلفیق داده‌ها.

۴- ارائه دید کلی از منطقه جهت انجام مطالعات تفصیلی بعدی.

## ۱-۵- روش مطالعه

نکته قابل توجه در این پژوهش استفاده از تکنیکهای پردازش رقومی اطلاعات ماهواره‌ای جهت شناسایی روندها و ساختارهای زمین شناسی مختلف و واحدهای چینه‌ای و تفکیک منطقه دگرسان شده کانی‌زا از سایر مناطق می باشد.

به طور کلی روش مطالعه را میتوان به مراحل ذیل تقسیم نمود:

۱- جمع آوری منابع و اطلاعات مورد نیاز و انجام مطالعات دفتری با استفاده از منابع و نقشه‌های موجود از منطقه مورد مطالعه.

۲- انجام بازدیدهای صحرایی شامل بازدید مقدماتی جهت بدست آوردن دید کلی از منطقه، بازدید تفصیلی پس از پردازشهای اولیه داده‌های رقومی، جهت برداشت زمین شناسی و نمونه برداری از منطقه دگرسان شده و بازدید تکمیلی جهت کنترل نتایج به دست آمده از منطقه مورد مطالعه.

۳- تهیه و مطالعه مقاطع صیقلی و تیغه‌های نازک از نمونه‌های جمع آوری شده.

۴- آنالیز شیمیایی از نمونه‌های جمع آوری شده به روش NAA.

۵- انجام مطالعات دور سنجی شامل:

الف: ورود داده‌های رقومی TM ماهواره لندست پنج به نرم افزار (ER- Mapper)، انجام

تصحیحات لازم و پردازشهای اولیه داده‌ها.

ب: آنالیز مؤلفه‌های اصلی جهت جدا سازی دقیق منطقه دگرسانی.

ج: تهیه ترکیب‌های رنگی کاذب.

د: شناسایی گسلهای محدوده مورد مطالعه.

ه: تهیه نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه.

۶- تلفیق اطلاعات به دست آمده از روشهای مختلف و انجام نتیجه گیری لازم.

### ۱-۶- سازماندهی پایان نامه

مطالعات انجام شده در قالب این نوشتار شامل هفت فصل می باشد که در فصل اول مقدمه این پژوهش از جمله هدف از مطالعه، روش مطالعه و مطالعات قبلی بیان شده است. در فصل دوم طلا و کانسارهای آن معرفی شده است. به دلیل اهمیت مطالعات زمین شناسی در تفسیر داده های رقومی ماهواره در فصل سوم زمین شناسی عمومی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم به معرفی سنجش از دور و برخی از کاربردهای آن در اکتشاف پرداخته است. در فصل پنجم پس از معرفی منطقه دگرسانی، کارهای صحرایی و نمونه برداری تشریح شده است. در فصل ششم به پردازش داده های رقومی با استفاده از سنجش دور شامل کلیه تکنیکهای بارزسازی نواحی دگرسانی، مطالعات ساختاری در ارتباط با کانی سازی و تفکیک واحدهای لیتولوژی جهت تهیه نقشه زمین شناسی، پرداخته شده است. نهایتاً در فصل هفتم نتایج و پیشنهادات این پژوهش ارائه گردیده است.

## فصل دوم

### طلا و کانسارهای آن

#### ۲-۱- مقدمه

طلا یا زر عنصری فلزی با علامت اختصاری Au که اغلب در طبیعت بطور خالص یافت می‌شود. سختی آن ۲/۵ تا ۳ (در مقیاس موس)، عدد اتمی ۷۹، جرم اتمی ۱۷۹، و وزن مخصوص آن ۱۹/۳۳ می‌باشد. طلای ناخالص که حاوی ۱۵ تا ۲۵ آن نقره باشد، وزن مخصوص آن از ۱۵ تا ۱۶ تغییر می‌کند. رنگ آن زرد و قابلیت مفتول شدن و چکش خوری آن خیلی زیاد است. طلا در مجاورت هوا اکسیده نمی‌شود و در درجه ۱۰۶۰ درجه سانتیگراد ذوب می‌گردد و در ۲۶۷۷ درجه می‌جوشد ظرفیت آن یک یا سه است. طلا اولین فلزی است که بواسطه زیبایی و دوامش بوسیله انسان کشف و مورد استفاده قرار گرفته است. آثاری از طلا در رسوبات دوره نوسنگی (۴ تا ۵ هزار سال قبل از میلاد مسیح) پیدا شده است [۱].

عیار عادی طلا در پوسته زمین در حدود ۵ ppb (۵ میلی گرم در تن) و ضریب پرعیارسازی آن بطور متوسط ۲۰۰۰ است. طلا از عناصر قیمتی بسیار مهم است که همواره پشتوانه اقتصادی کشورها و تمدنها بوده است.

## ۲-۲- ژئوشیمی و کانی شناسی طلا

طلا دارای چهارده ایزوتوپ با عدد اتمی ۱۹۲ تا ۲۰۶ بوده که تنها ایزوتوپ پایدار آن ۱۹۷ است. این فلز عنصری سیدورفیل تا اندازه‌ای کالکوفیل است و مهمترین کانی اقتصادی آن طلای طبیعی است. طلا در طبیعت حاوی مخلوطی از چهل عنصر به ویژه نقره، پلاتین، مس، آهن، سرب، بیسموت، آنتیموان و پالادیم به صورت آلیاژ است. طلای طبیعی حاوی مقداری نقره (بیش از ۵۰ درصد)، آهن (بیش از ۲ درصد)، مس (بیش از ۱/۵ درصد)، بیسموت، پالادیم و رادیوم و تلوراید می‌باشد. کانیهای طلا شامل الکتروم، کلاوریت، پتزیت، سیلوانیت و نازیانیت می‌باشند. جدول (۱-۲) مشخصات این کانیها را نشان می‌دهد. مهمترین کانیهای باطله همراه طلا کوارتز، کربناتها، تورمالین و فلورین است [۶].

جدول ۱-۲: کانیهای طلا [۱]

سیسم فلور	سختی	وزن مخصوص	مقدار درصد طلا		ترکیب شیمیایی	کانی	عصر
			جزئی	آرذائی			
کوبیک	۳-۲/۵	۱۹۵۱۵	۹۸-۸۰		Au Ag	طلای طبیعی	طلا Au عدد اتمی ۷۱
		۱۶۵۱۲	۷۵-۷۰		Ag Au	الکتروم	
منوکلینیک	۳-۲/۵	۹		۴۳/۷	AuTe <sub>2</sub>	کلاوریت	جرم اتمی ۱۷۹
ارتورومبیک	۲-۱/۵	۸		۲۴/۲	AuAgTe <sub>4</sub>	سیلوانیت	
تراگونال	۲-۱	۷/۵۵۶/۸	۱۳-۶		AuTe <sub>2</sub> 6Pb(S.Te)	نازیانیت	
کوبیک	۳-۲/۵	۹۵۸/۷	۷۵		(Ag,Au) <sub>2</sub> Te	پتزیت	

طلا به واسطه خاصیت سیدروفیلی و کالکوفیلی در سیالات ماگمایی باقیمانده یعنی در فازهای سولفیدی حاصل از تفریق ماگمایی بیشتر از مایعات سیلیکاته اولیه تجمع می‌یابد. در ذخایر ماگمایی همراه با فلزات گروه پلاتین و در ذخایر رگه‌ای، به همراه جیوه، بیسموت، آنتیموان، آرسنیک، سلنیم، تلوریم، مس، نقره و تالیم مشاهده می‌شود. علاوه بر این، طلا اکثراً به‌جای عناصر واجد خواص ژئوشیمیایی مشابه در کانه‌هایی نظیر پیریت، آرسنو پیریت، کالکو پیریت و رالگار جانشین می‌شود.

فراوانی طلا در پوسته جامد زمین  $10^7 \times 4/5\%$  یا  $4/5$  میلی گرم در تن است. فراوانی طلا در آب دریا و سنگهای مختلف به صورت زیر است: (واحد مقادیر زیر قسمت در بیلیون یا pbb می باشد).

سنگهای رسوبی: ۱	سنگهای آذرین اسیدی: ۲
سنگهای دگرگونی: ۴/۲ - ۰/۷	سنگهای آذرین بازی: ۱۰-۲

## ۲-۳- خواص شیمیایی طلا

از نظر شیمیایی طلا یک فلز خنثی است. این فلز در تماس با هوا اکسید نمی‌شود. در مقابل قوی‌ترین محلولهای قلیایی پایدار است و در تمام اسیدهای خالص، بجز اسید سلنیک، کاملاً مقاوم است. برای حل کردن طلا به روش شیمیایی باید از یک نیروی اکسیدی و همراه با آن از ترکیب‌های کمپلکس‌ساز استفاده کرد مثل ترکیب یک مول اسید نیتریک با ۳ مول اسید کلریدریک که تشکیل تیزاب سلطانی می‌دهد که باعث حل شدن طلا می‌گردد.

همچنین طلا در محلولهایی که دارای یون سیانید (عامل کمپلکس ساز) و اکسیژن هستند به راحتی حل می‌شود و تشکیل یون کمپلکس  $Au(CN)_2$  دهد. طلا همچنین با برم در دمای اتاق و فلوئور کلر، تلوریم، در دماهای بالاتر ترکیب می‌شود. طلا در ترکیبات مختلف خود به صورت ۱ و ۳ ظرفیتی ظاهر می‌شود. طلا تمایل بسیار زیادی در تشکیل کمپلکس‌هایی دارد که طلا به منگنز متصل می‌باشد [۱].

## ۲-۴- اهمیت و کاربرد طلا

طلا بعنوان یکی از استانداردهای پولی جهانی مطرح بوده و بیشترین مصرف آن در ساختن سکه‌ها و شمش‌های طلا بعنوان ذخایر پولی بین‌المللی (حدود ۴۳/۸٪) است. این فلز به علت زیبایی و مقاومتش به صورت زیور آلات و کارهایی هنری در حدود ۴۱/۸٪ مصرف جهانی آن را به خود تخصیص می‌دهد. طلای خالص به دلیل نرمی زیاد خود بوسیله فلزاتی نظیر: مس، نیکل، روی، نقره، پلاتین و کادمیوم بصورت آلیاژ در جواهرسازی مصرف می‌گردد. این فلز بعنوان یک هادی بسیار خوب به عنوان فلز صنعتی در کامپیوترهای الکترونیکی، موتورهای جت و فضاپیماها و غیره مطرح بوده و آن را به صورت مفتول، صفحه، گلوله، پودر و پشم طلا مورد استفاده قرار می‌دهند [۱].

## ۲-۵- روشهای پی‌جویی طلا

### ۲-۵-۱- روشهای زمین‌شناسی

جهت پی‌جویی کانسارهای مختلف طلا باید به محیط تشکیل آنها توجه شود و در راستای آن محیط به اکتشاف پرداخت. در کانسارهای طلا نوع کارولین، براساس شواهد ساختمانی، سنگ‌شناسی

و پی جوئی‌های زمین‌شناسی سطحی، اکتشاف مناطق آتشفشانی جوان و مناطق گسله برشی شده محدود می‌شود. ولی در کانسارهای نوع کمر بند سبز آرکئن، محدوده فعالیت اکتشافی را باید روی سنگهای آذرین، دگرگونی پرکامبرین به ویژه مناطقی که فشارهای شدیدی را متحمل شده‌اند، متمرکز کرد.

کانسارهای پلاسری قدیمی را با استفاده از شواهد چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی در سطوح دگرشیبی آرکئن یا سکانس سنگهای رسوبی-پروتروزوئیک پی‌جویی می‌نمایند که سنگ در برگیرنده در این نوع کانسارهای طلا، کوارتزیت، کنگلومرا و شیل می‌باشد در حالیکه کانسارهای پلاسری جدید توسط رسوبات جدید تحت فرایندهای رسوبی دفن شده‌اند و اکتشاف آنها را با مشکل روبرو ساخته‌اند. مانند پلاسرهایی که بوسیله رسوبات یخچالی، رسوبات بادی و یا واریزه‌ها و رسوبات رودخانه‌ای پوشانده شده‌اند. در کانادا و استرالیا از این نوع کانسارها دیده می‌شود [۱۹].

## ۲-۵-۲- روشهای ژئوفیزیکی

به علت تمرکز کم طلا روش ژئوفیزیک قادر به شناسایی خوب نمی‌باشد. روشهای ژئوفیزیکی نظیر روش ثقلی، الکتریکی و الکترومغناطیس جهت کشف ذخایر سولفید توده‌ای مفید بوده و از روشهای رادیواکتیو نیز می‌توان برای پی‌جویی کانسارهای پلاسری قدیمی که حاوی عناصر پرتوزا، مثل اورانیم، توریم و پتاسیم می‌باشند، استفاده نمود. از روش الکتریکی پتانسیل جهت پی‌جویی کانسارهای پرفیری می‌توان استفاده کرد. بعبارت دیگر این روش در اکتشاف کانسارهای پیریتی طلا دار به واسطه سولفیدهای افشانی فوق‌العاده مفید است.



از روشهای دیگر ژئوفیزیک که کاربرد آن در امر طلا بیشتر است روش مغناطیسی می باشد که به دلیل همراهی مگنتیت و ایلمنیت با طلا می باشد [۱].

### ۲-۵-۳- روشهای ژئوشیمیائی

یکی از روشهای اکتشاف که در یافتن کانسارهای پنهانی نقش حساس و قابل ملاحظه دارد روش ژئوشیمی است که می تواند در سنگها و کانیهای غیر اقتصادی نیز مقدار طلا را مورد مطالعه قرار دهد. روشهای مهم اکتشاف در این زمینه عبارتند از:

۱- روش لیتوژئوشیمیائی اولیه یا نمونه برداری از سنگ بستر.

۲- روش لیتوژئوشیمیائی ثانویه یا مطالعه خاکها و هاله های موجود آن.

۳- روش هیدروژئوشیمیائی یا مطالعه آبهای سطحی یا زیرزمینی.

۴- روش مطالعه هاله های گازی و مطالعه گیاهان.

معمولی ترین موادی که در روشهای ژئوشیمیائی جهت بررسی طلا مورد استفاده قرار می گیرند، سنگها و خاکها، مواد آلی ( گیاهی)، رسوبات آبرفتی، یخچالی و دریاچه ای می باشند. بستگی به شرایط محیط و محل اکتشاف از مواد مختلف نمونه برداری می شود و مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرد. در نیمکره جنوبی به دلیل فرسایش زیاد سنگ بستر، روش لیتوژئوشیمیائی ثانویه یا مطالعه خاکها و مطالعه کانی سنگین مفیدتر است ولی در مناطق جنگلی می توان از گیاهان و درختان بعنوان محل نمونه برداری استفاده کرد.

یکی از روشهای مورد استفاده در اکتشاف کانسارها یافتن عناصر ردیاب و معرف در آن رابطه می باشد عناصر مرتبط با طلا، باریم، آرسنیک، آنتیموان و جیوه می باشند که ردیابهای مفیدی می باشند. در کانسارهای طلا نوع کمر بند آرکئن، مقدار مگنتیت در اطراف رگه های طلا، افزایش می یابد.

لازم به یادآوری است که حلالیت جیوه در محلول های گرمایی<sup>۱</sup> مانند طلا است، ولی کمپلکس های جیوه نسبت به فشار مؤثر اکسیژن پایدارتر از طلا می باشند به همین دلیل، ذخایر طلا در اعماق بیشتری نسبت به جیوه مشاهده می شوند [۱].

## ۲-۵-۴- روشهای سنجش از دور

کاربرد روشهای دورسنجی در اکتشاف ذخائر طلا بر اساس تشخیص ردیابهای کانی ساز در سنگ میزبان صورت می گیرد که در واقع یک روش غیر مستقیم است زیرا عیار بسیار کم طلا در این تیپ ذخائر از به دست آوردن نتایج موفقیت آمیز به وسیله روشهای مستقیم ممانعت می کند در این خصوص ردیابهای کانی سازی طلا و نقره عمدتاً شامل ویژگیهای طیفی، انعکاسی و بافتی سنگ درونگیر است. تشخیص و تمیز مناطق اکسید آهنی و کربناتی از طریق بکارگیری روش اسپکترومتری تصویری با قابلیت تفکیک متوسط تا بالا در دامنه امواج مرئی و یا مادون قرمز نزدیک امکان پذیر است. اگر قدرت تفکیک بالا باشد حتی ممکن است بتوان به نحوه توزیع اکسیدهای آهن پی برد. داده های طیفی با باند وسیع در همین دامنه می تواند برای تشخیص سنگ درونگیر مناسب به کار رود. با توجه به قیمت

مناسب و در دسترس بودن داده‌های لندست<sup>۱</sup> TM و از طرفی قدرت تشخیص مناطق دگرسانی و گسله در ارتباط با کانی‌سازی و همچنین تفکیک واحدهای لیتولوژی در اکتشاف کانسارهای طلا می‌توان از این اطلاعات به‌خوبی بهره برد.

## ۲-۶- زمین‌شناسی کانسارهای طلا

طلا به مقدار زیادی به حالت آزاد<sup>۲</sup> یا در ترکیب با نقره بصورت الکترویم<sup>۳</sup> دیده می‌شود. اگر درصد تلوریم به اندازه کافی در محیط موجود باشد، کانیهای تلوراید مثل کالاوریت<sup>۴</sup> که یکی از منابع مهم تلوریم نیز می‌باشد می‌توانند تشکیل شوند. طلا، همچنین بصورت ذرات ریز در فلزات دیگر درون کانیهای سولفیدی بخصوص درون پیریت جانشین می‌شود، اگر مقداری آرسنیک نیز موجود باشد.

## ۲-۷- فلز زایی طلا

فلز زایی طلا در آرکئن و دوره‌های بعد از آرکئن متفاوت است. در آرکئن تشکیل ذخایر طلا مرتبط با ماگمای بازالتی پوسته زیرین است، که بوجود آورنده کمرندهای سنگ سبز پروتوزئوسنکلینالی است که ذخایر طلا در آن جایگزین شده‌اند. در کمرندهای سنگ سبز آرکئن، (۲۳۰۰ - ۲۴۰۰ میلیون سال) کانی‌سازی‌های فراوان انجام گرفته است این کمرندها که گروهی از ایالت‌های زمین‌شناسی در آنها قرار دارند در بیشتر سپرهای قدیمی مشاهده می‌شود. برای مثال می‌توان

---

1 - Landsat  
2 - Native  
3 - Electrum  
4 - Calaverite

کمربند باربرتن<sup>۱</sup> آفریقای جنوبی، کمربند رودزیا غرب استرالیا و کمربند داروار<sup>۲</sup> هندوستان را ذکر کرد. کانی‌سازی در این کمربندها تا حدود زیادی مشابه یکدیگرند و نحوه کانی‌سازی یکسانی برای همه آنها وجود دارد. کانسارهای طلای این کمربندها، در سنگ‌های آتشفشانی قلیایی تا اسیدی قرار دارند.

در بعضی مناطق طلای گرمابی، در مرحله میانی فاز اصلی چین خوردگی و با جایگزینی باتولیت گرانیتی تشکیل می‌شوند. ذخایر طلای گرمابی دو مجموعه از سنگهای آذرین را شامل می‌باشد:

۱- ذخایر طلای گرمابی درون زاد<sup>۳</sup> که با نفوذیهای متخلخل کوچک همراه هستند.

۲- ذخایر طلا- نقره گرمابی برون زاد<sup>۴</sup> که با یک مجموعه آندزیت- ریولیتی همراهند

در طی چرخه پلاتفرمی ذخایر دگرگونی، در پایین‌ترین سطح ساختمانی، و تمرکزهای ثانویه طلا در مناطق اکسیداسیون سنگهای معدنی اولیه، و پلاسرها در سطحی بالاتر، تشکیل می‌شوند.

در رابطه با تشکیل ذخایر طلا، در زمین ۴ دوره اصلی شناخته شده است:

ذخایر عظیم طلای کمربند سنگ سبز، در قدیمی‌ترین دروه آرکئن، تشکیل شده‌اند. ( ۲/۵ تا ۳/۵

بیلیون سال) این ذخایر در کانادا، آفریقای جنوبی و غرب استرالیا شناخته شده‌اند.

وسیع‌ترین ذخایر نوع رسوبی<sup>۵</sup> شامل کنگلومراهای طلا دار وایت واترسند آفریقای جنوبی، در دوره

پروتروزوئیک تشکیل شده‌اند، ( ۱/۸ تا ۲/۲ بیلیون سال).

ذخایر متعدد طلا با منشاء گرمابی درونزاد در پالتوزوئیک پسین (۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیون سال) که منطبق

با فاز نهایی کوهزایی هرسنین است پدید آمده‌اند.

---

1 - Barberton  
2 - Dharwar  
3 - Plutonogenic  
4 - Volcanogenic  
5 - Startiform

علاوه بر این، ذخایر گرمایی برونزاد مقادیری طلا و نقره در دروان دوم و سوم که با کوهزایی آلپین منطبق است، گسترش فراوانی دارد [۶].

با توجه به نوع کانی‌سازی در محدوده مورد مطالعه در این قسمت مختصری درباره کانسارهای گرمایی طلا توضیح داده می‌شود.

## ۲-۸- خصوصیات کانسارهای گرمایی [۱]

سیستم‌های ماگمایی کالک الکالن که مراحل نهایی تبلور آنها در محیط‌های ساب ولکانیک تکوین می‌یابد مستعد ایجاد انواع مختلفی از کانسارهای گرمایی هستند. ابعاد کانی‌سازی در هر سیستم گرمایی به چند کیلومتر بالغ می‌شود. کانسارهای پرفیری مس و مولیبدن که معمولاً در اعماق تقریبی ۲ تا ۶ کیلومتر در بخش مرکزی این سیستم‌ها تشکیل می‌شوند که از لحاظ حجم بزرگترین قسمت آنها را شامل می‌باشد. بسته به شرایط، شکلهای دیگر کانی‌سازی مثل انواع اسکارن و رگه‌های چند فلزی<sup>۱</sup> نیز در حاشیه کانسارهای پرفیری به وجود می‌آیند. کانی‌سازی رگه‌ای برحسب فاصله از منبع گرما (توده‌های نفوذی ساب ولکانیک) انواع مختلف مزوترمال تا اپی‌ترمال را شامل می‌گردند. بنابراین برحسب اینکه یک سیستم آتشفشانی بارور تا چه عمقی فرسایش پیدا کرده باشد، انواع گوناگون از کانی‌سازی رگه‌ای در سطح زمین ظاهر می‌شود. طلا و نقره در این گونه کانسارها با تمرکز قابل ملاحظه‌ای از بعضی فلزات غیر آهنی و عناصر کالکوفیل وابسته مانند آرسنیک و آنتیموان همراه می‌باشند.

## ۲-۸-۱- کانسارهای مزوترمال

کانسارهای مزوترمال در درجه حرارت کمتر از هیپوترمال تشکیل می‌شوند، در شرایطی که در مناطق عمیق‌تری قرار دارند. طبق تقسیم بندی آقای لیندگرین<sup>۱</sup> این نوع کانسارها در حرارت ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد تشکیل می‌شوند. سنگهای میزبان این نوع اغلب از نوع آذرین، دگرگونی و یا رسوبی هستند. معمولاً مس‌های پرفیری در این نوع یافت می‌شوند.

کانیهای مشخصه این زون عبارتند از: کالکوپیریت، انارژیت، بورنیت، تتراندريت، تنانتیت، اسفالریت، گالن، کالکوسیت.

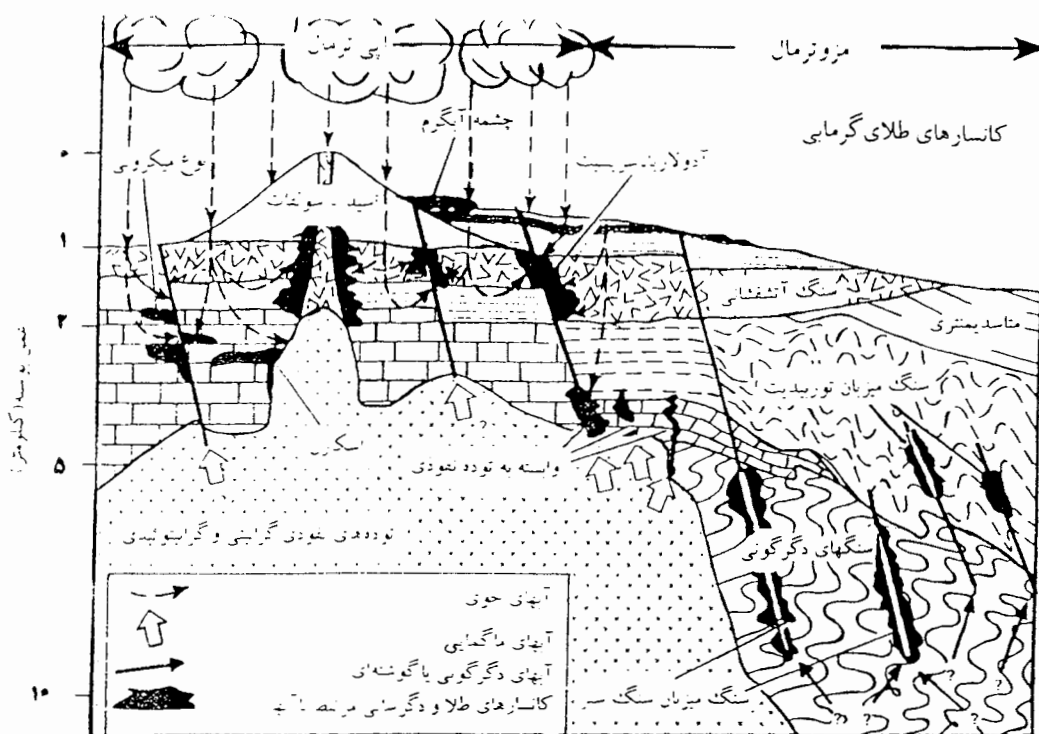
گانگ، این کانیها شامل کوارتز، پیریت و کربناتها می‌باشند.

کلیه کانیهای فوق در کانسارهای تیبیک سرب و روی و مس وجود دارند. طبق نظر لیندگرین کانیهای گارنت، توپاز، پیروکسن، آمفیبول، تورمالین، در این گروه نبوده زیرا این کانیها مربوط به درجه حرارت بالا می‌باشند. معدن ماگنای آریزونای آمریکا (مس، سرب و روی، طلا و نقره) و معدن چاکوئی کوماتای شیلی (مس) از این نوع می‌باشند.

کانسارهای مزوترمال، عبارت است از رگه‌های کوارتز طلا داری که در افقهای عمیق پوسته تشکیل شده‌اند. آنها توسط سیالات داغ‌تر از ۲۵۰ درجه سانتی گراد نهشته می‌شوند و معمولاً بوسیله سنگهای دگرسان شده حاوی کلسیت و دیگر کانیهای کربناته که موید وجود CO<sub>2</sub> زیاد در محلولهای مربوط است، ذخیره شده‌اند، (شکل ۲-۱).

## ۲-۸-۲- کانسارهای اپی ترمال

معمولاً تشکیل این تپ کانسارها در عمق یک کیلومتری و درجه حرارت کمتر از ۲۵۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. اغلب به شکل رگه‌ای در شکافهای نامنظم تشکیل می‌شوند. یکی از مشخصات نوع اپی ترمال بافت گل کلمی<sup>۱</sup> می‌باشد که در بسیاری از موارد بصورت کانسارهای متوسط و فشار کم تشکیل می‌گردد.



شکل ۱-۲: نمایش شماتیکی محیط‌های زمین‌شناسی در کانسارهای طلای گرمایی، کانسارهای اپی ترمال در سمت چپ شکل و کانسارهای مزوترمال در سمت راست شکل و در نقاط عمیق‌تر می‌باشند. آبهای سازنده این کانسارها در شکل دیده می‌شود [۱].

در بسیاری از موارد کانسارهای اپی ترمال توسط فرسایش جابجا می‌شوند. بسیاری از این مناطق آتشفشانی ترشیری می‌باشند. علت این امر آنست که این نوع کانسارها در نزدیکی سطح زمین شکل می‌گیرند و در سنگهای جوان فراوانند.

سنگهای مادر کانسارهای اپی ترمال معمولاً به شدت دگرسان شده‌اند. بخاطر تخلخل زیاد سنگهای میزبان این محلولها مسافت‌های زیادی را می‌توانند طی کنند و به همین دلیل تغییر در دمای محلولهای مهاجر در حین عبور از میان سنگهای میزبان ایجاد واکنش نموده و کانسارهای مختلفی را تشکیل می‌دهند. در نتیجه دگرسانی دیواره بطور تیبیک هم خیلی پهن و وسیع بوده و هم واضح و آشکار می‌باشند. با دگرسانی این نوع کانسارها، کلریت سربیسیت، زئولیت‌ها، آدرولار، سیلیس و پیریت ایجاد می‌شوند.

کانسارهای طلای اپی ترمال بصورت رگه‌ها، رگچه‌هایی از طلا بصورت پراکنده که در اثر سرد شدن محلولهای هیدروترمال سردتر از ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند، بوجود می‌آیند. این کانسارها را میتوان به سه گروه کانسارهای آدرولار- سربیسیت، کانسارهای طلای ریزدانه موجود در سنگهای رسوبی و کانسارهای اسید- سولفات تقسیم کرد که از انواع خیلی مختلف محلولهای گرمابی تشکیل شده‌اند.

## ۲-۸-۲-۱- کانسارهای آدرولار - سربیسیت

این کانسارها از محلولهای خنثی تشکیل می‌شوند و توسط دوکانی آدرولار یا و سربیسیت مشخص می‌گردند. کانسارهای تیبیک این گروه از ذخایر با آتشفشانهای اسیدی تا متوسط موجود در قاره‌ها و یا



جزایر قوسی مرتبط هستند، به طوری که آنها رگه‌هایی با عرض حدود چندین متر و طولی بیش از یک کیلومتر تشکیل می‌دهند.

فلزات گرانبها در رگه‌هایی که شوت<sup>۱</sup> (ته معدنی) نامیده می‌شود، واقع می‌گردند که احتمالاً در افق‌هایی که سیال و محلول گرمایی با آب زیرزمینی کم عمق جوشیده یا مخلوط شده باشد، تشکیل می‌شوند، از جمله غنی‌ترین کانسنگ‌های شناخته شده می‌باشند.

در این نوع کانسارها، طلا و رگه‌ها شامل لایه‌هایی از کوارتز و دیگر کانیها می‌باشند، (شکل ۱-۲). از مهمترین معادن این گروه می‌توان معادن (Tonopah) و (Comstock) در نوادا و (Cripple creek) در کلرادو آمریکا را نام برد.

## ۲-۲-۸-۲- کانسارهای طلای ریزدانه موجود در سنگهای رسوبی<sup>۲</sup>

این کانسارها موقعی تشکیل می‌گردند که آبهای ایبی‌ترمال یا شوراب‌ها از درون سنگهای آهکی بگذرند. طلا در این کانسارها در سنگهای آهکی دگرسان شده پراکنده گردیده و آنقدر دانه‌ریز می‌باشد که با میکروسکوپ الکترونی و چشمی دیده نمی‌شود. به همین خاطر به کانسارهای طلای میکرونی معروف شده‌اند. برای دیدن طلا که بصورت لایه‌های نازک در طول سطوح خارجی ذرات پیریت تمرکز یافته است از میکروپروب استفاده می‌شود. این کانسارها در ایالات متحده آمریکا در ایالت‌های نوادا، یوتا و سونورا مهمترین منبع طلا می‌باشند.

1 - Shoot

2 - sediment hosted micron gold deposits

## ۲-۸-۲-۳- کانسارهای اسید- سولفات<sup>۱</sup>

این نوع ذخایر طلا که از محلولهای گرمابی اسیدی تشکیل شده اند که توسط کانیهای آلونیت و پیروفیلیت شناخته می‌شوند. اسیدی بودن این محلولها بیشتر در اثر وجود گازهای (HCl, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) بوده که احتمالاً در حین سرد و متبلور شدن لایه های زیرین آزاد شده‌اند. بیشتر کانسارهای اسید - سولفات در سیستم‌های شکستگی کوچک تشکیل شده‌اند که باید کانالهایی جهت بالا آمدن گازها باشند. کانسارهای بزرگ شناخته شده از این نوع عبارتند از (Gold field) در نوادا، (El Indio) در شیلی و معدن (Pueblo viejo) در جمهوری دومینکن.

## ۲-۸-۲-۴- کانسارهای طلای حاصل از چشمه های آبگرم

این نوع ذخایر در اثر رسیدن محلولهای گرمابی خنثی (آدولار - سریسیت) و یا اسیدی (اسید - سولفات) به سطح زمین تشکیل می‌شوند. چشمه‌های آبگرم معمولاً تشکیل توده‌های غنی از سیلیس معروف به (Sinter) و توده‌ای غنی از کربنات معروف به تراورتن می‌دهند. این ذخایر چون در سطح زمین تشکیل می‌شوند، براحتمی در اثر فرسایش و هوازدگی از بین می‌روند و جایجا می‌گردند. بزرگترین ذخیره از این نوع معادن طلای (McLaughlin) در بخش شمالی دره ناپای<sup>۲</sup> کالیفرنیا می‌باشد.

## ۲-۹- ذخایر معدنی طلا در جهان [۲]

مهمترین انواع کانسارها و ذخایر طلای جهان با توجه به عیار آنها به شرح زیر است.

1 - Acide - Sulfate

2 - Napa

۱ - کانسارهای رگه‌ای و رگچه‌ای طلا و نقره در سنگهای آتشفشانی (عیار حدود ۱۵ ppm).

۲ - کانسارهای طلا در پگماتیت‌ها، سیلها و دایکها و پرفیری (عیار حدود ۰/۰۱ ppm).

۳ - ذخایر نوع اسکارن رگه‌ای، حاوی طلا و نقره.

۴ - کانسارهای رگه‌ای و رگچه‌ای طلا در سنگهای رسوبی (عیار حدود ۱۵ ppm).

۵ - رگه‌های چند فلزی طلا در سنگهای رسوبی (عیار خیلی کم).

۶ - ذخایر افشان طلا و نقره در سنگهای رسوبی و آذرین (عیار ppm ۰/۳).

۷ - سنگهای رسوبی شیلی نوع کوبفرشیفر (شیلهای مس دار) (عیار کمتر از ۱ پی پی ام).

۸ - رسوبات شیلی و آرژیلیت (عیار کمتر از ۲۱ ppm).

۹ - طبقات قرمز رنگ ماسه سنگ و شیل (عیار کمتر از ۲۱ ppm).

۱۰ - ذخایر کلاهدک آهنین (گوسن) و کانسارهای برجا.

۱۱ - پلاسره‌های رودخانه‌ای، یخچالی، ساحلی و واریزه‌ای.

۱۲ - ذخایر کوارتزیتی و کنگلومرای (پلاسره‌های قدیمی، عیار حدود ۸ ppm).

از میان کانسارهای فوق فقط ۵ نوع اقتصادی می‌باشند که امروزه بخش اعظم تولید طلای جهان را به خود اختصاص می‌دهند. بزرگترین ذخایر طلای شناخته شده دنیا، از نوع پلاسره‌های قدیمی کنگلومرای می‌باشند. این ذخایر، طلای دنیا را در ۵۰ سال اخیر تولید کرده و اغلب منشاء اقتصادی عناصری نظیر اورانیم، توریم و خاکهای نادرند و بیش از یک قرن است که در کردیلر کانادا استخراج می‌شوند. مناطق تجمع این نوع ذخایر عمدتاً در کشور آفریقای جنوبی است.

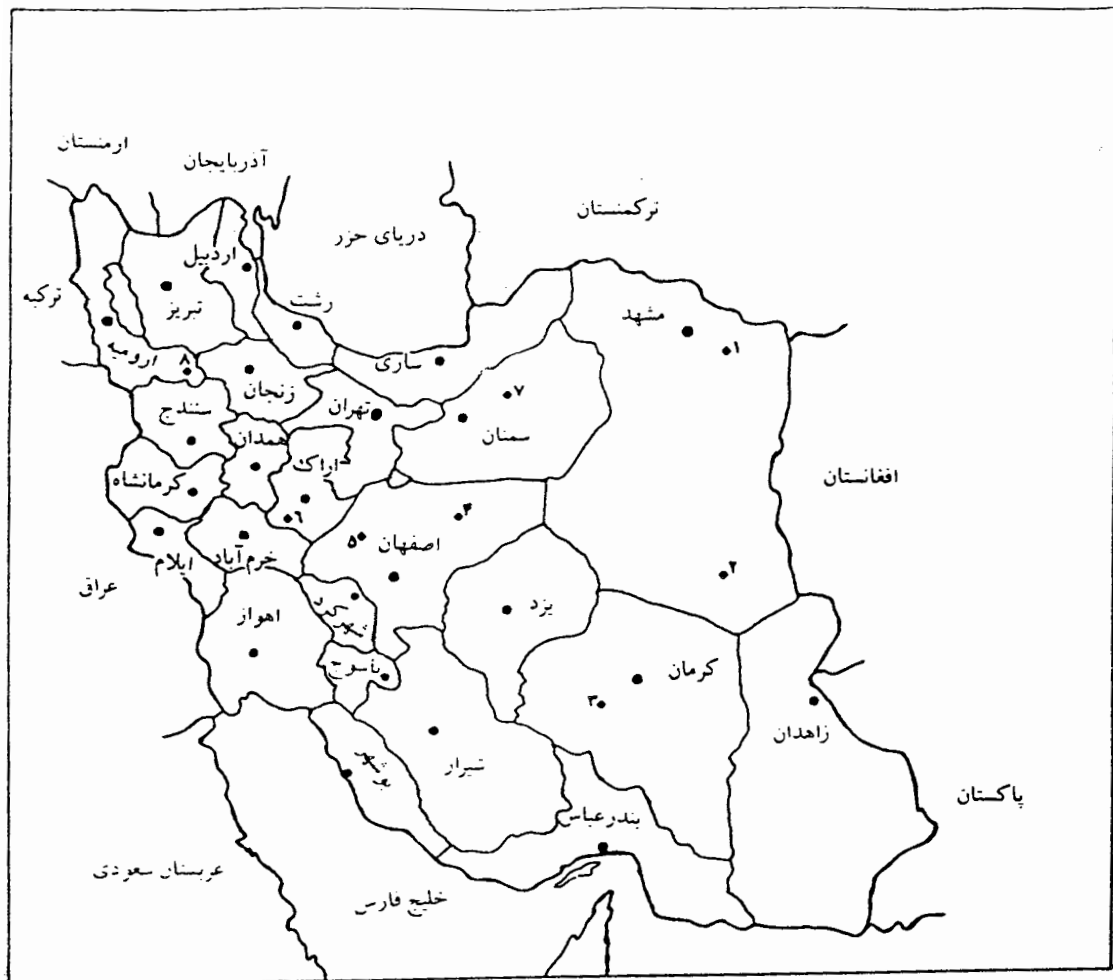
## ۲-۱۰- ذخایر و کانسارهای طلای ایران

مشخصات زمین شناسی و معدنی کانسارهای طلای ایران در جدول (۲-۲) و توزیع جغرافیای آنها

در شکل (۲-۲) آورده شده است.

جدول ۲-۲: مشخصات زمین شناسی برخی از کانسارها و معادن طلای ایران، [۱].

نام معدن	توزیع کانسار	سنگهای میزبان	باز آلودگی و کانی شناسی	سین و ساختارهای تکونیتی	شمار طلا
آستانه (اراک)	گرمایی	گرانودیوریت و هورنفلس	طلا، پیریت، کالکوپیریت، مولیدنیت	تریاس فوقانی - ژوراسیک	عیار نوسان شدید دارد از ۰/۵ تا ۶۰ گرم در تن
چهارگنبد (کرمان)	رگه‌ای - رگچه‌ای و افشان	آندزیت و کوارتز دیوریت پرفیری	کوارتز، پیریت و کالکوپیریت	میوسن، فرورانش توده‌های نفوذی ناشی از کوهزائی	۱۹-۱۲ گرم در تن کنسانتره
زرشوان (تکاب)	رگه‌ای	توف - سنگهای آهکی و مارن و شیست‌های سبز، آندزیت	کوارتز، پیریت، اسفالریت، اورپیمان و استینیت	میوسن، حوصه‌های پشت قوسی	بطور متوسط ۳/۵ تا ۵/۵ گرم در تن
زرین (اردکان یزد)	دگرگونی گرمایی	گرانیت و شیست سبز	طلا، پیریت، مولیدنیت، باریت	-	۰/۱ تا ۰/۸ گرم در تن
قلعه زری (بیرجند)	گرمایی دمای بالا و عمق نسبتاً زیاد	آندزیت - بازالت لایه‌های آذرآواری گرانودیوریت	کالکوپیریت، پیریت، پیرویت، بورنیت، کمی گالن و اسفالریت	دوران سوم (سنوزوئیک) گسل خوردگی موازی در سنگهای میزبان	حدود ۲ گرم در تن در یک کنسانتره مس ۱۰ تا ۲۵ گرم
مس سرچشمه (رفسنجان)	پرفیری	آندزیت، گرانودیوریت	کالکوپیریت، پیریت و مولیدنیت، کالکوزین و کوولین	میوسن، فرورانش از نوع آلپی - توده‌های نفوذی ناشی از کوهزائی و بعد از آن	بطور متوسط ۰/۲ گرم در تن
موته (اصفهان)	رگه‌ای افشانی	شیست‌های متامورف و گرانیت	کوارتز، پیریت، کالکوپیریت	پرکامبرین، رگه‌های از نوع Lode	بطور متوسط ۲/۵ تا ۳ گرم در تن
کوه زر (دامغان)	رگه‌ای - رگچه‌ای پرفیری	آندزیت، داسیت، تراکی تا تراکیت سنگهای گرانیتوئیدی	کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، طلا، کوولین، کالکوزین، گوئیت، کمی اسفالریت	میوسن، مرز صفحات مخرب (فرورانش) شکستگی‌های ناشی از گسل خوردگی	نوسان دارد از ۰/۵ تا ۵ گرم در تن درون رگه اصلی



شکل ۲-۲: پراکنندگی جغرافیای معدن و کانسارهای مهم طلا در ایران [۱].

### راهنما:

- ۱- طرقله، ۲- قلعه زری، ۳- مس سرچشمه، ۴- انارک، ۵- مونه، ۶- آستانه، ۷- کوه زر، ۸- زرشوران

## فصل سوم

### زمین‌شناسی منطقه

#### ۳-۱ - مقدمه

منطقه مورد مطالعه، محدوده‌ای به گسترش تقریبی ۱۹۵ کیلومتر مربع را در برمی‌گیرد که بخش عمده آن در کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر (STOCKLIN ۱۹۶۸) و بخش کوچکی از آن در حاشیه جنوب غرب زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است، به همین علت سنگ‌های رسوبی پرکامبرین پالئو زوئیک در این محدوده دارای ویژگی سنگهای ایران مرکزی بوده و در حقیقت ادامه جنوب غربی آن می‌باشد. طبق نظر موید (۱۳۸۱)، ماگماتیسیم ترشیری زون ارومیه - دختر به ماگماتیسیم تیپ قوسهای بعد از تصادم تعلق داشته و ارتباطی با فرورانش فعال نئوتیس ندارد [۲۱].

در این فصل پس از اشاره‌ای کوتاه به وضعیت ریخت‌شناسی<sup>۱</sup> منطقه مورد مطالعه، چینه‌شناسی، توده‌های نفوذی، زمین‌شناسی اقتصادی، زمین‌شناسی ساختمانی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### ۳-۲ - ریخت‌شناسی

ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا در حدود ۲۱۰۰ متر است و کوههای بلندی مانند کوه هیمند پنجه‌علی، نخل، کش‌قبله و رایزنده با بیش از ۳۰۰۰ متر در منطقه وجود دارد.

از جمله عوامل مؤثر در ریخت کلی منطقه مورد مطالعه روند ارتفاعات و مقاومت متفاوت سازندهای مختلف در مقابل فرسایش می باشد. ساختهای ثانویه مانند شکستگیها و چین خوردگیها موجود در منطقه نیز در ریخت منطقه تاثیر گذار می باشد.

شبکه آبریز منطقه عموماً دندریتی و گاهی موازی است که جهت اکثر آنها شمالی - جنوبی است. مهمترین دره موجود در منطقه دره ایبانه می باشد که محدوده را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرده است.

رودخانه های عمده این محدوده شامل رود هنجن در شرق و برزرود در دره ایبانه می باشند. در این رودخانه ها آب در مدتی کوتاه از سال در فصل بهار و اوایل تابستان جریان دارد.

بلندیهای عمده منطقه در شمال دره ایبانه و جنوب روستای ایبانه واقع شده اند و بیشتر از جنس سنگهای آذرین درونی و بیرونی می باشند.

### ۳-۳- چینه شناسی [۲۲، ۸]

در منطقه مورد بررسی سنگهای رسوبی تا سنگهای آذرین با سن پرکامبرین تا کواترنری برونزد دارند که بترتیب سن عبارتند از:

### ۳-۳-۱- واحدهای سنگی پرکامبرین و پالئوزوئیک

مشخصات واحدهای این زمانهای زمین شناسی به ترتیب سن عبارتند از:

### - واحد $PC_m^{sh}$

این واحد هم ارز سری مراد (شمال غرب کرمان) می باشد. این واحد در غرب و جنوب روستای ده چیمه برونزد داشته شامل تناوبی از سیلهای خاکستری تیره اسلیتی شده و ماسه سنگ کم و بیش دگرگون شده همراه با میان لایه‌هایی از گدازه آندزیتی اسپیلیتی و دگرسان شده است که دچار چین خوردگی و فرسایش گردیده و مورفولوژی کم ارتفاعی دارد، (شکل ۳-۱).

### - واحد $PC_r^d$

این واحد در شمال روستای فریزهند برونزد دارد و شامل تناوبی از دلومیت چرت دار قهوه ای رنگ و سیلهای دیابازی همراه با شیل ماسه‌ای و سنگ آهک ماسه‌ای است. ضخامت این واحد حدود ۱۲۰ متر باشد، (شکل ۳-۱).

### - واحد $C^d$

این واحد در پیرامون روستای فریزهند برونزد دارد و شامل دلومیت توده ای شکل<sup>۱</sup> چرت دار و به شدت سیلیسی شده می باشد ولی کمی گچ دارد، به رنگ قهوه‌ای تیره تا خاکستری تیره بوده و مورفولوژی زمختی را تشکیل داده است، (شکل ۳-۱).

### - واحد $C^s$

این واحد بصورت درخور توجهی در جنوب محدوده در پیرامون کوههای هشاش و رایزنده گسترده است و شامل ماسه سنگ آرکوزی و شیل میکاسه قرمز رنگ بوده و بخش شیلی گاه به رنگهای ارغوانی و ارغوانی تیره مشاهده می شود، (شکل ۳-۱).



01/34,7

01/50,22



33,30,32

33,38,30

شکل ۳- ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه زمین شناسی چهار گوش نطنز، مقیاس ۱/۱۰۰,۰۰۰) [۸].

ادامه شکل ۱-۳: راهنمای نقشه زمین‌شناسی

CENOZOIC	QARERNARY	PLEISTOCENE- HOLOCEN	
	TERSIAR		PALEOGENE
ME SOZ OIC	ME SOZ OIC	CRETACEOU	
		JURASSIC	
P A L E O Z O I C	P A L E O Z O I C	TRIASIC	
		D-C	
		DEV	
		MSILURIAN	
		E M L	
PRE	CAM	BRI	AN

	<p>تراسه‌های جوان و مخروط افکنه‌ها کم ارتفاع: <math>Q^{12}</math></p> <p>تراسه‌های قدیمی و مخروط افکنه‌های مرتفع: <math>Q^{11}</math></p> <p>تراورتن: <math>Q^{1r}</math></p> <p>داسیتیک آندزیت و ایگنمبریت داسیتی - ریولیتی: <math>E^d</math></p> <p>شیل توفی قرمز و خاکستری روشن، ماسه سنگ و سنگ آهک نومولیت‌دار پلیتی: <math>E_3^{ts}</math></p> <p>کنگلومرای خاکستری روشن، ماسه سنگ و سنگ آهک نومولیت‌دار: <math>E_3^c</math></p> <p>ایگنمبریت تراکیتی و سنگهای آذر آواری وابسته: <math>E_2^{ig}</math></p> <p>بازالت، تراکی آندزیت و توف با ماسه سنگ، شیل و سنگ آهک نومولیت‌دار در قاعده: <math>E_2^{bq}</math></p> <p>کنگلومرای قرمز، شیل و سنگ آهک نومولیت دار کرم رنگ با گدازه‌های داسیتی - ریوداسیتی: <math>E_1</math></p> <p>مایه سنگ قرمز و شیل: <math>E_1^{sh}</math></p> <p>کنگلومرای قرمز: <math>E_1^c</math></p> <p>شیل تیره با میان لایه‌های سنگ آهک آگزوزبرادار: <math>K^{sh}</math></p> <p>سنگ آهک ضخیم لایه خاکستری: <math>K^{11}</math></p> <p>کنگلومرای قرمز ماسه سنگ و شیل: <math>K^s</math></p> <p>کنگلومرای دارای قله‌های سیلیسی و ماسه سنگ روشن: <math>J^c</math></p> <p>تباوبی از ماسه سنگ خاکستری - سبزه و شیل با بقایای گیاهی (سازند شمشک): <math>J^{ss}</math></p> <p>زیس و دیباز: <math>J^m</math></p> <p>دولومیت متمایل به خاکستری تا قهوه‌ای حاوی چرت (سلزند شتر): <math>T_s^d</math></p> <p>ماسه سنگ هماتیتی قرمز و شیل بطور محلی با ماسه سنگ آرزوزی روشن (سرخ شیل): <math>T_s^s</math></p> <p>دولومیت تیره با سنگ آهک بلوری شده با سنگ آهک ماسه‌ای کاتولینیتی شده (سازند جمال): <math>P_j^d</math></p> <p>دولومیت خاکستری، سنگ آهک بلوری شده با آثاری از براکیوپودا (سازند بهرام): <math>D - C_b^1</math></p> <p>تباوبی از ماسه سنگ و دولومیت با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ کوارتزی (سازند پادها): <math>D_p^s</math></p> <p>ماسه سنگ قرمز، شیل با میان لایه‌های ماسه سنگ آرزوزی روشن (سازند نیور): <math>S_n^s</math></p> <p>متا آندزیت، متا بازالت و سنگهای آذر آواری وابسته و شیست (سازند نیور): <math>S_n^b</math></p> <p>دولومیت متوسط نازک لایه و سنگ آهک بطور محلی با میان لایه‌هایی از شیل: <math>C^{dl}</math></p> <p>ماسه سنگ کوارتزی روشن: <math>C^q</math></p> <p>ماسه سنگ آرزوزی قرمز و شیل میکاسه: <math>C^s</math></p> <p>دولومیت خاکستری با باندها و نودول‌های چرت: <math>C^d</math></p> <p>تباوبی از دولومیت چرت دار زرد متمایل به قهوه‌ای و سنگهای دیبازی (سازند ریزو): <math>PC_r^d</math></p> <p>تباوبی از شیل نازک لایه خاکستری تا سبزه و ماسه سنگ (سازند مراد): <math>PC_m^{sh}</math></p>
--	--

علائم غیر زمین‌شناسی

	جاده درجه یک
	جاده درجه دو
	راه اتومبیل رو
	شهر، دهکده
	ناحیه کشاورزی
	پرتگاه
	بلندی از سطح دریا
	رودخانه آبراهه
	مختصات جغرافیائی
	شمال جغرافیائی

علائم زمین‌شناسی

	گسل اصلی
	گسل فرعی
	رانندگی
	مرز واحد سنگی
	شیب طبقات اندازه گیری شده
	خط های ساختمانی
	محل پیدایش فسیل
	آثار معدنی

### - واحد $C^q$

این واحد بیشتر در جنوب غربی محدوده و شمال غرب و جنوب شرق روستای چیمه برونزد دارد. شامل کوارتز آرنایت تا کوارتزیت بوده و ستر لایه است. ضخامت آن از ۳۰-۵ متر متغیر می‌باشد. این واحد در پی واحد  $C^{d1}$  واقع شده است، (شکل ۱-۳).

### - واحد $C^{d1}$

این واحد بصورت گسترده در جنوب و جنوب غرب محدوده نقشه برونزد دارد. شامل دولومیت تا سنگ آهک دولومیتی نازک تا میانه لایه و در مواردی همراه با ماسه سنگ است. بخشهای دولومیتی گاهی دارای رگچه‌های فراوان سیلیسی و کلسیتی می‌باشند، (شکل ۱-۳).

### - واحد $S_n^b$

با آنکه در بسیاری از نقاط ایران سیلورین با واسطه ته نشست‌های کربناتی مشخص می‌شود، سیلورین در این منطقه با تناوبی از ماسه سنگ و شیل قرمز رنگ همراه با میان لایه‌های کوارتزیت سفید رنگ همراه است و در جنوب و جنوب غرب نقشه برونزد دارد، (شکل ۱-۳).

### - واحد $D_p^s$

این واحد قابل مقایسه با سازند پادها است که در جنوب شرق ازبک کوه در شرق ایران معرفی شده است. در جنوب غرب و غرب محدوده برونزد دارد و شامل تناوبی از ماسه سنگ و سیلتستون خاکستری رنگ و دولومیت روشن رنگ می‌باشد و به سمت بالای واحد بر مقدار دولومیت افزوده شده است. نازک و میانه لایه بوده و ستر برای آن ۳۰۰-۲۰۰ متر می‌باشد، (شکل ۱-۳).

### - واحد $D-C_b^l$

این واحد بیشتر در جنوب غرب محدوده بصورت برونزدهای ناچیزی در شمال غرب روستای چیمه دیده می‌شود. شامل تناوبی از سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی به رنگ خاکستری تیره و میان لایه‌های شیلی تیره رنگ می‌باشد. واحد مذکور میانه تا نازک لایه بوده و ضخامت آن به حداکثر ۱۳۰ متر می‌رسد، (شکل ۱-۳).

### - واحد $P_j^d$

این واحد بیشتر در جنوب غرب محدوده و بصورت برونزدهای ناچیزی در غرب روستای هنجن و شمال غرب روستای چیمه برونزد دارد. شامل دولومیت تا سنگ آهک دولومیتی کاملاً تیره و به شدت سیلیسی شده می‌باشد. به حالت توده‌ای بوده و ضخامت آن به حدود ۳۰۰ متر می‌رسد، (شکل ۱-۳).

### ۳-۳-۲- واحدهای سنگی مزوزوئیک

واحدهای سنگی مزوزوئیک هم ارز سازندهای سرخ شیل، شتری، نای بند، شمشک و آهکهای کرتاسه پایین و بالا است.

### ۳-۳-۱- واحدهای سنگی تریاس

واحدهای سنگی تریاس شامل واحدهای رسوبی زیر است:

### - واحد $T_s^s$

این واحد در جنوب غرب نقشه و بصورت برونزدهای ناچیزی در شمال روستای ایبانه و غرب روستای هنجن و غرب روستای ولوگرد دیده می‌شود و شامل تناوبی از شیل و ماسه سنگ قرمز رنگ و

بصورت محلی دارای میان‌لایه‌های کوارتزیت است. ضخامت آن به حداکثر ۵۰ متر می‌رسد و بصورت ناهمسازی فرسایشی بر روی واحد  $P_i^d$  قرار گرفته است. این واحد قابل مقایسه با سازند سرخ شیل در کوه‌های شتری است، (شکل ۱-۳).

#### - واحد $T_s^d$

این واحد قابل مقایسه با سازند شتری است که در گذارسرخ در رشته کوه‌های شتری معرفی شده است، بیشتر در جنوب غرب محدوده و بصورت برونزدهای پراکنده در جنوب روستای یارند، شرق و جنوب غرب روستای هنجن دیده می‌شود و شامل دلمیت ضخیم لایه خاکستری تا زرد مایل به قهوه‌ای بوده و در مواردی شدت سیلیسی شده و چرت‌دار است، (شکل ۱-۳).

#### ۳-۲-۲-۳-۲- واحدهای ژوراسیک

این واحدها قابل مقایسه با سازند شمشک بوده و شرح آنها به قرار زیر است:

#### - واحد $J_s^{ss}$

این واحد بیشتر در بخشهای مرکزی محدوده گسترده است. شامل تناوبی از ماسه سنگ و شیل خاکستری تا تیره است که بخشهای شیلی دارای خرده‌های فسیل گیاهی و ذغال سنگ به مقدار ناچیز است. بصورت محلی میان‌لایه‌های کوارتزیت و سیلتستون، سنگ آهک و گدازه و توف آندزیتی زیر دریایی نیز وجود دارد، (شکل ۱-۳).

### - واحد $J^c$

این واحد بیشتر در شمال روستای یارند برونزد دارد و شامل کنگلومرا با جورشدگی خوب و ماسه سنگ است. قلوه‌های کنگلومرا بیشتر سیلیسی و گرد شده می‌باشد. در بخش پی این واحد آثاری از ذغال سنگ دیده می‌شود این واحد در بخشهای بالایی واحد  $J_s^{ss}$  دیده می‌شود، (شکل ۳-۱).

### - واحد $J^g$

در شمال شرق روستای هنجن برونزد دارد و شامل عدسی‌هایی همراه با دیاباز می‌باشد و در آنها آثار متعددی از کند و کاوهای قدیمی که گویای بهره برداری از آنها در گذشته است دیده می‌شود این واحد در بخشهای پایین واحد  $J_s^{ss}$  دیده می‌شود، (شکل ۳-۱).

### ۳-۲-۳-۳- واحدهای کرتاسه

شامل ردیفی از سنگهای کربناتی و آواری است که بصورت ناهمساز یا گسله بر روی رسوبهای سازند شمشک قرار گرفته‌اند مشخصات این واحدها به قرار زیر است:

### - واحد $K^s$

این واحد در شرق روستای هنجن رخنمون دارد و بصورت برونزدهای ناچیزی در غرب روستای کمجان دیده می‌شود. شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل قرمز رنگ بوده و نازک تا میانه لایه است و ستبرای آن از چند متر بیشتر نیست. این واحد بصورت ناهمسازی زاویه دار بر روی واحد  $J_s^{ss}$  قرار گرفته و بصورت تدریجی به واحد  $K''$  تبدیل شده است و بنظر می‌رسد در مناطق دیگر توسط واریزه‌های واحد  $K''$  پوشیده شده است.

### - واحد $K''$

این واحد بیشتر در شرق روستای ولوگرد، جنوب روستای کمجان (کوه کش قبله) و غرب و شمال غرب روستای ایبانه برونزد دارد از نوع سنگ آهک ماسه ای (درپی) تا سنگ آهک خاکستری تیره بوده و دارای اریتولین های مشخصی است. ستر لایه توده ای است و مورفولوژی زمختی دارد سن این واحد کرتاسه پایین (آپسنی - آلبین) تعیین شده است، (شکل ۳-۱).

### - واحد $K^{sh}$

این واحد در شرق روستای ولوگرد و بصورت برونزدهای کوچک در پیرامون روستاهای بزر، طره و ایبانه دیده می شود. شامل شیل تیره رنگ همراه با میان لایه های سنگ آهک اکزوژیرادار می باشد. بدلیل فرسایش و نوع لیتولوژی، مورفولوژی پستی را پدیده آورده است، (شکل ۳-۱).

### ۳-۳-۳ واحدهای سنگی سنوزوئیک

بیشتر شامل واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی ائوسن، واحدهای رسوبی هم ارز سازنده های قرمز پایین، قم و قرمز بالایی می باشد.

### ۳-۳-۳-۱ واحدهای ائوسن

شرح واحدهای ائوسن به قرار زیر است:

### - واحد $E_1^c$

این واحد در پیرامون روستای ایبانه برونزد دارد و شامل کنگلومرای قرمز با جورشدگی ضعیف و گردشدگی میانه می باشد. قلوه های آن بیشتر از واحدهای رسوبی پالئوزوئیک و مزوزوئیک تشکیل

شده است و ضخامت آن به حدود ۴۰ متر می‌رسد این واحد با ناهمسازی زاویه‌دار بر روی واحد  $K^{sh}$  قرار گرفته و بطور تدریجی به واحد  $E_1^{sh}$  تبدیل شده است، (شکل ۱-۳).

#### - واحد $E_1^{sh}$

بصورت برونزدهای ناچیزی در پیرامون روستای ایبانه نمایان شده است. و شامل تناوبی از ماسه سنگ و شیل قرمز رنگ می‌باشد ضخامت آن به حدود ۱۰۰ متر می‌رسد بر روی واحد  $E_1^c$  قرار گرفته و در واقع می‌توان بعنوان واحد کوچکی از واحد  $E_1$  محسوب نمود، (شکل ۱-۳).

#### - واحد $E_1$

این واحد با گسترش قابل توجه بیشتر از شمال روستای یارند به سوی غرب روستای ایبانه و شرق چیمه برونزدهای دارد. شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل قرمز رنگ همراه با میان لایه‌های سنگهای آهکی نومولیت‌دار و گدازه‌های داسیتی-ریوداسیتی در بخش بالایی است. دایک‌های تغذیه کننده<sup>۱</sup> که بیشتر به این واحد و شماری از آنها به واحد  $E_2$  تعلق دارند آن را قطع نموده‌اند سن این واحد ائوسن آغازین تعیین شده است، (شکل ۱-۳).

#### - واحد $E_2^{ba}$

این واحد بصورت گسترده در شمال دره ایبانه و همچنین در شرق روستای چیمه برونزدهای دارد. شامل بازالت، تراکی آندزیت، آندزیت و توف در بالا سنگ خاکستری رنگ، شیل نومولیت دار در پی می‌باشد. بخشهای گدازه‌ای در مواردی خصوصیات کم عمق زیر دریایی رانشان می‌دهند و کاوکه‌های آنها



توسط کوارتز، کلریت، کلسیت و اپیدوت پر شده است. ضخامت این واحد حدود ۴۰۰ متر است و ارتفاعات قابل توجهی را تشکیل داده اند، (شکل ۱-۳).

### - واحد $E_2^{ig}$

این واحد در شمال دره ایبانه، ارتفاعات کوه پنجه علی را تشکیل داده است. شامل ایگنمبریت - برش و ایگنمبریت - توف در پی و ایگنمبریت - گدازه در بخشهای بالا است. ایگنمبریت گدازه دارای بافت تراکیتی بوده و میکروولیت های پلاژیوکلاز سدیک و ارتوکلاز در زمینه ای کریپتوکریستالین جهت یافته اند. براساس نتایج تجزیه های شیمیایی این سنگها در محدوده تراکیتی - تراکی آندزیتی و در سری ماگمایی آلكالن قرار گرفته اند، (شکل ۱-۳).

### - واحد $E_3^c$

این واحد در دره شمال غرب روستای هنجن برونزد دارد. شامل کنگلومرا با جورشدگی ضعیف و گردشگی میانه و دارای قلوه های واحدهای زیرین، بخصوص  $E_2^{ig}$  و  $E_1$  می باشد. ضخامت آن از ۲۰۰ - ۱۵۰ متر متغیر است. این واحد با همبری تکتونیک در کنار واحدهای  $J_s^{ss}$ ،  $T_s^d$ ،  $J^c$  و  $E_4$  قرار گرفته و بطور تدریجی به واحد  $E_3^{ls}$  تبدیل شده است.

### - واحد $E_3^{ls}$

در ابتدای دره شمال غرب هنجن برونزد دارد و شامل توف شیلی خاکستری تا قرمز رنگ، شیل و ماسه سنگ همراه با سنگ آهک نومولیت دار برگه ای شکل می باشد. نازک لایه بوده و ضخامت آن از ۸۰ تا ۱۰۰ متر متغیر است. بصورت محلی، این واحد به سنگ آهک نومولیت دار به ضخامت حدود ۱۰ متر تبدیل می شود، (شکل ۱-۳).

#### - واحد $E_4$

این واحد در ابتدای دره شمال غرب روستای هنجن برونزد دارد. شامل داسیت آندزیت و ایگنبریت با ترکیب داسیتی - رویولیتی است. داسیت آندزیت دارای بافت پورفیریک و زمینه اینترگرانولار می باشد. فنوکریست های پلاژیوکلاز به سرسیت، کلریت، کوارتز و لوکوکسن دگرسان شده است. بخش ایگنبریتی دارای بافت میکروکریستالین جریان - فلیستیک بوده و بیشتر از کوارتز و پلاژیوکلاز و ارتوز تشکیل شده است این واحد به شدت دگرسان شده است.

#### ۳-۳-۲- واحد های سنگهای کواترنری

##### - واحد $Q$

شامل نهشته های تراورتن حاصل از چشمه های آب گرم آهک ساز است و بصورت برونزدهای قابل توجه در دره ایبانه و جنوب آن دیده می شود. جنس بخش هایی از این واحد به علت وجود سوراخهای زیاد مرغوب نیست اما برای مصارف ساختمانی می توان از آنها استفاده نمود.

##### - واحد $Q^{11}$

شامل نهشته های در دامنه کوهها و بصورت پادگانه های آبرفتی و مخروطه افکنه می باشد و بیشتر در اطراف رودخانه برز رود گسترده است. این واحد پادگانه های آبرفتی و رودخانه ای قدیمی است.

##### - واحد $Q^{12}$

شامل نهشته های سخت نشده قله دار است و در شمال شرق محدوده گسترده است.

### ۳-۴- واحدهای نفوذی

این توده‌ها بیشتر به صورت باتولیت‌هایی هستند که بیرونزدگی و گسترش آنها در شمال محدوده می‌باشد. در دره شمال غرب روستای هنجن آهک‌های کرتاسه پایین این توده‌ها به اسکارن تبدیل شده‌اند. سنگهای آتشفشانی و رسوبی ائوسن جوان‌ترین واحدهای هستند که توسط این توده‌ها قطع شده و دگرگونی همبری در حد رخساره‌های آلیت- اپیدوت هورنفلس و هورنبلاند هورنفلس را متحمل شده‌اند، (شکل ۳-۱).

سن این توده‌ها با الیگوسن تا الیگوسن- میوسن منطبق است. توده‌های مذکور خاستگاه دوگانه دارند، به‌طوری‌که تجمع نقاط مربوط به نمودارهای اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی نسبت به ضریب تخریب در بخش‌های باریک میانه و اسیدی در دو محدوده جداگانه جای گرفته‌اند. بنا براین به نظر می‌رسد بخش‌های باریک از گوشته و بخش‌های اسیدی از ذوب بخشی پوسته بوجود آمده‌اند که البته تأیید یا تکذیب این قضیه نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد [۲۲۸].

#### - واحد $m-g$

این واحد شامل گابرو، گابرو دیوریت، کوارتز دیوریت و کوارتز مونزونیت بوده و دارای بافت گرانولار و دیابازی می‌باشد. پلاژیو کلاز کلسیک (انورتیت- آندزین) و کیلینوپروکسن (اورتیت) کانیهای اصلی است.

#### - واحد $g_1$

بیشتر شامل گرانودیوریت و گرانیت و به مقدار کم تونالیت بوده و قسمت عمده توده نفوذی وش را تشکیل داده است. دارای بافت گرانولار و گرانوپورفیریتیک می‌باشد از کوارتز، پلاژیو کلاز

(آندزین - الیگو کلاز)، بیوتیت و آمفیبول و کانیهای فرعی اسفن و آپاتیت و کانیهای کلریت و اپیدوت تشکیل شده است.

- دگرگونی مجاورتی و اسکارن

همانگونه که گفته شد توده نفوذی واحدهای  $T_s^d$ ،  $S_n^b$ ،  $J_s^{ss}$ ،  $D_p^s$  و واحدهای آتشفشانی ائوسن را قطع نموده و متامورفیسم همبری و اسکارن در ضخامت چند صد متر ایجاد نموده‌اند. رخساره دگرگونی‌های همبری در حد آلپیت اپیدت هورنفلس و هورنبلند هورنفلس بوده و در اسکارن‌ها گرونا نوع فلوگوپیت و دیوپسید ایجاد نموده است. در فاصله دورتری نسبت به توده نفوذی رگه رگچه‌هایی از اپیدوت نیز سنگ‌های در برگیرنده را قطع نموده‌اند.

### ۳-۵- زمین شناسی اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی منطقه، بیشتر شامل اندیس‌هایی است که می‌توان آنها را به انواع فلزی و غیرفلزی تقسیم نمود.

کانی‌های فلزی در منطقه شامل انواع Fe و Pb می‌باشد.

Fe: در پیرامون توده نفوذی و بیشتر در شمال غرب روستای ایبانه، رگه - رگچه‌های متعددی از مینیتیت، واحدهای  $T_s^d$  و  $D_p^s$  را قطع نموده‌اند. خواستگاه این رگه - رگچه‌ها سیال‌های وابسته به توده نفوذی می‌باشد که به صورت بلورهای ایدیومورف با بافت افشان بوده و هماتیت به صورت لکه‌های کوچک در سطح و یا در درز و شکاف‌ها جایگزین شده است.

در شرق روستای ولوگرد ( واحد  $T_s^d$  ) و در شمال روستای فریزوند ( و در بخشهای دلمیتی واحد  $PC_r^d$  ) رگه - رگچه‌هایی که با الیژیست پر شده‌اند، دیده می‌شوند. خاستگاه آنها سیال‌هایی هستند که به احتمال، هنگام تشکیل تراورتن، این واحدها را تحت تأثیر قرارداده‌اند و الیژیست برجا نهاده‌اند.

Pb: سرب به صورت پراکنده در جنوب غرب روستای کمجان دیده می‌شود. کند و کاوهای پراکنده معدنی نیز در آنها به چشم می‌خورد. سنگ میزبان آنها بیشتر تراورتن است و به نظر می‌رسد خاستگاه هیدروترمالی دارد [۲۲۸].

### کانی‌های غیر فلزی

Gy: یک معدن رها شده ژپس در شرق روستای هنجن وجود دارد. این معدن در بخشهای پایین واحد  $J_s^{ss}$  و همراه با ملا فیر دیده می‌شود.

Ga: در ابتدای دره شمال شرق هنجن در درون بخشهای آهکی دگرگون شده کرتاسه و توف‌های ائوسن بالا تشکیل شده‌اند و از نوع گروسولر - اندرادیت می‌باشند [۲۲۸].

### ۳-۶- زمین‌شناسی ساختمانی

این محدوده توسط گسل نطنز به دو منطقه بالا آمده ایبانه (ABYANEH UPLIFT) و فروافتادگی نطنز (NATANZ DEPRESSION) قابل تفکیک است.

قدیمی‌ترین واحد سنگی شناخته شده در منطقه شامل رسوبهای سازند مراد است که احتمالاً به صورت ناهمساز توسط رسوب‌های کربناتی - آواری ریزو - سلطانی پوشیده شده است.

قدیمی ترین حرکتهای ساختمانی مؤثر در ناحیه، جنبش های اواخر پر کامبرین بوده که احتمالاً در پیوند با حرکتهای ساختمانی کاتانگایی می باشد و درارتباط با آن رسوبهای آواری سازند کهر به رسوبهای آواری سری ریزو تبدیل شده است. وقفه رسوبی و ناهمسازی بین دلویت های سازنده میلا و ترادفهای آتشفشانی - آواری سازند نیورو و خروج ترادف ستبر گدازه های باریک را شاید بتوان نمودی از عملکرد حرکتهای ساختمانی کالدونین به حساب آورد، تداوم رسوب گذاری کربناتی (سازند بهرام) از دونین بالایی تا کربونifer پایین را می توان نشانه یکنواختی در رسوب گذاری به حساب آورد نبود. رسوب گذاری در کربونifer بالایی و پرمین پایین و جای گیری رسوبهای آهکی - دلویتی سازند جمال با پی پیشرونده بر روی رسوب های سازند بهرام احتمالاً نمود هایی از عملکرد حرکتهای ساختمانی هرسی نین است. جایگیری رسوب های کربناتی کرتاسه پایین که با پی رسوبهای آواری قرمز رنگ و با ناهمسازی زاویه ای بر روی رسوب های سازند شمشک قرار گرفته اند را می توان در پیوند با جنبش های زمین ساختی سیمیرین پسین دانست. جای گیری مجموعه آتشفشانی - رسوبی ائوسن که با ناهمسازی بر روی رسوبات دوران مزوزوئیک قرار گرفته اند را می توان وابسته به جنبش های زمین ساختی لارامید و پیامدهای آن به حساب آورد. حرکتهای ساختمانی پیرنه سبب تغییر در رژیم رسوب گذاری شده و نهشته های معادل سازند قرمز پایین با ناهمسازی زاویه ای بر روی واحدهای ائوسن قرار گرفته اند فعالیت چشمه های آبگرم و تراورتن ساز در ناحیه شاید بتوان پیامد رخدادهای زمین ساختی اوایل کواترنری (پاسادنین) دانست.

محدوده مورد مطالعه در حقیقت فزازمینی (UPLIFT) با روند شمال غربی - جنوب شرقی را به نمایش می گذارد که با گسل نظنز از بخش فرو رفته شمالی و میانی جدا شده است گسل نظنز با امتداد

شمال غربی - جنوب شرقی مهمترین عنصر ساختمانی منطقه است و در بخش جنوب شرقی سبب راندگی رسوب‌های کرتاسه بر روی سنگ‌های آتشفشانی شده است. این گسل در مواردی دارای شیبی حدود ۸۵-۸۰ درجه به طرف جنوب غربی می‌باشد. از دیگر عناصر ساختاری منطقه می‌توان به راندگی‌هایی اشاره نمود که به دو دسته قابل تقسیم‌اند:

۱- راندگی‌های پیش از کرتاسه که در امتداد دره چیمه و شمال فریز هند سبب راندگی واحدهای قدیمی‌تر بر روی واحدهای جدید شده و به نظر می‌رسد طی دوره‌های بعدی نیز مجدداً فعال شده‌اند. محتمل است که شکستگی‌های جنوب غرب محدود نیز از این نوع باشد.

۲- راندگی‌های پس از کرتاسه و پیش از ائوسن که سبب راندگی واحدهای سنگی ژوراسیک بر روی کرتاسه و همچنین واحدهای سنگی کامبرین- اردوویسین بر روی کرتاسه گردیده است (مثلاً راندگی جنوب روستای ایبانه) روند شمال غربی - جنوب شرقی و غربی - شرقی داشته و شیب آنها به سمت شمال و جنوب است.

جوانترین شکستگی‌های منطقه روند متمایل به شمال - جنوب داشته و اهمیت کمتری در ساختار منطقه داشته‌اند. محور چین خوردگی‌های منطقه بیشتر به موازات گسل‌های اصلی منطقه است و یا زاویه کمی با آنها می‌سازند [۲۲۸].

## فصل چهارم

### سنجش از دور

#### ۴-۱- مقدمه

علم بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیای واقع در فاصله دور که با استفاده از تصاویر ابزار شناسایی انجام می‌گیرد، سنجش از دور نامیده می‌شود [۱۲]. به عبارت دیگر سنجش از دور محیط شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی یا منتشر شده الکترومغناطیس از سطح زمین و جو، از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین و ربط دادن اندازه‌های بدست آمده به ماهیت پراکنندگی مواد سطح زمین و وضعیت جوی می‌باشد. سنجنده‌های<sup>۱</sup> تعبیه شده در هواپیما یا سکوها<sup>۲</sup> ماهواره‌ای مقدار انرژی بازتابی یا منتشر شده از سطح زمین را اندازه‌گیری می‌کنند. این اندازه‌گیریها یا از تعداد بسیار زیادی نقطه در امتداد یک پروفیل یک بعدی از روی سطح زمین در زیر سکوی ماهواره و یا از ناحیه‌ای دو بعدی در دو طرف مسیر زمینی سکو حاصل می‌شود [۲۳].

بطور کلی اطلاعات مورد استفاده سنجش از دور در منابع زمینی، یا ماهیت تصویری دارند که شامل عکسهای هوایی و عکسهای فضایی هستند، یا اینکه ماهیت رقومی دارند. یعنی انعکاسات اشعه

---

1 - Sensors  
2 - Platforms



الکترومغناطیسی از پدیده‌های منابع زمینی بوسیله سنجنده‌های ماهواره‌ها ثبت شده و پس از ارسال به ایستگاههای زمینی و انجام تصحیحات و پردازش لازم تبدیل به تصاویر شده و مورد تفسیر قرار می‌گیرند [۱۲].

سنجش از دور به بسیاری از خواستهای اکتشافی گران جواب نمی‌دهد و نباید به آن بصورت یک جعبه سیاه جادویی آنچنان که نقشه‌هایی تولید کند و نقاط حفاری را مشخص نماید نگریست. بلکه مانند بسیاری از علوم اکتشافی جدید از قبیل تکنیک‌های جدید ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی بعنوان ابزار کمکی برای اکتشاف مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۷].

دورسنجی به عنوان ابزار اصلی کار زمین‌شناسان می‌تواند جهت انجام مهمترین کارهای صحرایی از قبیل تعیین موقعیت قرارگیری، نقشه‌برداری ساختاری، سنگ‌شناسی و موقعیت زونهای آلتراسیون از طریق کنترل‌های صحرایی بکار گرفته شود. در میان تمام مطالعات اکتشافی، سنجش از دور موقعی که بصورت مکمل بکار می‌رود، بهترین کارآیی را خواهد داشت [۱۷].

استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای پس از پرتاب موفقیت‌آمیز ماهواره تکنولوژی منابع زمینی<sup>۱</sup> که بعدها بنام لندست یک<sup>۲</sup> معرفی شد، برای نظارت بر پدیده‌های زمینی شروع گردید و تا کنون توسط ماهواره‌های مختلف توانسته‌اند در امور کشاورزی، زمین‌شناسی، منابع آب، جنگل و مرتع و ... اطلاعات مفیدی را بدست آورند. و از این طریق نقشه‌های مورد نظر را تهیه نمایند [۲۵، ۳۰].

---

1 - Earth Resources Technology Satlite

2 - Landsat 1

#### ۴-۲- مؤلفه‌های اصلی یک سیستم سنجش از دور

#### ۴-۲-۱- منبع امواج الکترومغناطیس (EM)

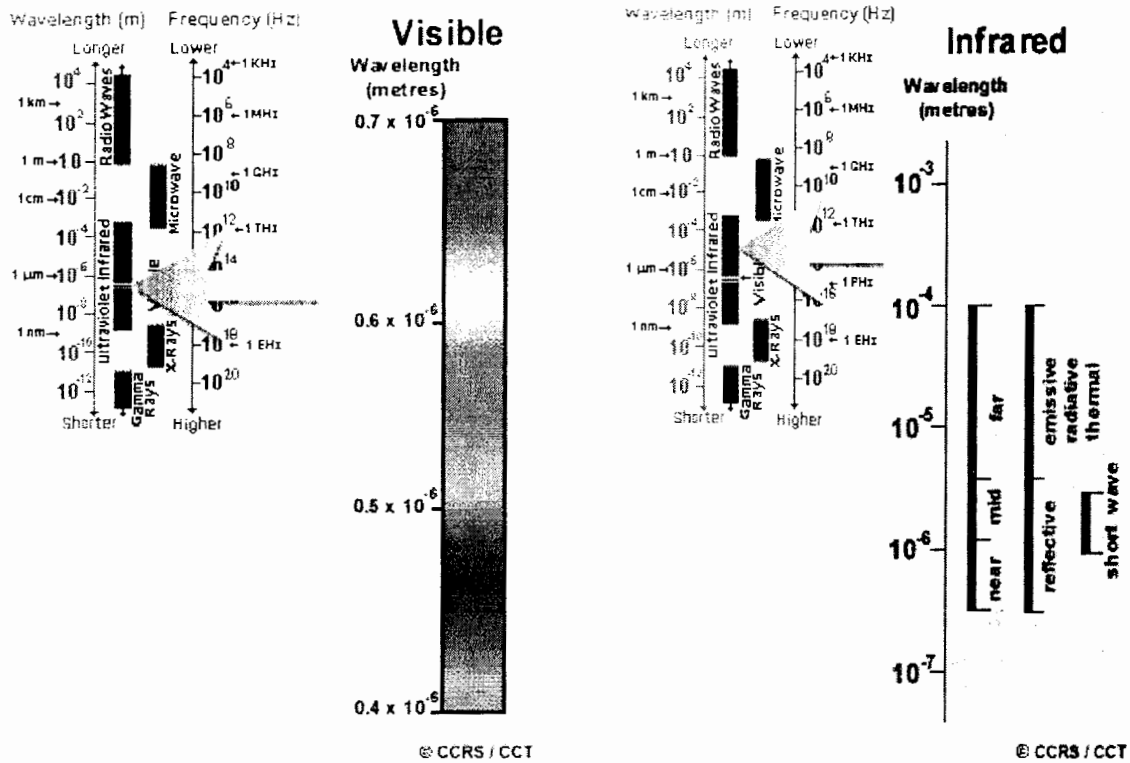
نور خورشید شکلی از تابش امواج الکترومغناطیسی است که یک منبع طبیعی برای سنجنده‌ها در سنجش از دور محسوب می‌شود. نور انعکاس یافته از اشیاء در بیشتر مواقع خطی مستقیم را طی می‌کند و به چشم بیننده می‌رسد. وقتی نور انعکاسی به شبکه می‌رسد علائم الکتریکی بوجود می‌آورد که بوسیله اعصاب بینایی به مغز انتقال می‌یابد و این علائم تصویری از محیط اطراف را برای بیننده بوجود می‌آورد. می‌توان گفت که سیستم بینایی انسان شباهت بسیاری با فرآیندهای سنجش از دور دارد. در واقع دید چشم نوعی سنجش از دور محسوب می‌شود [۲۳].

به بخشی از امواج الکترومغناطیس که با چشم قابل رؤیت است نور مرئی<sup>۱</sup> گفته می‌شود، سایر بخش‌های امواج الکترومغناطیس را بشر نمی‌تواند بدون ابزار مخصوص تشخیص دهد. مجموعه امواج الکترومغناطیس، طیف الکترومغناطیس نامیده می‌شود که از امواج بلند رادیویی، میکروویو، طول موجهای مادون قرمز تا نور مرئی، موج ماورای بنفش، امواج کوتاه  $x$  و  $\gamma$  تشکیل شده است [۳۹، ۲۳]. شکل (۴-۱) محدوده های امواج الکترومغناطیس را نشان می‌دهد [۳۹].

انتشار انرژی الکترومغناطیس به سه شکل هدایت<sup>۲</sup>، همرفتی<sup>۳</sup>، و تشعشع<sup>۴</sup> می‌باشد. عامل اصلی انتقال

---

1 - Visible  
2 - Conduction  
3 - Convection  
4 - Radiation



شکل ۴-۱: طیف امواج الکترومغناطیس [۳۹]

انرژی در سنجش از دور تشعشع است، که میدان تشعشع الکترومغناطیس به صورت پوسته‌های کروی بوده و میدان دور از منبع به شکل صفحه‌ای می‌باشد و با رابطه  $\frac{1}{r}$  (۲ فاصله از منبع) افت پیدا می‌کند [۳۹]. جدول (۴-۱) محدوده امواج مربوط به رنگ‌های نور مرئی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱: باند موج مربوط به رنگهای مشاهده شده در نور مرئی [۲۳]

رنگ	باند موج ( $\mu m$ )	رنگ	باند موج ( $\mu m$ )
قرمز	۰/۷۸۰-۰/۶۲۲	سبز	۰/۵۷۷-۰/۴۹۲
نارنجی	۰/۶۲۲-۰/۵۹۷	آبی	۰/۴۹۲-۰/۴۵۵
زرد	۰/۵۹۷-۰/۵۷۷	بنفش	۰/۴۵۵-۰/۳۹۰

#### ۴-۲-۲- واکنش با سطح

واکنش امواج الکترومغناطیس با سطوح شامل انعکاس، جذب، انکسار و تفرق می‌باشد. کل انرژی تابشی برابر مجموع انرژی انعکاسی، انرژی جذب شده و انرژی انتقال یافته می‌باشد (البته انرژی تفرق یافته جزء انرژی انعکاسی محسوب می‌شود) [۳۹]. اطلاعات موجود در طیف اشعه الکترومغناطیس واکنش داده شده با سطح و حجم مواد در سطح زمین در بخشهای مختلف طیف، مشخص کننده بخش‌های مختلف مواد می‌باشد.

انرژی مربوط به طول موجهای کمتر از یک انگستروم ( $1\text{\AA}$ ) بر طبق قانون پلانک بسیار بالا است. این انرژی مربوط به فعل و انفعالات هسته‌ای است. انرژی مربوط به طول موجهای  $1000\text{\AA}$  -  $1\text{\AA}$  مربوط به فاصله بین لایه‌های الکترونی اتم و مشخص کننده ترکیب شیمیائی می‌باشد و طول موجهای  $30$  -  $2$  میکرون که بخش طول موجهای حرارتی هستند باعث انرژی جنبشی و ارتعاش می‌شوند که اطلاعات مربوط به ساختمان کریستالی و کانی‌شناسی را فراهم می‌کنند [۲۳].

رفلکتانس<sup>۱</sup> طیفی که مشخص کننده نسبت شار بازتابیده شده (در طول موج معین) به شار تابیده شده (در همان طول موج) می‌باشد به دو صورت رفلکتانس سطحی<sup>۲</sup> و رفلکتانس حجمی<sup>۳</sup> می‌باشد.

رفلکتانس سطحی از معادله فرسnel<sup>۴</sup> به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r^s(\lambda) = \frac{[n(\lambda) - 1]^2 + n^2(\lambda)k^2(\lambda)}{[n(\lambda) + 1]^2 + n^2(\lambda)k^2(\lambda)} g(\theta, \varphi) \quad (1-4)$$

1 - Reflectance

2 - Surface reflectance

3 - Volume reflectance

4 - Fresnel

که در آن:

$r^2(\lambda)$ : رفلکتانس سطحی در طول موج  $\lambda$

$n(\lambda)$ : اندیس انکسار در طول موج  $\lambda$

$k(\lambda)$ : اندیس جذب در طول موج  $\lambda$

$\varphi$ : زاویه تابش

$\theta$ : زاویه مشاهده‌ای

رفلکتانس کل میانگین رفلکتانس سطحی و حجمی می‌باشد.

$$R'(\lambda) = \frac{R^s(\lambda) + R^v(\lambda)}{2} \quad (2-4)$$

که در آن:

$R'(\lambda)$ : رفلکتانس کل در طول موج  $\lambda$

$R^s(\lambda)$ : رفلکتانس سطحی در طول موج  $\lambda$

$R^v(\lambda)$ : رفلکتانس حجمی در طول موج  $\lambda$

رفلکتانس مواد تابعی از ترکیب شیمیایی و دانه‌بندی آنها می‌باشد و رفتار توأم دانه‌بندی و ترکیب

شیمیایی بایستی لحاظ شود [۳۹].

#### ۴-۲-۳- واکنش با اتمسفر

امواج الکترومغناطیسی که از خورشید گسیل شده در مسیر رسیدن به سطح و همچنین در مسیر برگشت از سطح زمین به سنجنده، با ذرات اتمسفری نظیر دی‌اکسید کربن، ازن، بخار آب و گرد و غبار برخورد می‌کند و سبب ایجاد انعکاس، جذب و تفرق می‌شوند که این خود نوعی پارازیت در میزان تشعشع رسیده به سنجنده می‌باشد و بایستی در تصحیحات انرژی دریافتی از سطح توسط سنجنده مورد نظر واقع شوند [۱۲].

عمده‌ترین آثار اتمسفری بر امواج الکترومغناطیسی شامل پخش یا پراکنش اتمسفری<sup>۱</sup> و جذب اتمسفری<sup>۲</sup> می‌باشد. فرآیند پراکنش که انواع آن عبارتند از پخش ریلی<sup>۳</sup>، پخش می‌یا<sup>۴</sup> و پخش غیر انتخابی<sup>۵</sup>، باعث تغییر مسیر تابش می‌شوند و فرآیند جذب، انرژی تابشی الکترومغناطیسی را به انرژی ذاتی مولکول جذب‌کننده تبدیل می‌کند. فرآیند جذب و پراکنش از یک بخش طیف الکترومغناطیسی تا بخش دیگر طیف متفاوت است. استفاده از بخشهایی از طیف الکترومغناطیسی که به شدت تحت تاثیر جذب و پراکنش هستند امکان‌پذیر نیست زیرا این مکانیسم‌های پراکنش و جذب باعث تیره و تار شدن جو در مقابل تابش ورودی و یا خروجی می‌شود. نواحی از طیف الکترومغناطیسی که از پراکنش و جذب جوی تا حدودی در امان هستند پنجره جوی<sup>۶</sup> نامیده می‌شوند. تابش امواج الکترومغناطیسی این بخشهای طیفی نسبت به سایر بخشها با تغییرات بسیار جزئی از جو عبور می‌کند [۱۲، ۲۳].

- 
- 1 - Atmospherice Scattering
  - 2 - Atmospherice Absorbtion
  - 3 - Ray leigh Scattering
  - 4 - Mie Scattering
  - 5 - Nonselective Scattering
  - 6 - Atmospherice Window

مهمترین پنجره‌های جوی شامل باندهای ۳/۰ - ۳/۱ میکرومتر (مرئی - مادون قرمز نزدیک)، ۱/۵ - ۱/۸ میکرومتر، ۲ - ۲/۵ میکرومتر، ۳/۵ - ۴/۱ میکرومتر (مادون قرمز میانی) و ۷ - ۱/۵ میکرومتر (مادون قرمز حرارتی) می‌باشد [۲۳، ۱۲].

از نتایج سوء پراکنش و جذب، ایجاد تیرگی و مه آلودگی بر روی تصویر است که در نتیجه آن تباین<sup>۱</sup> عوارض تصویر کاهش می‌یابد. علت این موضوع کاهش انرژی رسیده به سنجنده است، زیرا پراکنش، مسیر انرژی را تغییر می‌دهد و جذب باعث کاهش فوتون می‌شود [۲۳، ۱۲].

#### ۴-۲-۴- سنجنده‌ها

سنجنده‌های مورد استفاده در مطالعات اکتشافی تنوع زیادی داشته ولی معمولاً انواعی که در ماهواره‌های لندست، اسپات<sup>۲</sup>، استر<sup>۳</sup>، ایکونوس<sup>۴</sup>، ایرس<sup>۵</sup> و سیست<sup>۶</sup> تعبیه شده‌اند، کاربرد بیشتری دارند. خلاصه‌ای از مشخصات این ماهواره‌ها در جدول (۴-۲) آمده است [۳۳].

باتوجه به استفاده از داده‌های سنجنده TM در این مطالعه به شرح مختصری از این داده‌ها می‌پردازیم:

- 
- 1 - Contrast
  - 2 - Spot
  - 3 - Aster
  - 4 - Ikonos
  - 5 - IRS
  - 6 - Seasat

جدول ۴-۲: خلاصه‌ای از مشخصات ماهواره‌های مورد استفاده در مطالعات اکتشافی [۳۳].

دوره (روز)	عرض جازوب (کیلومتر)	قدرت تفکیک (متر)		تاریخ پرتاب	تولید کننده	ماهواره
		Multispectral	Panchromatic			
۴-۱	۶۰	۲۰-۱۰	۱۰-۵	۲۰۰۲-۱۹۹۸	CENS/SPOT	اسپات ۴-۵ (SPOT 4/5)
۱۶	۶۰	۹۰-۳۰	۱۵	۱۹۹۹	JAPAN	استر (ASTER)
۱۶	۱۸۵	۳۰	۱۵	۱۹۹۹	U.S.A	لندست ۷ (LANDSAT7)
۵	۷۰	۲۳	۵/۸	۱۹۹۷-۱۹۹۵	ISRO-India	ایرس (IRS 1C/D)
۵-۳	۱۱	۴	۱	۱۹۹۹	Space Imaging	ایکنوس (IKONOS)

#### ۴-۲-۴-۱- سنجنده لندست TM

سنجنده TM روی ماهواره لندست ۴ و ۵ نصب شده است و دارای هفت باند طیفی با قدرت تفکیک

طیفی ۳۰ متر (به جز باند شش که ۱۲۰ متر است) و قدرت تفکیک پرتوسنجی ۸ بیت (۲۵۶ گام) می‌باشد.

محدوده طیفی این باندها و خصوصیات آنها به شرح زیر می‌باشد:

باند ۱- گستره طیفی از ۰/۴۵ الی ۰/۵۲ میکرون - رنگ آبی تا کمی سبز نور مرئی - دارای حداکثر نفوذ در

آب بوده و به همین دلیل برای نقشه برداری کف آبهای کم عمق مناسب است. برای تشخیص خاک از

پوشش گیاهی و همچنین درختان سوزنی برگ از پهن برگ نیز مناسب است.



بانند ۲- گستره طیفی ۰/۵۲ الی ۰/۶۰ میکرون - رنگ سبز نور مرئی - محدوده این بانند منطبق با بازتاب سبز گیاهان است و به این علت برای تشخیص گیاهان سالم مناسب است.

بانند ۳- گستره طیفی ۰/۶۳ الی ۰/۶۹ میکرون - رنگ قرمز نور مرئی - منطبق بر محدوده جذب کلروفیل بوده و برای تشخیص نوع پوشش گیاهی مناسب است.

بانند ۴- گستره طیفی ۰/۷۶ الی ۰/۹۰ میکرون - فرورسرخ (مادون قرمز) نزدیک - مناسب برای تشخیص موجودات زنده (Biomass) و نقشه برداری سواحل.

بانند ۵- گستره طیفی ۱/۵۵ الی ۱/۷۵ میکرون - فرو سرخ میانی - مشخص کننده رطوبت موجود در خاک و گیاهان که امواج آن از ابرهای نازک نیز عبور می کنند. انواع گیاهان نیز در این بانند به خوبی مشخص می گردند.

بانند ۶- گستره طیفی ۱۰/۴۰ الی ۱۲/۵۰ میکرون - سرخ گرمائی - مناسب برای تهیه نقشه های حرارتی در هنگام شب و تعیین رطوبت خاک.

بانند ۷- گستره طیفی ۲/۰۸ الی ۲/۳۵ - فرو سرخ میانی - منطبق با محدوده جذب یونهای هیدروکسیل در کانیها. نسبت هائی از باندهای ۵ و ۷ برای تعیین محدوده سنگهای دگرسان شده هیدروترمائی که داری کانی سازی می باشند مناسب می باشند [۱۴].

همانگونه که ملاحظه می شود محدوده برداشت این سنجد فراتر از محدوده طیف مرئی بوده و به همین دلیل اطلاعات بیشتری را نسبت به تصاویر تهیه شده در محدوده نور مرئی در اختیار قرار می دهد.

صحنه ای<sup>۱</sup> که این سنجنده در هر بار اسکن می کند  $179 \times 185$  کیلومتر می باشد. هر صحنه به ۴ قسمت تقسیم شده و هر قسمت یک کوارتر<sup>۲</sup> نامیده می شود [۱۴].

### ۴-۳- خصوصیات تصاویر رقومی

هر تصویر رقومی، مجموعه ای از عناصر یا جزئیات تصویر است که پیکسل نامیده می شود و آن، سطحی است که کوچکتر از آن تفکیک ناشدنی است و اندازه همین سطوح، دقت تصاویر مختلف ماهواره ای را نشان می دهد. برای داده های *TM* ماهواره لندست، هر جزء تصویر یک مربع با ضلع ۳۰ متر برای تمام باندها به جز باند ششم که ۱۲۰ متری باشد، است.

برای هر پیکسل در هر باند متناظراً یک عدد که برابر ارزش رفلکتانس و انتشار الکترومغناطیس در آن باند می باشد بصورت زیر تولید می شود که از کنار هم قرار گرفتن این پیکسل ها تصویر باند مربوطه حاصل می گردد [۳۹، ۲۳، ۱۲].

$$DN(i) = q(i)L(i) \quad (3-4)$$

$DN(i)$ : ارزش عددی پیکسل در باند  $i$ ام

$q(i)$ : یک ثابت برای کالیبره کردن

$L(i)$ : رادیانس طیفی پیکسل در باند  $i$ ام

1 - Scene  
2 - Quarter

## ۴-۴- پردازش تصویر<sup>۱</sup>

در بسیاری از موارد نمی‌توان پدیده‌ها را مستقیماً در تصویر اولیه تشخیص داد و جهت نمایش اطلاعات نیاز به پردازش تصویر داریم. همانگونه که ذکر شد اطلاعات رقومی تصاویر گسسته‌ای را به وسیله جزءهای تصویری منفرد با ارزش عددی (DN) معین ایجاد می‌کنند. با استفاده از نرم افزارهای مختلف می‌توان پس از ورود اطلاعات با انجام پردازشهایی غالباً توسط روابط و قوانین ریاضی و آماری ارزشهای عددی اجزاء تصویری را دستکاری نموده و نتیجه را به صورت تصویر جدیدی که برای شناسایی و بررسی پدیده‌های خاص مناسب است ملاحظه نمود. جهت پردازش تصویر ابتدا تصحیح هندسی صورت گرفته و سپس با توجه به هدف مطالعه بازسازیهای خاصی صورت می‌پذیرد. بازسازی تصویر عملیاتی است که برای ارتقاء کیفی پدیده‌های مورد نظر انجام می‌گردد و عبارت است از گسترش تصویر، فیلتره کردن، تهیه نسبت‌های طیفی و غیره می‌باشد. در فصل ششم به تفصیل در مورد هر کدام از تکنیک‌های پردازش تصویر با توجه به کاربرد آنها در این پژوهش صحبت شده است.

## ۴-۵- طبقه‌بندی<sup>۲</sup> اطلاعات

طبقه‌بندی خودکار پیکسل‌های سازنده تصویر سنجش از دور اختصاص دادن یک برچسب و یا کد، به هر یک از پیکسل‌ها را شامل می‌شود. مشکل تشخیص و طبقه‌بندی در این است که ارزش عددی هر کدام از

---

1 - Image Processing

2 - Classification

پیکسل‌ها باید به صورت نوعی پوشش جغرافیایی، زمین‌شناسی و یا سایر عوارض سطح زمین شناسایی شود. البته در بعضی موارد هم ممکن است که هدف چیز دیگری باشد. طبقه‌بندی به دو صورت هدایت شده<sup>۱</sup> و هدایت نشده<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد [۲۳].

روش طبقه‌بندی هدایت شده سعی در برقراری ارتباط مابین مجموعه پیکسلها با پوشش‌های واقعی سطح زمین دارد. در مقابل روش طبقه‌بندی هدایت نشده به آسانی مجموعه پیکسلها را با پوشش‌هایی که از نظر ارزش‌های طیفی شباهت درون گروهی داشته ولی از نظر بین گروهی متفاوت هستند، را مشخص می‌نماید. شناسایی و تبدیل رده‌های طیفی به رده‌های اطلاعاتی (پوشش واقعی سطح زمین) با استفاده از دیگر اطلاعات مثل عملیات صحرائی، تفسیر عکس‌های هوایی و نقشه صورت می‌گیرد [۲۳].

#### ۴-۶- کاربرد سنجش از دور در اکتشاف [۳۳،۳۷]

نشانه‌های اکتشاف کانسار که در سنجش از دور به کار می‌روند مربوط به پدیده‌های تکتونیکی، آلتراسیون سنگ میزبان و کنترل‌های ساختمانی می‌باشد. ظهور کانسارها بر اساس نشانه‌های زمین‌شناسی در ارتباط با نوع توده مورد بررسی، تاریخ تکتونیکی منطقه و محیط‌های فیزیکی در سطح زمین می‌باشد. در نواحی تکتونیکی خشک و نیمه خشک، شکلهای ساختمانی قابل مشاهده می‌تواند به وسیله خصوصیات طیفی سنگ میزبان و مناطق دگرسانی افزایش یابد. در نواحی هوازده عمیق پوشیده شده بوسیله کراتن‌ها

---

1 - Supervised classification

2 - Unsupervised classification

خصوصیت طیفی خاکهای باقیمانده ممکن است کلیدی جهت اکتشاف سنگ‌های زیرین و کانی‌سازی در منطقه باشد.

در این قسمت برخی از کاربردهای سنجش از دور در اکتشاف مواد معدنی ارائه می‌گردد.

#### ۴-۶-۱- تهیه نقشه لیتولوژی

گزارشهای فراوانی وجود دارد که هر کدام برای تهیه نواحی سنگی از تصاویر هوائی و ماهواره‌ای استفاده مفیدی کرده‌اند. اساس کار بر پایه خصوصیات منحصر به فرد طیفی واحدهای سنگی می‌باشد. باندهای مادون قرمز نزدیک (VNIR)<sup>۱</sup> برای تهیه نقشه تغییرات در بخشهای طیف مرئی مفید است. باندهای موج کوتاه مادون قرمز (SWIR)<sup>۲</sup> می‌تواند نقشه سنگهای حاوی کانیهای کربناته و هیدروکسیدها را مشخص کند.

تکنیک استفاده از داده‌های مادون قرمز حرارتی طیفی (TIR)<sup>۳</sup> نیرومندترین وسیله برای تهیه نقشه سنگهای سیلیکاته می‌باشد. در طول موج ۲۵-۲ میکرومتر تعدادی باندهای جذبی وجود دارد که باعث کاهش زیادی در رفلکتانس ماکزیمم در سیلیکانها و کربنات‌ها می‌شود و در نتیجه کشیدگی و خمیده‌گی پیوندها و لیگاندهای بین یونها در شبکه کریستالها می‌باشد. این باندهای رفلکتانس به نام رست استراهلن<sup>۴</sup> معروف می‌باشد. در سنگهای سیلیکاته با کاهش پیوند Si - O تغییراتی در فرکانس رخ می‌دهد و نتیجه

---

1 - Very Near Infra Red  
2 - Short Wave Infra Red  
3 - Thermal Infra Red  
4 - Reststrahlen

منحنی‌های رست استراهلن طیف سنگهای آذرین، اغلب از طول موج بالاتر برای سنگهای مافیک به طول موجهای پائین تر برای سنگهای فلسیک انتقال می‌یابد.

#### ۴-۶-۲- شناسایی مناطق دگرسانی هیدروترمال

بیشتر ذخایر معدنی ابتدا در کارهای صحرائی بوسیله شناسایی دگرسانی هیدروترمال سنگ درون‌گیر مشخص شده است. دگرسانی ممکن است بعنوان آنومالی‌های طیفی رنگی ظاهر شود. بعنوان مثال تشخیص دگرسانی ریولیت ممکن است بصورت چشمی در کارهای صحرائی مشکل باشد ولی با استفاده از داده‌های (SWIR) با قدرت تفکیک بالا براحتی قابل شناسایی می‌باشد. منطقه‌بندی در هاله‌های دگرسانی، بوسیله جانشینی کانیهای سازنده بارده‌های طیفی در ترکیبات و بلورهای کانیهای دگرسان باعث ظهور انعکاس گرادیان‌های شیمیائی و حرارتی در سیستم‌های هیدروترمال می‌شود و می‌تواند اطلاعات مهمی وابسته به نوع و موقعیت ماده معدنی و فرآیند شکل‌گیری کانسارها تهیه کند.

تشخیص زونهای دگرسانی هیدروترمال اغلب یکی از اولین کلیدهای دسترسی به منبع کانی‌سازی در تصاویر رقومی می‌باشد. برخی از دگرسانی‌ها ممکن است حتی در تصاویر رقومی بهتر از کارهای صحرائی ظاهر شود زیرا خیلی از کانیهای دگرسانی دارای منحنی‌های جذبی در طول موجهای طیف بازتابش می‌باشند که خارج از محدوده مرئی است.

تشخیص زونهای دگرسانی هیدروترمال در ارتباط سیستم‌های کانی سازی یکی از اولین اهداف زمین‌شناسان سنجش از دور در پرتاب ماهواره لندست ۱ بود. اکثر مطالعات دگرسانی براساس استفاده از داده‌های لندست می‌باشد، زیرا باندهای آن بخوبی در ناحیه (SWIR) قرار داده شده است.

بیشتر کانیهای رسی، میکا و کانیهای هیدروکسیدی مانند مجموعه‌های پروپیلیت، آلونیت، فیلیت، آرژیلیت و آرژیلیت پیشرفته منحنی‌های جذبی همراه با پیوندهای جفتی  $Al-OH$  در مدهای کششی اصلی OH نزدیک ۲۲۰۰ نانومتر دارند.

کربنات‌ها و کانی‌هایی با پیوندهای  $Mg-OH$  و  $Fe-OH$  مانند اپیدوت، کلریت، بیوتیت و فلوگوپیت منحنی‌های جذبی نزدیک ۲۳۰۰ نانومتر دارند. این کانیها نشانه ویژه مجموعه‌های پروپیلیت و پتاسیک هستند. باند هفت (TM) جهت تشخیص کانیها با منحنی‌های جذبی در محدود ۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰ نانومتر بعنوان یک گروه قرار داده شده است. اما باند عبوری<sup>۱</sup> آن بقدری پهن می‌باشد که اجازه تفکیک منحنی‌های جذبی کانیهایی با پیوندهای  $Mg-OH$ ،  $Al-OH$  و کربناتها را از یکدیگر نمی‌دهد.

#### ۴-۶-۳- شناسایی نواحی شسته‌شده سوپروژن

در محیط‌های مناسب در اثر عبور آب اکسیژن دار در میان هاله‌های دگرسان معدنی ممکن است باعث دگرسانی زون هیپوژن شود و تولید گوسن (کلاهدک آهنی) و لیچینگ (زون شسته شده) روی

---

1 - Bandpass

کانسار کند. پیریت و مارکاسیت نقش کلیدی را در این فرآیند دارند زیرا آنها با آب در حالت اکسید واکنش نشان می‌دهند و تولید اسید سولفوریک و سولفات آهن کرده که به دیگر کانیها اثر می‌گذارند.

نمودار جذبی (VNIR) کانیهای حاوی آهن شامل هماتیت، گوتیت و ژاروسیت، در ارتباط با انتقال الکترونی الکترونهاي مدار ۳d در آهن فریک و عکس العمل یونهای مجاور آن می‌باشد. نمودار جذبی طول موج بصورت پایه بوسیله پارامترهای شبکه مانند عدد کوردینانس، حالت تقارن و نوع لیگاند به دست می‌آید. گوتیت و ژاروسیت هر دو دارای نمودار جذب آهن فریک نزدیک ۹۰۰ نانومتر و یک پیک در ۷۰۰ نانومتر می‌باشند که پیک ژاروسیت بزرگتر می‌باشد اما ژاروسیت دو منحنی اضافی در نزدیکی ۶۶۰ و ۵۰۰ نانومتر و یک منحنی جذب مربوط به پیوند Fe - OH در نزدیکی ۲۲۷۰ نانومتری دارد. منحنی‌های جذب آهن فریک هماتیت نزدیک ۸۶۰ نانومتری همراه با یک پیک رفلکتانس در نزدیکی ۷۳۰ نانومتری می‌باشد.

#### ۴-۶-۴ - شناسایی اسکارنها

تبلور مجدد و دگرگونی مجاورتی سنگهای کربناته اطراف سنگهای آذرین مجموعه‌هایی با عیار متفاوت از سلیکاتهای Mn-Mg-Fe-Ca تولید می‌کند که اسکارن نام دارد. کانی‌زایی در اسکارنها منبع اصلی تنگستن و شامل کانسارهای بزرگ مس، آهن، مولیبدن، و روی و کانسارهای فرعی کبالت، طلا، نقره، سرب، بیسموت، قلع، برلیوم و بور می‌باشد. اسکارنها همچنین منبع کانی‌های صنعتی مانند گرافیک، آزبست، لاستونیت، مگنریت، فلوگوپیت، تالک و فلوریت می‌باشد.



بیشتر کانی‌های اسکارن منحنی‌های مشخص در نواحی طیفی (TIR, SWIR, VNIR) دارند. اسکارن‌ها دارای منطقه بندی مخصوصی هستند. اسکارن‌های گارنت نزدیک کنتاکت‌های نفوذی و اسکارنهای مس که طلا، آرسنیک، بیسموت و تلوریوم بیشتری دارند و در فاصله دورتری واقع می‌شوند.

#### ۴-۶-۵- تهیه نقشه‌های ساختمانی

کنترل کننده‌های ساختمانی یکی از عنصرهای مهم در بیشتر مدل‌های کانسارها مانند سیستم‌های رگه‌های چند فلزی (پلی متالیک) کانسارهای تیپ کارلین و کانسارهای چشمهای آبگرم اپی‌ترمال می‌باشند. برای این منظور تهیه نقشه ساخت‌های خطی قسمتی از هر گزارش زمین‌شناسی سنجش از دور می‌باشد. البته در تفسیر و آنالیز ساختمان‌های زمین‌شناسی با توجه به داده‌های سنجش از دور در اکتشاف مشکلاتی وجود دارد.

ران و باورز<sup>1</sup> (۱۹۹۵) تعدادی از فاکتورهایی که در به وجود آوردن مشکلات جمع بندی نقشه‌های ساخت‌های خطی در اکتشاف و مدل‌های مربوطه وجود دارد را توضیح دادند. یکی از مشکلات اصلی فرض اولیه در مورد ارتباط دادن ساخت‌های خطی با رفتارهای ساختمانی زمین می‌باشد در حالیکه برخی از آنها ممکن است هیچ ارتباطی نداشته باشند. دومین مشکل وابسته به مقیاس و قدرت تفکیک تصاویر در ارتباط با ابعاد کنترل کننده‌های ساختمانی می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای وسیله خوبی برای تشخیص زونهای ساختمانی ناحیه‌ای که ممکن است موقعیت توده معدنی را نشان دهد، می‌باشد. سومین مشکل در نقشه ساخت‌های

---

1 - Rowan and Bowers (1995)

خطی ناشی از عدم توجه به قدمت ساختمانهای زمین شناختی در ارتباط با زمان بوجود آمدن توده‌های معدنی می باشد. ساختمانهای قدیمی تر از کانی سازی ممکن است از آنهایی که کانی سازی را کنترل می کنند در تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص نباشند. آنالیزهای ساختهای خطی ران و باورز در نوادا و کالیفرنیا باعث ارائه یک مدل خوب شده است. آنها نقشه‌های ساختهای خطی از لندست (TM) و تصاویر (SAR)<sup>1</sup> را با هم ترکیب کرده و داخل یک سیستم (GIS)<sup>2</sup> با داده‌های پایه معادن شناخته شده کانسارهای فلزی گرانبهای اپی ترمال وارد کردند و با نقشه‌ها زمین شناسی و رخدادهای ساختمانی منطقه مقایسه کرده‌اند سیستم (GIS) اجازه مطالعه کمی داده‌ها شامل آنالیز جهت ساختهای خطی، فراوانی ساختهای خطی و نزدیکی به کانسارهای شناخته شده را دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که قدرت تفکیک فضایی تصاویر (TM) و (SAR) برای تشخیص کنترل کننده‌های ساختمانی کانسارها کافی می باشد و همچنین فراوانی خط واره‌ها می تواند پارامتر مفیدی برای ارزیابی استعداد ذخایر باشد.

#### ۴-۶-۶- ژئوبوتانی سنجش از دور

گیاهان یک مانع برای اکتشاف می باشند در حالیکه در بسیاری از این مناطق جهان مانند کانادا، روسیه، کشورهای اسکاندیناوی و جنوب آسیا که فعالیتهای اکتشافی صورت می گیرد جنگلهای وسیعی

---

1 - Synthetic Aperture Radar  
2 - Geographical Information System

وجود دارد. کارهای علمی سنجش از دور در این مناطق براساس خصوصیت طیفی گیاهان می‌تواند به‌عنوان کلیدی برای زمین‌شناسان محسوب شود.

بعنوان مثال عمق و پهناى منحنى جذب کلروفیل در ۶۷۰ نانومتری، می‌تواند یک شاخص معتبری برای تشخیص ذخایر فلزات سنگین باشد. منحنی طیفی در دو منطقه کاج و سرو در روی مناطق کانی‌سازی شده جنگلهای کانادا بصورت پیوسته سطحی و باریک‌تر از سایر مناطق می‌باشد.

رنسز و سانگستر<sup>۱</sup> یک هاله آنومالی گیاهی اطراف کانسار مس کاسپ در کبک<sup>۲</sup> که مطابق با نقشه‌های زونهای دگرسانی و آنومالیهای مغناطیس‌هوایی بود، مشخص کردند. در آنجا آنومالیهای دارای رفلکتانس بزرگتری در باند ۴ و ۵ TM نسبت به گیاهان مناطق غیر کانی‌زایی شده بود.

#### ۴-۷- قابلیت‌های نرم افزار ER Mapper

با توجه به استفاده از نرم‌افزار ER Mapper در این پژوهش اشاره‌ای مختصر به قابلیت‌های آن نسبت به نرم‌افزارهای مشابه می‌شود.

پارامتر اساسی که این نرم‌افزار را از سایر نرم‌افزارها متمایز می‌کند استفاده از الگوریتم در آن می‌باشد. الگوریتم فایلی می‌باشد که کلیه مسیرهایی که در پردازش یک تصویر استفاده شده در آن گنجانده

---

1 - Rencz and Sangster (1989)

2 - Gaspé copper deposit in Quebec

شده است و با احضار آن تصویر مجدداً مورد پردازش قرار می‌گیرد و احتیاج به تغییر داده‌های اصلی نیست و به دلیل اینکه حجم کمی از حافظه کامپیوتر را اشغال می‌کند کار با آن آسان است.

از ویژه گیهای مهم دیگر این نرم افزار وجود بسته‌های آماده فیلتر، گسترش تصویر و فرمول‌های مورد نیاز در پردازش تصویر می‌باشد. همچنین این نرم افزار براساس نوع استفاده از آن در علوم مختلف طبقه‌بندی شده است که خود باعث تسریع در امر پردازش تصویر می‌شود (پیوست ۲).

## فصل پنجم

### مطالعه منطقه دگرسانی

#### ۵-۱- مقدمه

به طور کلی هرگونه تغییر در کانی‌شناسی سنگ که توسط عوامل فیزیکی شیمیایی صورت گرفته باشد دگرسانی گفته می‌شود. این پدیده می‌تواند در شرایطی از نظر فشار و دما و خصوصیات شیمیایی واقع شود که پدیده‌های دیگر مثل هوازدگی و دگرگونی با آن همراه می‌باشند. پس از مطالعه پدیده دگرسانی باید مرزی را مشخص کرد تا پدیده‌های دیگر را از آن جدا ساخت [۱].

عوامل مؤثر در دگرسانی عبارتند از: فرایندهای ناحیه‌ای مثل دگرگونی، فرایندهای تاخیری در پس ماگمایی یا آتش فشانی مرتبط با سرد شدن آنها و فرایندهای مستقیم کانی‌سازی.

برای مطالعه مناطق دگرسانی روشهای متعددی وجود دارد. یکی از روشهای استفاده از معیارهای کانی‌شناسی برای جدایش نواحی مختلف دگرسانی می‌باشد. این امر توسط مطالعات میکروسکوپی و تفرق اشعه مجهول قابل اجرا می‌باشد. روشهای دیگر مطالعه، روشهای ژئوفیزیکی مثل مقاومت سنجی، لرزه‌نگاری، مغناطیس سنجی است. چون این روشها بر پایه ویژگیهای فیزیکی محیط پایه گذاری شده‌اند و از طرفی دگرسانی در نفوذپذیری، تخلخل و سایر ویژگیهای فیزیکی سنگ می‌گذارد. می‌توان گسترش قائم انواع دگرسانی را پیش‌بینی کرد.

استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و رنگهای کاذب که در اثر استفاده از پردازشهای مختلف

تولید می‌شود، روش دیگری است که در شناسایی سریع نواحی دگرسان شده و پایه‌گذاری عملیات اکتشافی مفید است.

یکی دیگر از روشهای معمول، استفاده از خصوصیات شیمیائی مناطق دگرسان شده می‌باشد که امروزه در ژئوشیمی اکتشافی کاربرد فراوان دارد. در این روش عناصر اصلی و کمیاب جهت شناسایی رفتار عناصر در محیطهای مختلف دگرسانی آنالیز می‌شوند [۱].

با توجه به وجود نشانه‌های کانی‌سازی در منطقه دگرسانی در این فصل پس از بررسی نحوه شکل‌گیری و تمرکز طلا در این منطقه، به طرز نمونه‌برداری و مطالعه میکروسکوپی آنها اشاره می‌شود و در انتها نتایج بدست آمده از آنالیز شیمیائی نمونه‌ها ارائه می‌گردد.

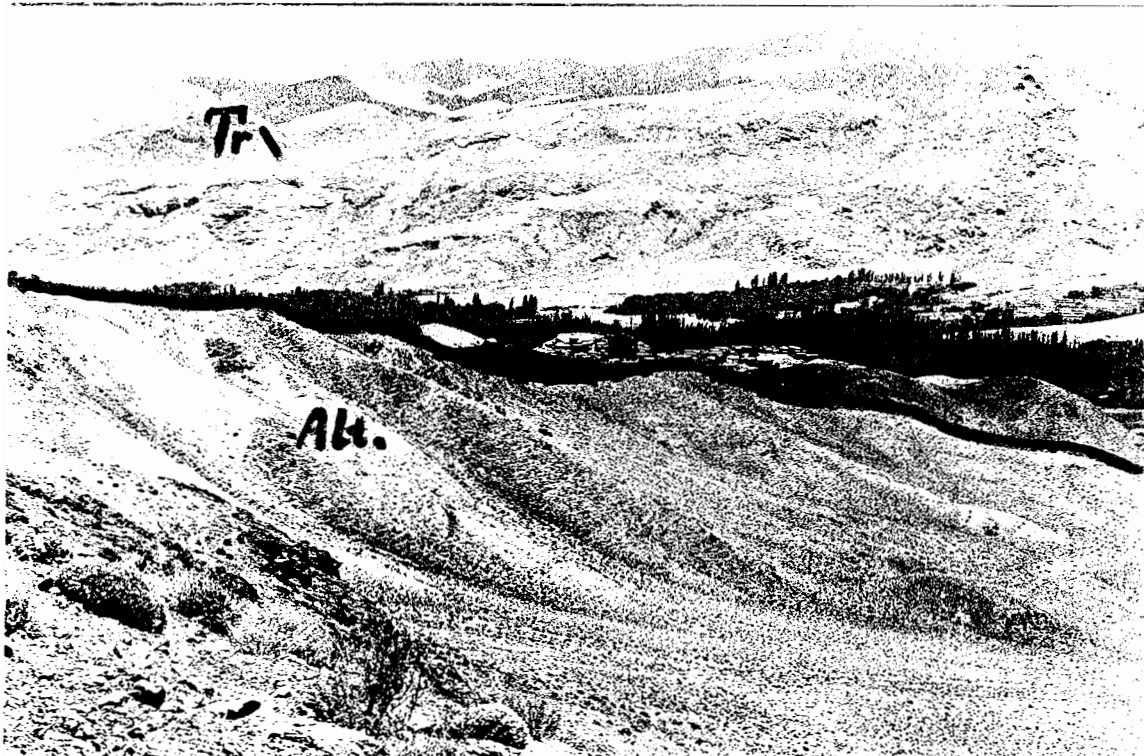
شایان ذکر است، انتخاب این منطقه با استفاده از مطالعات گزارشات قبلی در استان اصفهان، که اشاره به وجود اندیسهایی از طلا شده بود [۱۵] و پردازشهای اولیه داده‌های رقومی ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه، صورت گرفته است.

## ۲-۵- منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی‌سازی طلا

این منطقه در ۲۶ کیلومتری غرب - شمال غرب نطنز در دره ایبانه واقع گردیده و زون کانی‌سازی شده به دلیل ترانشه جاده‌ای که از برز رود به سمت ایبانه امتداد دارد آشکار شده است. در شکل (۵-۱) اپیدوتی شدن، کربناتی شدن و کانی‌سازی پیریت یا کالکوپیریت در اثر نفوذ محلولهای گرمابی به داخل رگه‌ها قابل مشاهده می‌باشد. وجود تراورتن در منطقه می‌تواند تاییدی بر گرمابی بودن فرایند کانی‌سازی در منطقه باشد، (شکل ۵-۲).



شکل ۱۵: تصویری از نفوذ رنگه‌های هیسروترمال داخل سنگ میزبان و ایجاد دگرسانی در آن واقع در تراشۀ ایجاد شده حاشیه جاده ایبانه



شکل ۲-۵: تصویری از لایه‌های سنگ تراورتن در مجاورت منطقه دگرسانی (جهت دید تصویر  $130^\circ$  Az)  
تراورتن = Tr، دگرسانی = Alt

باتوجه به کانیهای کلریت، اپیدوت، سریسیت و کلسیت در سنگهای منطقه نوع دگرسانی پروپلیتی و فلیک می‌باشد.

این منطقه در اثر نفوذ یک دایک تغذیه کننده از نوع دیوریت تا کوارتز دیوریت که در آن نیز کانی‌سازی پیریت صورت گرفته است، دگرسان شده است. در زون‌های سطحی و مناطق برشی اکسیداسیون  $FeS_2$  به وضوح تشکیل کانی‌های اکسید آهن را داده است که با رنگ قهوه‌ای جلب نظر می‌کند. واحد  $E_1$  و زیرمجموعه‌های آن شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل قرمز رنگ همراه با میان لایه‌های سنگهای آهکی و گدازه‌های داسیتی - ریوداسیتی میزبان این توده نفوذی اسیدی هستند.

بررسی‌هایی که بر روی توده‌های نفوذی اسیدی، نشان می‌دهد که نه تنها در این توده‌ها دگرسانی صورت گرفته و کانی‌های دگرسانی از آن بوجود آمده است، بلکه اغلب دارای رگه‌های نسبتاً باریک پگماتی، آپلیتی و همچنین رگه‌های کوارتز و سولفورهای مختلف هستند که در داخل توده‌های آذرین و حاشیه آن ظاهر می‌شود. به علاوه بررسی‌های زمین‌شناسی و فابریک سنگ‌ها نشان می‌دهد که همه این رگه‌ها در نتیجه فرایند ماگمایی و در مراحل آخر تبلور آن از سیال‌های متفاوتی بوجود آمده‌اند. خاستگاه و ترکیب متفاوت این سیال‌ها با رسیدن ماگما به نقطه جوش قهقرایی و توزیع سازندهای ماگما بین فازهای جامد، مایع و گازی قابل توجه و تفسیر است [۶].

مهمترین عامل کنترل کننده کانسنگ، گسل‌های منطقه می‌باشد که با ایجاد یک منطقه برشی شرایط مناسب برای کانی‌سازی را مهیا نموده است. از عوامل کنترل کننده دیگر می‌توان به شکافها، شکستگی‌ها، فضا‌های خالی، تخلخل سنگها و سنگ میزبان مناسب اشاره کرد، (شکل‌های ۵-۳ و ۵-۴).





شکل ۳-۵: تصویری از گسلهای اصلی در منطقه دگرسانی (جهت دید تصویر  $Az 00^\circ$  و جهت گسل  $70^\circ Az$ )  
 F = گسل



شکل ۴-۵: تصویری از سه دسته شکستگی که تقریباً منطبق با جهت گسلها در منطقه دگرسانی می باشد.  
 (جهت دید تصویر به سمت جنوب)

### ۳-۵- برداشت صحرائی و نمونه برداری

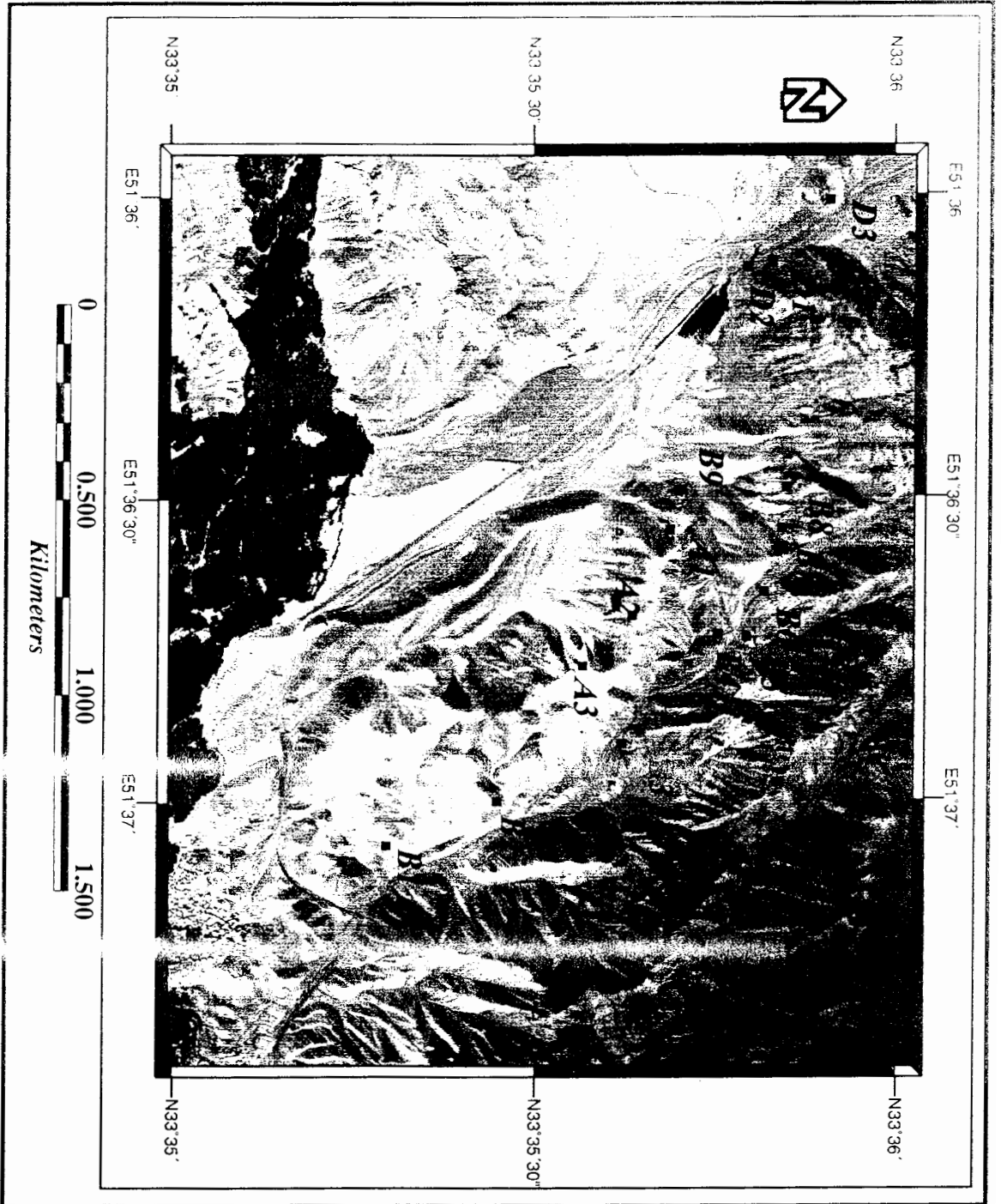
برای دستیابی به بعضی از مشخصات یک کانسار و کسب اطلاعات لازم از درجه تغییر پذیری آن بایستی از بخشهای مختلف آن نمونه برداری کرد. در این حالت نمونه‌های برداشت شده باید تا حد ممکن معرف توده کانسار باشند.

در راستای شناسائی نقاط غیر عادی از نظر زمین شناسی منطقه جهت بررسی‌های بیشتر، مطالعات سنگ درون گیر مد نظر قرار گرفت. در این مرحله برای تعیین هاله‌های سطحی عناصر مختلف در محدوده و در نهایت موقعیت تقریبی سطح فرسایش کانی سازی اولیه نسبت به سطح فرسایش فعلی ناحیه، اقدام به نمونه برداری از سنگ بستر شد.

روش برداشت نمونه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

در هر یک از ایستگاههای نمونه برداری مشخصات عمومی و زمین شناسی و کانی شناسی محل نمونه برداری به همراه شماره نمونه‌ها در دفترچه مربوط ثبت گردید. نمونه‌ها در کیسه‌های نایلونی ضخیم و بدون آلودگی به همراه شماره آنها قرار داده شد. با تعیین محل نمونه برداری روی زمین با استفاده از دستگاه (GPS) مختصات جغرافیایی و اختلاف ارتفاع از سطح دریا نیز ثبت گردید.

شکل (۵-۵) موقعیت نقاط نمونه برداری را بر روی عکس هوایی تصحیح شده را نشان می‌دهد.



شکل ۰-۰: موقعیت نقاط نمونه برداری بر روی عکس هوایی تصحیح شده

## ۵-۴- مطالعات میکروسکوپی نمونه‌ها

بدلیل اهمیت بخش دگرسانی شده در کانی‌زایی طلا و به منظور شناخت بیشتر از وضعیت سنگ شناسی و کانی‌شناسی محدوده مورد مطالعه اقدام به تهیه تیغه‌های نازک و مقاطع صیقلی از نمونه‌های موجود گردید و مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفت که شرح نتیجه این مطالعات به قرار زیر می‌باشد.

### ۵-۴-۱- تیغه‌های نازک

تعداد ۱۲ تیغه نازک از نمونه‌های سنگی تهیه شده که در زیر مطالعات مربوط به آن ارائه گردیده است.

#### - تیغه شماره A1

یک سنگ برشی (بیشتر قطعات خردشده) با جورشدگی ضعیف می‌باشد که کوارتزها اکثراً زاویه دارند و سیمان بین آنها دارای آثاری از اپیدوت و کلریت می‌باشد. در کنار کوارتز قطعاتی اوبسک که احتمالاً مانیتیت و اکسید آهن می‌باشد وجود دارد. با توجه به نوع سیمان به نظر می‌آید که سنگ آذرین اسیدی تخریبی، باشد. در بعضی از قسمت‌ها آثاری از چرت نیز مشاهده می‌شود. نام سنگ فیلارنیت است، (شکل ۵-۶).

#### - تیغه شماره A2

سنگ سیلیسی با دانه‌های متراکم مانیتیت، سنگ سیلیسی با سیمان مواد آلی کربناته و کانیهای رسی می‌باشد، (شکل ۵-۷).

### - تیغه شماره B1

کانیهای پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلریت تبدیل شده‌اند (پدیده سوسوریتی شدن) و به همین دلیل ماکل پلی سنتیک آنها بخوبی قابل مشاهده نمی‌باشد. این مقطع حاوی ترمولیت اکتینولیت (آمفیبول) می‌باشد که در اکثر جاها به کلریت تبدیل شده‌اند. این سنگ کلاً یک سنگ تجزیه شده‌ای است که دارای کانسار می‌باشد. اثر تجزیه کانیها فو مانیزیم تشکیل شده‌اند. در بین کانیها بلورهای ریز کوارتز تشکیل شده‌اند که احتمالاً در اثر بلور مجدد بوجود آمده و ترکیب این سنگ را به‌سورت یک سنگ کوارتز دار معرفی می‌کند. به نظر می‌آید ترکیب این سنگ یک دیوریت تا کوارتز دیوریت باشد، (شکل ۵-۸).

### - تیغه شماره B2

ترکیب این مقطع مشابه مقطع B1 می‌باشد، با این تفاوت که بلورها درشت‌تر شده و میزان تجزیه شده‌گی کمتر شده است. نام مقطع کوارتز دیوریت تا اپی دیوریت می‌باشد، (شکل ۵-۹).

### - تیغه شماره B3

یک سنگ کربناته که در حد اسپاریت متبلور شده و حاوی پوسته و صدفهای فسیل می‌باشد و نام آن کلسیت با آثار ارگانیکی می‌باشد. فسیلهای این مقطع (*Aselina sp.*) و (*Discocyclina sp.*) می‌باشند و تمامی آنها متبلور شده‌اند که خود گویای شرایط گرمابی منطقه می‌باشد. بنابراین زمان تشکیل این سنگ را می‌توان به ائوسن نسبت داد، در صورتیکه در نقشه‌های زمین‌شناسی قبل این قسمت زمان ژوراسیک معرفی شده بود، (شکل ۵-۱۰).

#### - تیغه شماره B4

سنگ آذرین بیرونی که فنو کریست‌های آن ساندین و پلاژیو کلاز حد واسط می‌باشد. خمیره ساندین و پلاژیو کلاز در بافت جریان‌ی (تراکیت) و شیشه‌های ولکانیک قرار گرفته است، (شکل ۵-۱۱).

#### - تیغه شماره B5

سنگ آذرین بیرونی می‌باشد. فنو کریست‌های آن کوارتز با خرده‌گی خلیجی و اورتو کلاز سرسیتی شده می‌باشد. پلاژیو کلازها نوع اسیدی می‌باشد. دارای کلریت که احتمالاً ناشی از تجزیه شدگی آمفیبول است. خمیره آن بلورهای کوارتز، اورتو کلاز، پاراژیو کلاز، کلریت و شیشه می‌باشد. نام سنگ ریولیت تا ریوداسیت می‌باشد، (شکل‌های ۵-۱۲ و ۵-۱۳).

#### - تیغه شماره B6

این مقطع یک ماسه سنگ حاوی دانه‌های کوارتز خرد و برشی شده می‌باشد و سیمان آن اکثراً کربناته است نام سنگ کالک آرنیت (ماسه سنگ کربناته) می‌باشد، (شکل ۵-۱۴).

#### - تیغه شماره B9

ترکیب مشابه مقطع A1 با این تفاوت که سنگ از یک تراکم نسبی برخوردار است. دارای بافت یکنواخت از ترکیبات کوارتز و کانیهای تجزیه شده اپیدوت کربناته، کلریت و دانه‌های درشت‌تری از کوارتز که بصورت پراکنده تشکیل شده‌اند این سنگ همچنین دارای حفراتی است که بوسیله کلسیت و کلریت پر شده است. نام سنگ فیلارنیت بسیار ریزدانه می‌باشد، (شکل ۵-۱۵).

## - تیغه شماره D1

سنگ آذرین حاوی کانیهای پلاژیوکلاز حد واسط که به اپیدوت و کلریت تبدیل شده (پدیده سوسوریتی شدن) و آمفیبولهای کلریتی شده می باشد. در این مقطع نیز کانسار ایجاد شده است. نام سنگ دیوریت تا کوارتز دیوریت می باشد، (شکل ۵-۱۶).

## - تیغه شماره D2

این مقطع مشابه مقطع B4 می باشد، با این تفاوت که بلورهای تراکیت دشت تر می باشد، (شکل ۵-۱۷).

## ۵-۴-۲- مقاطع صیقلی

به منظور تعیین نوع کانیهای کدر موجود در سنگهای منطقه و بخش های کانی سازی از میان نمونه هایی که در مطالعه تیغه های نازک در آنها کانی اوپاک وجود داشت تعدادی مقطع صیقلی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت .

نتیجه این مطالعه وجود کانی های هماتیت، مانیتیت و پیریت در اکثر مقاطع بود.

## ۵-۴-۳- نتیجه گیری

بر اساس مطالعات حاصل از تیغه های نازک، سنگهای منطقه عموماً عبارتند از:

۱- توده نفوذی گرانیتوئیدی که طیف وسیعی از سنگهای دیوریت تا کوارتز دیوریت می باشند.

۲- سنگهای خروجی منطقه اعم از آتشفشانی یا آذر آواری عبارتند از: تراکیت تا تراکی

آندزیت و ریولیت تا ریوداسیت می باشد.

۳- سنگهای رسوبی شامل آهک و ماسه سنگ که مربوط به زمان ائوسن می باشند.

از مطالعه تیغه‌های نازک چنین نتیجه می‌شود که کانی کوارتز عمدتاً در سنگهای منطقه تا حد زیادی وجود داشته و در بعضی بخش‌ها همراه کانی ثانویه سیلیسی می‌باشد، که همراه کانیهای دگرسانی نظیر سریسیت، کلریت و اکسیدهای آهن می‌باشد.

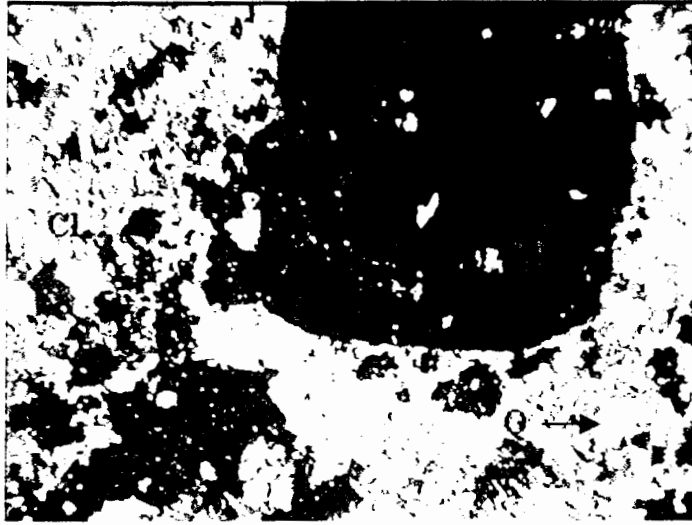
بطور کلی با بررسی تیغه‌های نازک دگرسانی‌های کلریتی (پروپلیتی) و سیلیسی، سریسیتی، و پیریتی (فیلیک) دیده شده است.

بر اساس مشاهدات و مطالعات حاصل از مقاطع صیقلی، عمده‌ترین کانی کدر موجود، پیریت، هماتیت و مانیتیت می‌باشد و احتمالاً بخش اعظم طلای موجود بصورت ذرات ریز در زمینه پیریت وجود داشته باشد.

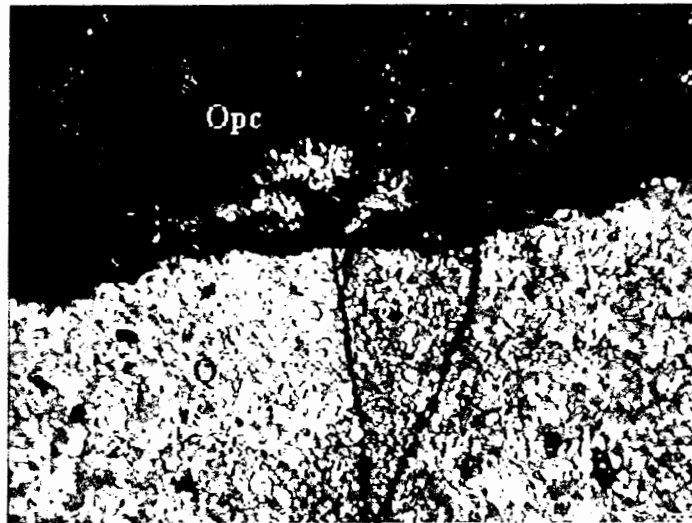
علائم اختصاری که در تصاویر صفحه‌های بعدی آمده است:

<b>Plg</b>	پلاژیوکلاز	<b>Qz</b>	کوارتز
<b>Sa</b>	سانیدین	<b>Cl</b>	کلریت
<b>Am</b>	آمفیبول	<b>Ep</b>	اپیدوت
<b>Opc</b>	کانیهای اوپاک	<b>Ca</b>	کلسیت

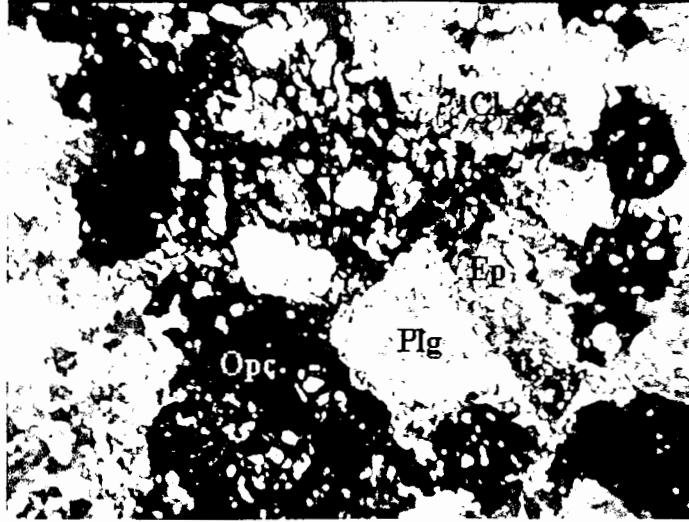




شكل ٦-٥: تبيغة نازك A1



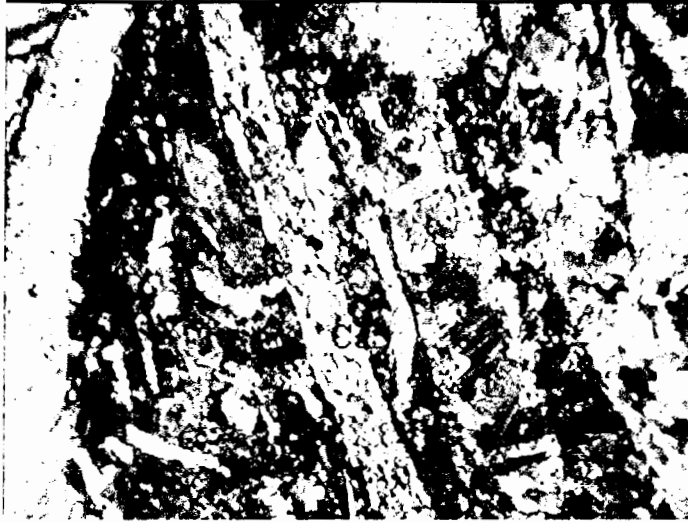
شكل ٧-٥: تبيغة نازك A2



شكل ٨-٥: تبيغۀ نازك B1



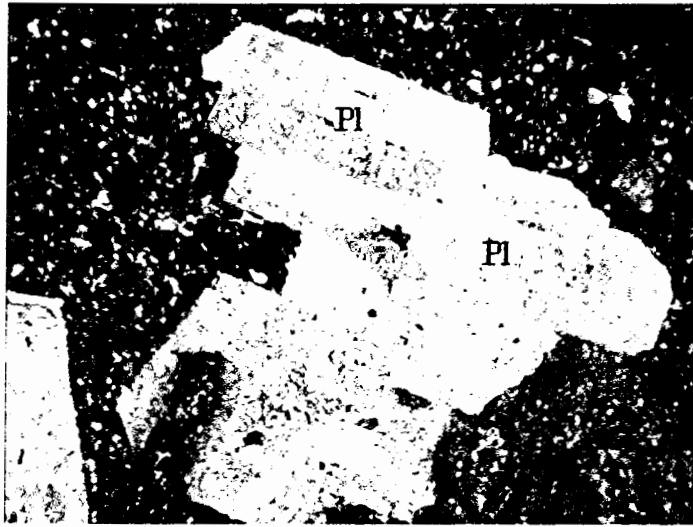
شكل ٩-٥: تبيغۀ نازك B2



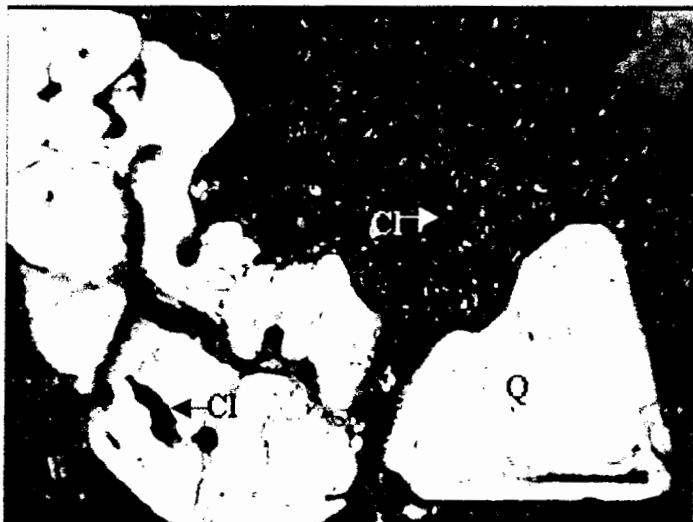
شكل ١٠-٥: تيفه نازك B3



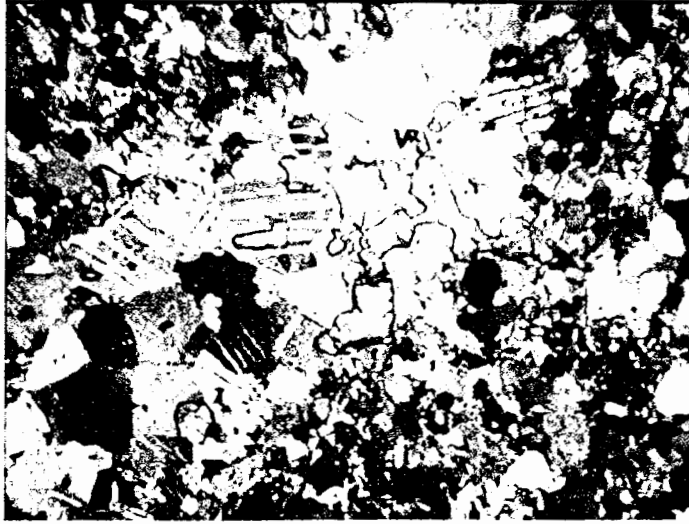
شكل ١١-٥: تيفه نازك B4



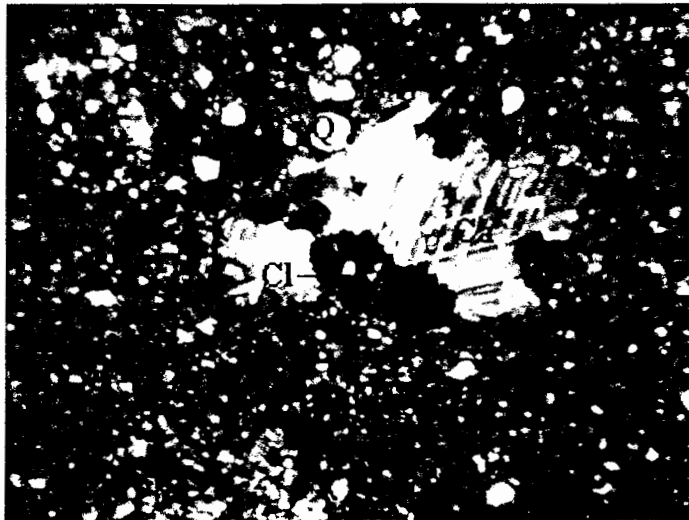
شکل ۱۲-۵ تیغه نازک: B5



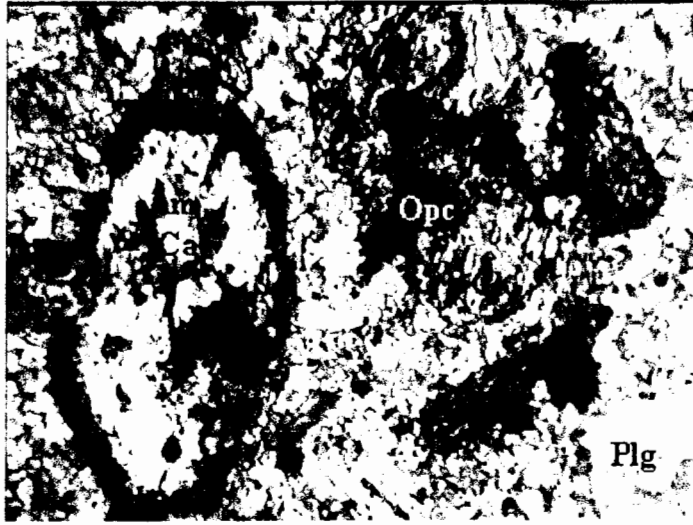
شکل ۱۳-۵ : تیغه نازک B5



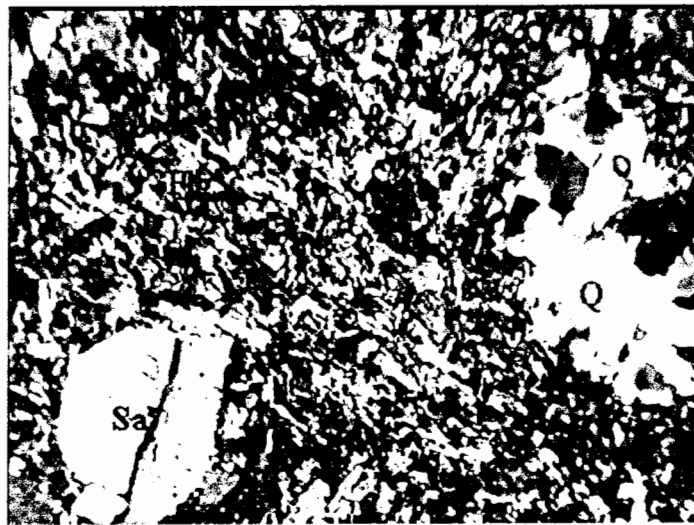
شكل ٥-١٤ : تيغه نازك B6



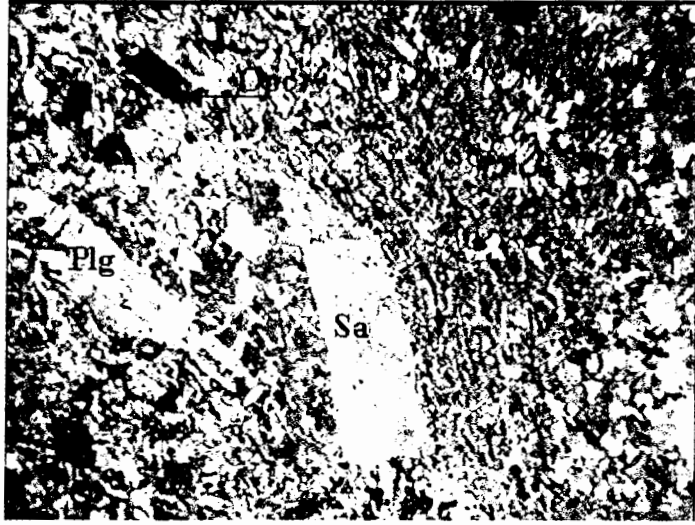
شكل ٥-١٥ : تيغه نازك B9



شكل ١٦-٥ : تبيغة نازك D1



شكل ١٧-٥ : تبيغة نازك D2



شكل ١٨-٥ : تبيغة نازك D3

## ۵-۵- آنالیز شیمیائی نمونه‌ها

پس از برداشت نمونه‌های ژئوشیمیائی با توجه به مطالعات میکروسکوپی آنها تعداد ۶ نمونه که آثار کانی‌سازی در آنها مشاهده شده بود انتخاب گردید. نمونه‌های منتخب جهت تعیین میزان طلا و عناصر همیافت آنها بعد از اجرای عملیات آماده‌سازی به آزمایشگاه ارسال گردید. لازم به ذکر است ۲ نمونه از سنگ‌های منطقه که سابقاً از آن آنالیز به عمل آمده بود نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

## ۵-۵-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

پس از برداشت نمونه‌ها، جهت ارسال به آزمایشگاه عملیات آماده‌سازی بر روی آنها صورت گرفته است.

نمونه‌های برداشت شده از رخنمون‌های سنگی نیاز به خرد کردن و پودر کردن دارند. ابتدا کل قطعات سنگی مربوط به هر نقطه از پروفیل نمونه‌برداری (نمونه)، توسط سنگ شکن فکی تا حدود ۲-۱ سانتی متر خرد شده‌اند، سپس جهت تقسیم نمونه تقسیم‌کننده شانه‌ای در دو مرحله استفاده شده است. زیر نمونه‌ای که از هر نمونه سنگ بستر به دست می‌آید را به وسیله دستگاه پودر کننده آزمایشگاهی، تا زیر ۷۰ مش رسازنده و سپس با التیام دو مرحله تقسیم‌کننده در شانه‌ای حدود ۳۰۰ گزین رسازنده رسید.



### ۵-۴-۳- نتایج آنالیز شیمیایی

به منظور تعیین میزان طلا در نمونه‌های منتخب در مرکز تحقیقات و تولید سوخت اصفهان (انرژی اتمی اصفهان)، نمونه‌های ارسالی با روش فعال سازی نوترونی (NAA) مورد آنالیز قرار گرفت. جدول ۱-۵ نتایج این آنالیز را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۵ نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها به روش NAA

شماره نمونه	غلظت ppb	خطا
۱	۱۵	۳
۲	۳۰	۸
۳	<۲۶	---
۴	<۲۳	---
۵	<۲۴	---
۶	۴	---
۷	۱۵۰	---
* ۸	---	---

\* اندازه‌گیری طلا در این نمونه به علت بالا بودن مقدار انتیموان (1.25%) به روش (NAA) مقدور نبوده ولی بالا بودن مقدار نقره به میزان (0.25%) قابل توجه می‌باشد (پیوست ۱-۲).

همانطور که در جدول مشخص می‌باشد نمونه شماره ۷ با داشتن طلا به میزان (0.15ppm) حائز اهمیت می‌باشد و از سایر نمونه‌ها متمایز می‌باشد. دلیل این امر نمونه‌برداری انتخابی از درون رگه‌های هیدروترمال در مورد این نمونه بوده ولی نمونه‌های دیگر بصورت تصادفی از سنگهای فراگیر در منطقه برداشت شده است، (پیوست ۱-۱).

## فصل ششم

### پردازش داده‌های

### رقومی ماهواره‌ای منطقه

#### ۶-۱- مقدمه

در این فصل داده‌های رقومی ماهواره‌ای منطقه پس از اعمال تصحیحات لازم با توجه به دید کلی که از مطالعات قبلی انجام شده در این منطقه بدست آمده بود، مورد پردازش‌های اولیه قرار گرفته و موقعیت منطقه دگرسانی که در ارتباط با کانی‌سازی طلا بوده مشخص شده است.

بعد از این مرحله، با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی‌های زمین‌شناسی و آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، با انجام پردازش‌های تفصیلی داده‌ها رقومی، منطقه دگرسانی از سایر مناطق تفکیک شده و با توجه به نقش گسلها در کانی‌سازی، مطالعه ساختاری بعمل آمده است.

در نهایت با تلفیق کلیه مطالعات انجام شده در این پژوهش و بکارگیری تکنیکهای سنجش از دور نقشه زمین‌شناسی محدوده اطراف منطقه دگرسانی در مقیاس (۱/۲۰۰۰۰) تهیه گردیده است.

#### ۶-۲- داده‌های مورد استفاده

داده‌های سنجش از دور مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های هفت باند *TM* لندست پنج بوده که بخشی از داده‌های با شماره گذر و ردیف ۱۶۷-۳۷ را شامل می‌شوند. این داده‌ها بخش اعظم منطقه دره ایبانه را پوشش می‌دهند.

در این بررسی، با استفاده از نرم‌افزار ER Mapper 6.1 محدوده مورد مطالعه (منطقه دره ایبانه) از کل داده‌ها جدا گردید و سپس این داده‌های مورد پردازش قرار گرفتند. علاوه بر این به منظور شناخت بیشتر از وضعیت زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و تلفیق با داده‌های رقومی عکسهای هوایی منطقه در مقیاسهای ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۰۰۰۰ پس از اسکن کردن و پردازش، مورد استفاده قرار گرفتند.

### ۶-۳- همبستگی بین داده‌های طیفی در محدوده مورد مطالعه

برای محاسبه همبستگی بین تصاویر باندهای مختلف، ضرایب همبستگی برای دو به دو باندهای مختلف (باند ۶ در نظر گرفته نمی‌شود، چرا که مربوط به طول موجهای حرارتی است) محاسبه شده و در نتیجه ماتریس همبستگی به صورت جدول (۶-۱) بدست آمده است.

جدول ۶-۱: ماتریس همبستگی باندهای TM در محدوده مورد مطالعه

باند	B1	B2	B3	B4	B5	B7
B1	۱,۰۰۰	۰,۹۶۹	۰,۹۳۷	۰,۶۹۷	۰,۷۹۳	۰,۸۴۱
B2	۰,۹۶۹	۱,۰۰۰	۰,۹۸۳	۰,۷۷۹	۰,۸۸۶	۰,۹۸۲
B3	۰,۹۳۷	۰,۹۸۳	۱,۰۰۰	۰,۷۸۱	۰,۹۱۷	۰,۹۴۵
B4	۰,۶۹۷	۰,۷۷۹	۰,۷۸۱	۱,۰۰۰	۰,۸۴۹	۰,۷۸۴
B5	۰,۷۹۳	۰,۸۸۶	۰,۹۱۷	۰,۸۴۹	۱,۰۰۰	۰,۹۷۷
B7	۰,۸۴۱	۰,۹۸۲	۰,۹۴۵	۰,۷۸۴	۰,۹۷۷	۱,۰۰۰

چنانچه در این ماتریس مشخص است همبستگی بین باندهای مختلف یا به عبارت دیگر بین تصاویر باندهای مختلف در محدوده مورد مطالعه بالا است. به همین دلیل تصاویر باندهای مختلف در نمایش کلی سازندهای منطقه روند تقریباً یکسانی را به نمایش می گذارند. کمترین همبستگی مربوط به باندهای ۱ و ۴ می شود که ۰/۶۹۷ می باشد.

یکی از اهداف تشکیل ماتریس همبستگی بین باندها تعیین کردن باندهایی است که روند مخالفی در نمایش سازندهای منطقه دارند، یعنی باندهایی که ضریب همبستگی دو به دو آنها پائین باشد، که از آنها می توان در ساخت ترکیب های رنگی و نسبت های مختلف در واضح سازی سازندهای مختلف استفاده کرد.

#### ۶-۴- پردازش داده ها

در این مطالعه نیز پس از تصحیح هندسی تصویر بارزسازیهای مختلفی جهت شناسایی ساختارها و لیتولوژی های مختلف صورت گرفته است. در اینجا جهت آشنایی با روشهای بکار رفته اختصاراً به شرح برخی از این روشها پرداخته می شود.

#### ۶-۴-۱- تصحیح هندسی

تصاویر سنجش از دور نقشه نیستند و خصوصیات نقشه را هم ندارند. اطلاعات سنجش از دور غالباً در قالب نقشه و یا مشترکاً و به همراه نقشه در سیستم اطلاعات جغرافیایی به کار می روند. به نحوه تغییر و تبدیل یک تصویر سنجش از دور به صورتی که دارای مقیاس و سیستم تصویر بشود تصحیحات هندسی

گفته می‌شود. به روشی مشابه، تصحیحات هندسی که عمل آن تطبیق و یکسان‌سازی سیستم مختصات

تصویر به نقشه و یا تصویر دیگری را به عهده دارد تطبیق‌سازی<sup>۱</sup> گفته می‌شود [۲۳].

مهمترین منابع خطای هندسی تصاویر لندست شامل:

(۱) خطای تجهیزات (۲) خطای پانوراماتیک (۳) گردش زمین و (۴) عدم ثبات سکوها می‌باشند.

فرآیند تصحیحات هندسی را می‌توان متشکل از موارد زیر دانست:

(۱) تعیین رابطه بین سیستم مختصات و نقشه و تصویر و یا تصویر و تصویر که تطبیق‌سازی اطلاق

می‌شود.

(۲) مجموعه‌ای از نقاط به عنوان مراکز پیکسلها در تصویر اولیه انتخاب می‌شود.

(۳) تخمین ارزش عددی که باید به نقاط انتخاب شده به عنوان مرکز پیکسل اختصاص داد [۲۳].

جهت تصحیح هندسی داده‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ مختصات

نقاط کنترل زمینی تعیین گردیده و با ورود داده‌ها عملیات زمین مرجع انجام گرفته است.

جهت تصحیح تصاویر عکسهای هوایی اسکن شده، با استفاده از مقایسه آنها با تصویر رقومی

تصحیح شده منطقه نقاط کنترلی روی هر دو تصویر که دارای مناظر مشترک بود مشخص شده و با ورود

داده‌ها عملیات زمین مرجع صورت گرفته است.

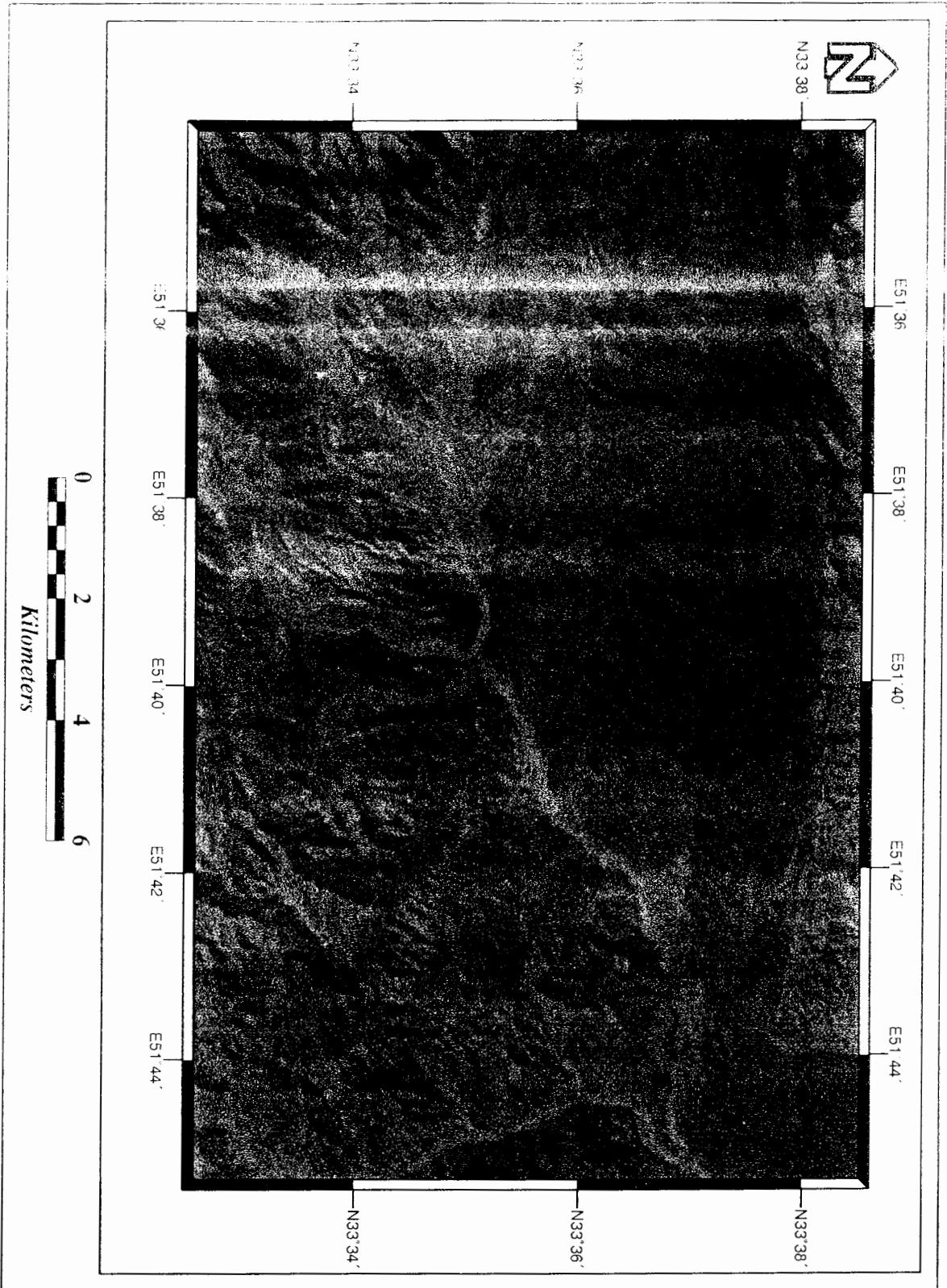
## ۶-۴-۲- تصحیح توپوگرافی

از جمله عوامل پارازیتی در تصاویر اثر توپوگرافی می‌باشد، که باعث ایجاد سایه شده و به همین خاطر بخش‌هایی که در هنگام اندازه‌گیری ماهواره‌ای سایه‌دار بوده‌اند در تصاویر بصورت تاریک‌تر دیده می‌شوند و ممکن است باعث ایجاد اشتباه در تشخیص جنس سنگ‌ها شوند، ولی خوشبختانه روند این پارازیتها برای تمام باندها یکسان می‌باشد.

برای تصحیح نسبت سایه به شیب که عامل ایجاد آن توپوگرافی می‌باشد از نسبت‌گیری طیفی استفاده می‌شود. برای این منظور تمام تصاویر بر تصویر باند ششم تقسیم شده‌اند. اکنون تصاویر بدست آمده تصاویر نرمال شده می‌باشند. با مشاهده تصاویر حاصل شده و با مقایسه با تصاویر نظیر قبلی مشاهده می‌شود که بخش‌هایی که بخاطر سایه تاریک شده بودند اکنون روشن‌تر شده و تصاویر یکنواخت‌تر شده‌اند [۲۳].

شکل ۶-۱ تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه حاصل ترکیب باندهای ۴، ۵ و ۱ (RGB=541)

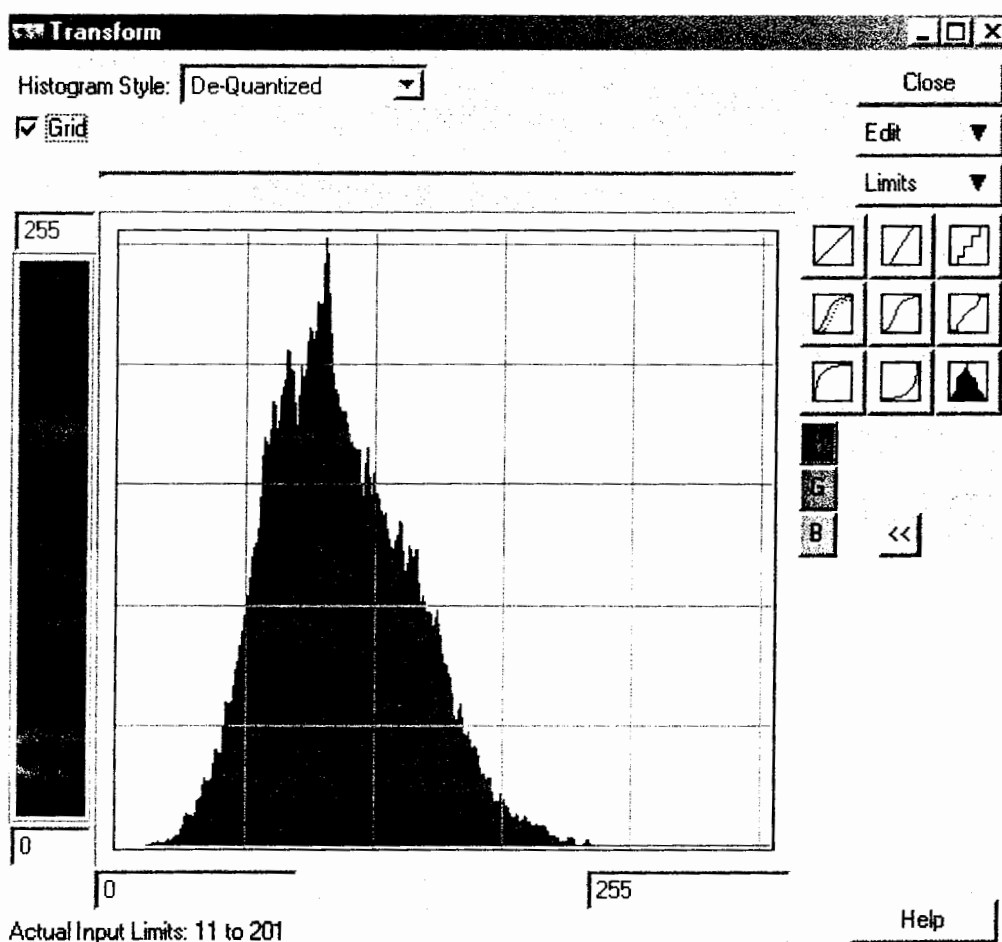
ماهواره لندست پنج را بعد از انجام تصحیح هندسی نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه حاصل از ترکیب باندهای ۵۴۱ (RGB 541) ماهواره لندست پنجم مدار قطب جنوبی

## ۶-۴-۳- تهیه تصاویر گسترش یافته<sup>۱</sup>

با بررسی هیستوگرام ارزش عددی پیکسلهای تصویر منطقه مشاهده شد که دامنه پوشش ارزش های عددی پیکسلها کمتر از دامنه عددی هشت بیتی<sup>۲</sup> یعنی ۰ - ۲۵۵ می باشد، (شکل ۶-۲). به همین دلیل تصویر بصورت تیره و درهم دیده می شود و فاقد تباين<sup>۳</sup> کافی می باشد. یک روش جهت افزایش تباين و واضح سازی تصویر گسترش دامنه ارزش عددی پیکسلهای تصویر می باشد. در این صورت تصویر بدست آمده دارای تباين و قابلیت تفکیکی بیش از حالت اولیه می گردد.



شکل ۶-۲: هیستوگرام ارزش عددی پیکسلهای تصویر منطقه

- 1 - Stretched
- 2 - Bit
- 3 - Contrast



روشهای متداول گسترش تصاویر از قرار زیر می‌باشند:

#### الف- گسترش خطی<sup>۱</sup>

در یک حالت ساده روش بسط خطی شامل فاصله حداقل تا حداکثر ارزش عددی پیکسل‌های یک تصویر به تمامی مقیاس و دامنه یک دستگاه نمایشی است. معمولاً ۲۵۵ - ۰ دامنه تصاویر قابل نمایش در یک دستگاه هشت بیتی به شمار می‌آید. با بسط خطی تصاویر ارزش‌های عددی پیکسل‌ها به صورتی گسترش می‌یابد که حداقل نمره عددی پیکسل به صفر و حداکثر آن به ۲۵۵ می‌رسد. نمرات حد واسط بین نمره حداقل و حداکثر در موقعیت نسبی خود و در حد ۲۵۵ - ۰ پراکنده می‌شوند. بنابراین ارزش عددی مقدار میانه به مقدار عددی ۱۲۷ تغییر می‌یابد. یک روش منطقی ساده به این صورت است که با تعداد واقعی پیکسل‌ها در تصویر خام که تعداد آنها معادل تفاضل حداکثر ارزش عددی و حداقل آن منهای یک است، در نظر گرفته شود، در حالی که خروجی ارزش‌های عددی حد واسط حداقل و حداکثر به صورت خطی در مقیاس ۲۵۵ - ۰ مرتب می‌شوند [۲۳].

#### ب- گسترش از طریق یکنواخت سازی هیستوگرام<sup>۲</sup>

اساس و اصول این روش به این صورت است که هر کدام از طبقات هیستوگرام تصویر در مقیاس ۲۵۵ - ۰ باید تعداد پیکسل‌های مساوی داشته باشد. بنابراین هیستوگرام ارزش‌های عددی نمایش داده شده تقریباً هماهنگ خواهد بود [۲۳].

---

1 - Linear stretching  
2 - Histogram equalization

ج- گسترش از طریق بسط گاوسی (نرمال)

در این روش هیستوگرام خام همساز با هیستوگرام گاوسی (نرمال) می‌شود و در حقیقت ارزش‌های عدی پیکسل‌های هیستوگرام تصویر خام به شکل هیستوگرام نرمال برآزش می‌شود.

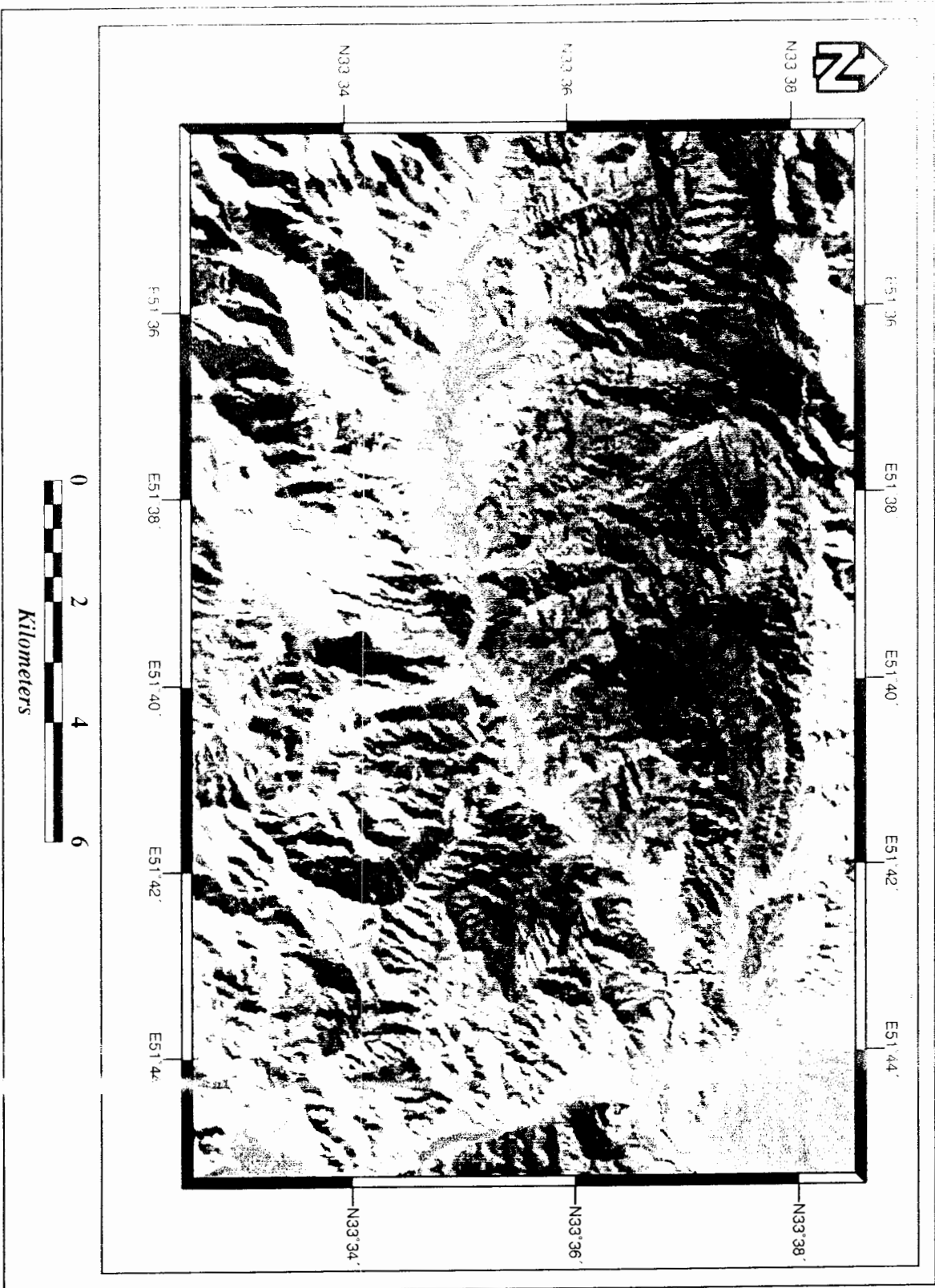
در منطقه مورد مطالعه برای واضح سازی و افزایش تباین دو روش گسترش خطی تصاویر و یکنواخت سازی هیستوگرام مناسبترین نوع گسترش می‌باشند. لازم به ذکر است با مشاهده تصاویر گسترش یافته افزایش تباین نسبت به حالت اولیه بسیار قابل ملاحظه می‌باشد و از این تصاویر جهت پردازش‌های بعدی استفاده می‌شود. شکل ۶-۳ تصویر رقومی محدوده مورد مطالعه را بعد از گسترش نشان می‌دهد.

## ۶-۴-۴- فیلتره کردن<sup>۱</sup>

فیلتره کردن تصویر در حقیقت یکی از روشهای افزایش تباین می باشد که در آن ارزش هر جزء تصویری با توجه به ارزش جزءهای تصویری مجاور تغییر می کند و بدین ترتیب پدیده‌های خاصی از تصویر نمایان تر یا پنهان تر می گردد. فیلتره کردن تصاویر رقومی معمولاً با عمل پیچش<sup>۲</sup> توسط یک ماتریس که جعبه فیلتر<sup>۳</sup> نامیده می شود، صورت می پذیرد. جعبه فیلتر معمولاً ماتریسی است به ابعاد  $(2M+1)$  سطر و  $(2N+1)$  ستون یعنی تعداد سطرها و ستونها عدد فرد می باشند و همیشه یک سلول در مرکز ماتریس قرار می گیرد. هر سلول این ماتریس دارای ارزش خاصی بوده که با  $C(k,1)$  بیان می شود.

---

1 - Filtering  
2 - Convolution  
3 - Box filter



شکل ۳-۹: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه با ترکیب (RGB=541) بعد از گسترش از نوع (Histogram Equalize)

اگر تصویر ورودی را به صورت  $P(i, j)$  نشان دهیم به طوریکه  $(P)$  معرف ارزش عددی هر جزء تصویر باشد می توان تصویر خروجی بعد از اعمال فیلتر را از رابطه ذیل به دست آورد:

$$O(i, j) = \sum_{k=-m}^M \sum_{l=-N}^N P(i+k, j+l) C(k+M+1, l+N+1) \quad (1-6)$$

فیلترها انواع مختلفی داشته و با توجه به اهداف مختلف از آنها استفاده می گردد. در این مطالعه نیز از فیلترهای مختلفی از جمله فیلترهای بالا گذر<sup>۱</sup> پائین گذر<sup>۲</sup> و جهت دار زاویه تابش خورشید<sup>۳</sup> استفاده شده است [۱۴].

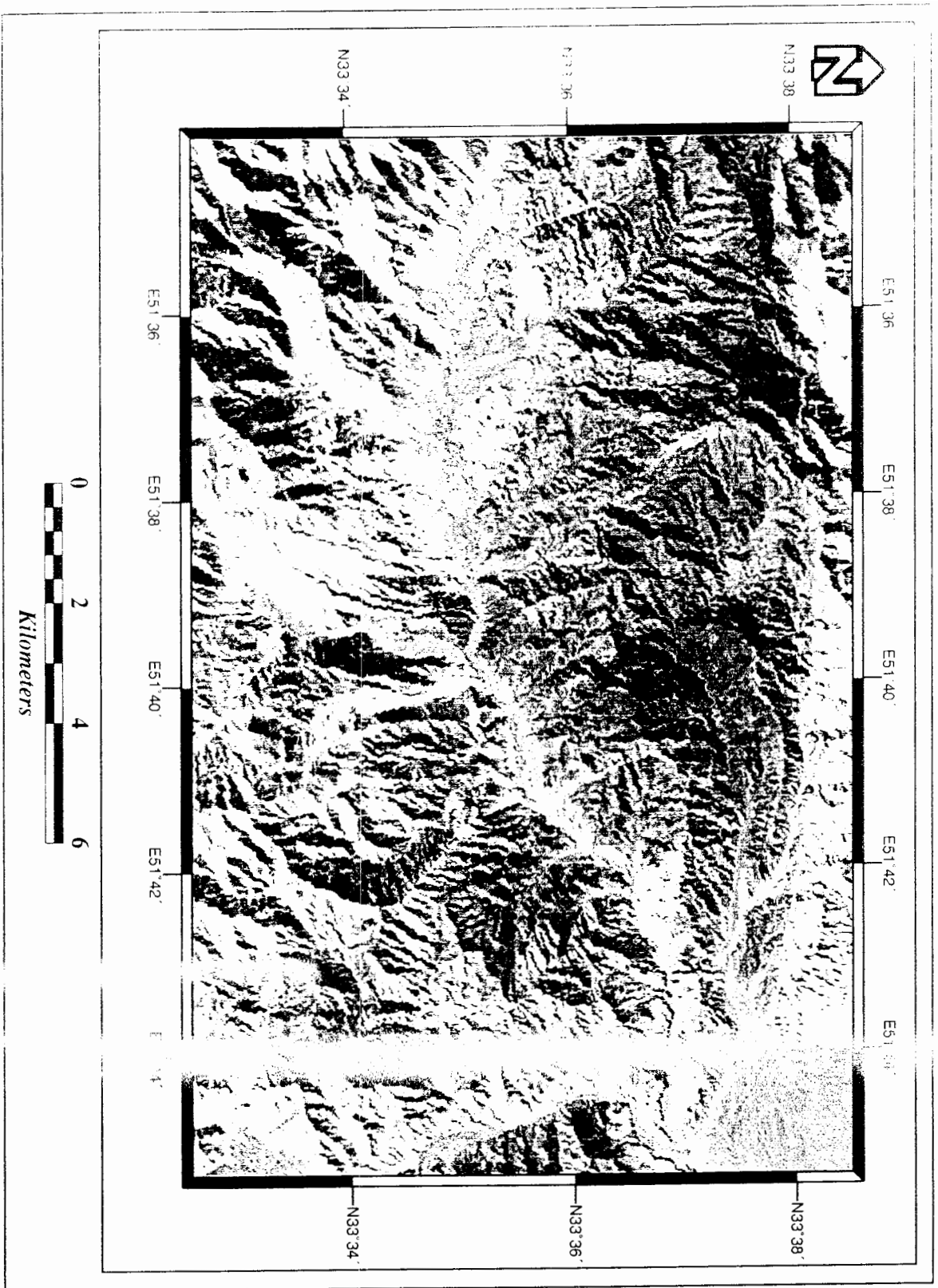
فیلترهای بالا گذر فراوانیها یا فرکانسهای مکانی بالا را بارزتر کرده و در نتیجه وضوح تصویر را بیشتر و لبه ها را بهتر آشکار می کنند. این فیلترها باعث تقارن ارزشهای طیفی نسبت به ارزش صفر نیز می گردند. شکل (۶-۴) تصویری بعد از تاثیر یک نوع از این فیلترها یعنی فیلتر نوع (Sharpen2 3×3) را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود بعد از اعمال این فیلتر لبه ها کاملاً بارز شده اند.

فیلترهای گذر پائین نیز فراوانیها یا فرکانسهای مکانی کم را بارزتر کرده و باعث یکنواختی و همواری تصویر می گردند. از این فیلترها غالباً برای پردازش تصویری که دارای بزرگنمایی های زیاد بودند استفاده شده است.

فیلترهای جهت دار نیز فیلترهای بالا گذر یا پائین گذاری هستند که فراوانی های مکانی معینی را در راستای خاص بارزتر می کنند. از این فیلترها خصوصاً از انواع زاویه تابش خورشید در جهت شمال شرق و جنوب غرب برای شناسائی گسله های منطقه استفاده زیادی شده است.

---

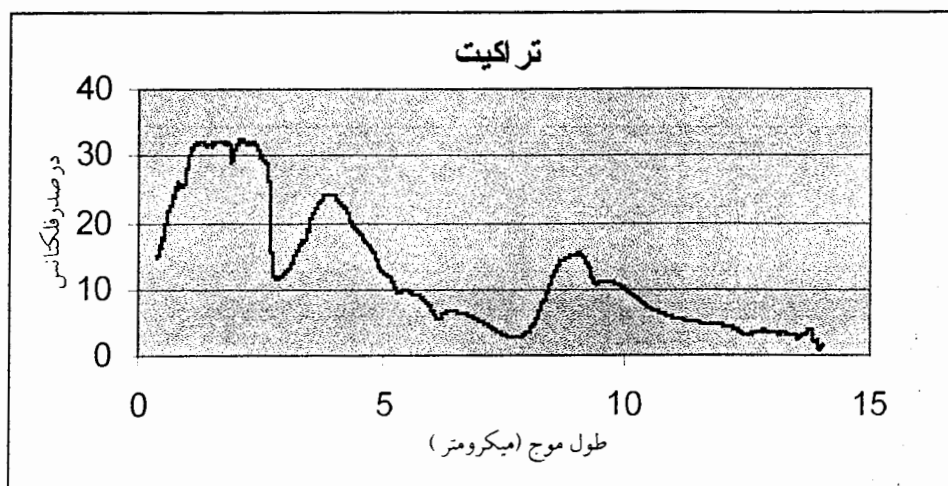
1 - High Pass  
2 - Low Pass  
3 - Sunangle



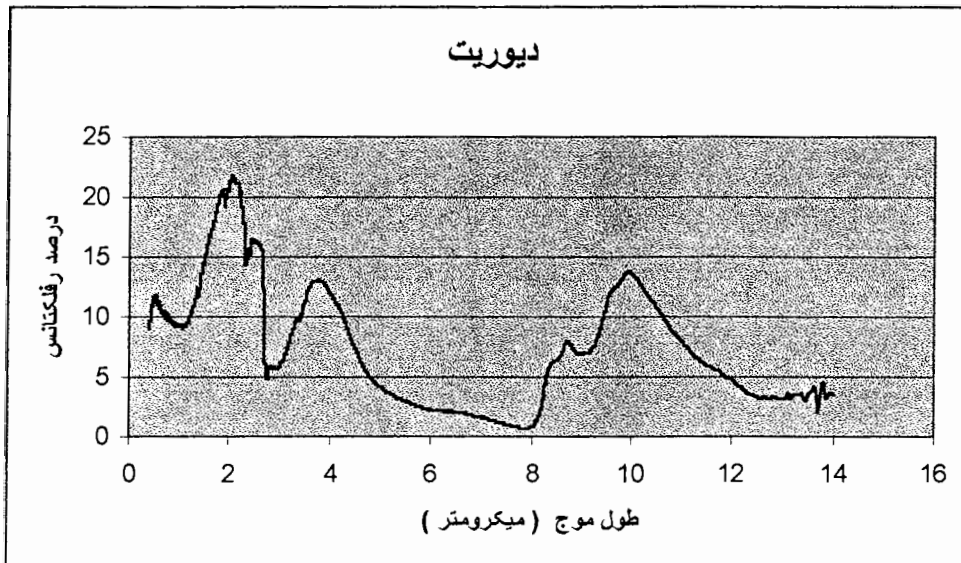
شکل ۶-۴: تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه با ترکیب (RGB=541) پس از تأثیر فیلتر گذر بالا از نوع (Sharpen= ۳) (Sharp= ۳)

## ۶-۴-۵- محاسبه نسبت‌های مهم برای جداسازی واحدهای سنگی

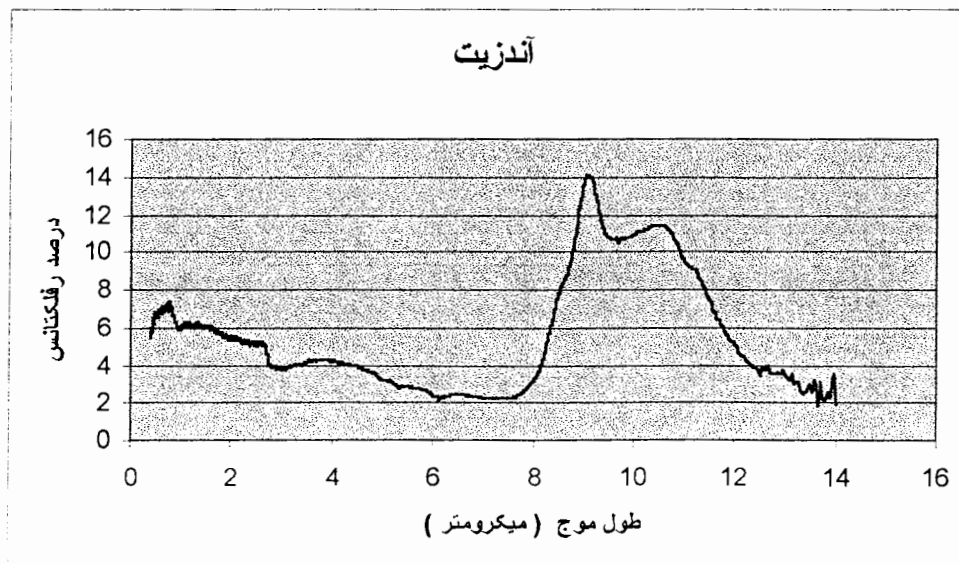
در روش‌های سنجش از دور برای تفکیک نواحی مختلف می‌توان همانند روش‌های ژئوشیمیایی با استفاده از نسبت‌های طیفی مختلف رفلکتانس ناحیه دلخواه را تشدید یا تضعیف نمود. به این صورت که مثلاً نواحی آهن‌دار در تصویر نسبت باندهای ۳ به باند ۱ لندست TM بصورت روشن‌تر دیده می‌شوند، چون اکسیدهای آهن دارای جذب نسبی بیشتر در باند ۱ و بازتابش نسبی بیشتر در باند ۳ لندست TM می‌باشند. با توجه به مطالعه زمین‌شناسی که در محدوده صورت گرفت، منطقه دگرسانی دارای واحدهای سنگی مختلف شامل آهک، ماسه سنگ برشی، تراکیت، آندزیت، ریولیت، ریوداسیت و دیوریت آثره‌شده که حاوی کلریت، اپیدوت، پیریت و اکسیدهای آهن هستند، می‌باشند. به همین منظور با توجه به نمودارهای رفلکتانس طیفی واحدهای سنگی و کانیهای منطقه دگرسانی محدوده که برخی از آنها در شکل‌های ۶-۵ تا ۶-۹ آمده است، جدول توزیع رفلکتانس طیفی شش باند TM برای منطقه دگرسانی تهیه و مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶-۲).



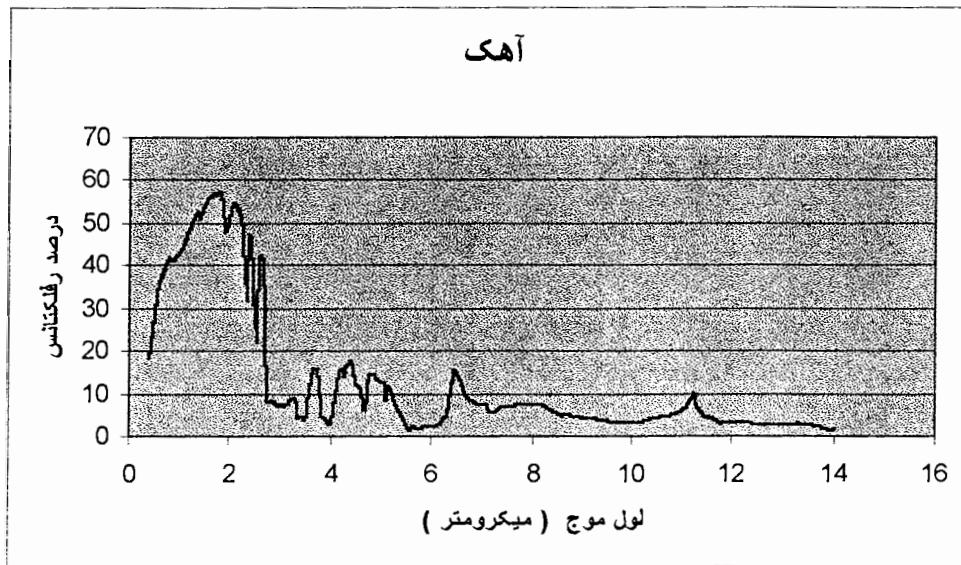
شکل ۶-۵: نمودار طیفی تراکیت (درصد رفلکتانس - طول موج)



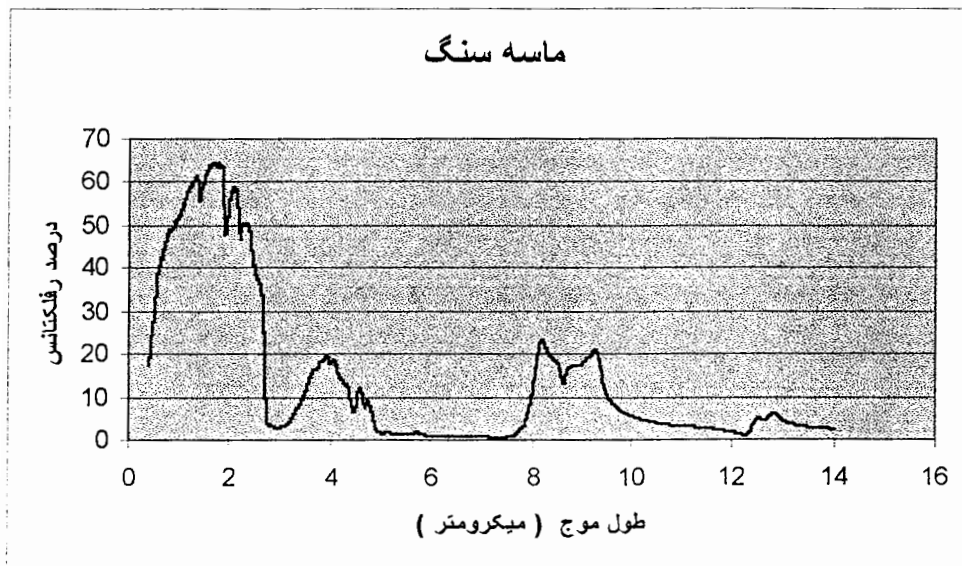
شکل ۶-۶: نمودار طیفی دیوریت (درصد رفلکتانس - طول موج)



شکل ۶-۷: نمودار طیفی آندزیت (درصد رفلکتانس - طول موج)



شکل ۶-۸: نمودار طیفی آهک (درصد رفلکتانس - طول موج)



شکل ۶-۹: نمودار طیفی ماسه سنگ (درصد رفلکتانس - طول موج)



جدول ۶-۲: میزان رفلکتانس واحدهای سنگی و کانیهای داده شده برای باندهای  $TM$  بر حسب درصد [۳۹].

نوع واحدسنگی و کانی (اندازه ذرات $\mu m$ )	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۷
تراکیت	۱۷	۲۰	۲۲	۲۵	۳۲	۳۲
دیوریت	۱۲	۱۲	۱۱	۱۰	۱۷	۱۴
آندزیت	۷	۷	۷	۷	۶	۵
آهک	۲۶	۳۲	۳۷	۴۲	۵۶	۴۴
ماسه سنگ	۲۷	۳۶	۴۲	۵۰	۶۳	۵۴
پیریت	۱۰	۱۲	۱۰	۱۳	۱۷	۱۲
کلریت (۱۲۵-۵۰۰)	۱۰	۱۲	۱۰	۱۳	۳۱	۲۳
اپیدوت (۱۲۵-۵۰۰)	۱۵	۲۰	۲۷	۳۴	۵۸	۵۵

با توجه به جدول ۶-۲ نسبتهای مختلف زیر برای تفکیک واحدهای مختلف مناسب تشخیص داده

شدند.

نسبتهای طیفی برای جداسازی تراکیت:

$$\left(\frac{2}{7}\right)$$

الف- نسبت طیفی

$$\left(\frac{2}{5}\right)$$

ب- نسبت طیفی

لازم به ذکر است که منظور از نسبت  $\left(\frac{2}{7}\right)$  یعنی نسبت طیفی باند ۲ به باند ۷ می باشد.

$$\left(\frac{1}{4}\right)$$

نسبت طیفی برای جداسازی دیوریت:

نسبتهای طیفی برای جداسازی آهک:

$$\left(\frac{4}{3}\right) / \left(\frac{4}{1}\right)$$

الف- نسبت طیفی

$$\left(\frac{4}{3}\right) / \left(\frac{3}{2}\right)$$

ب- نسبت طیفی

ج- نسبت طیفی

$$\left(\frac{4}{3}\right) / \left(\frac{3}{1}\right)$$

نسبت طیفی برای جداسازی ماسه سنگ :

$$\left(\frac{5}{1}\right)$$

نسبت طیفی برای جداسازی کلریت :

$$\left(\frac{5}{3}\right)$$

نسبت طیفی برای جداسازی اپیدوت :

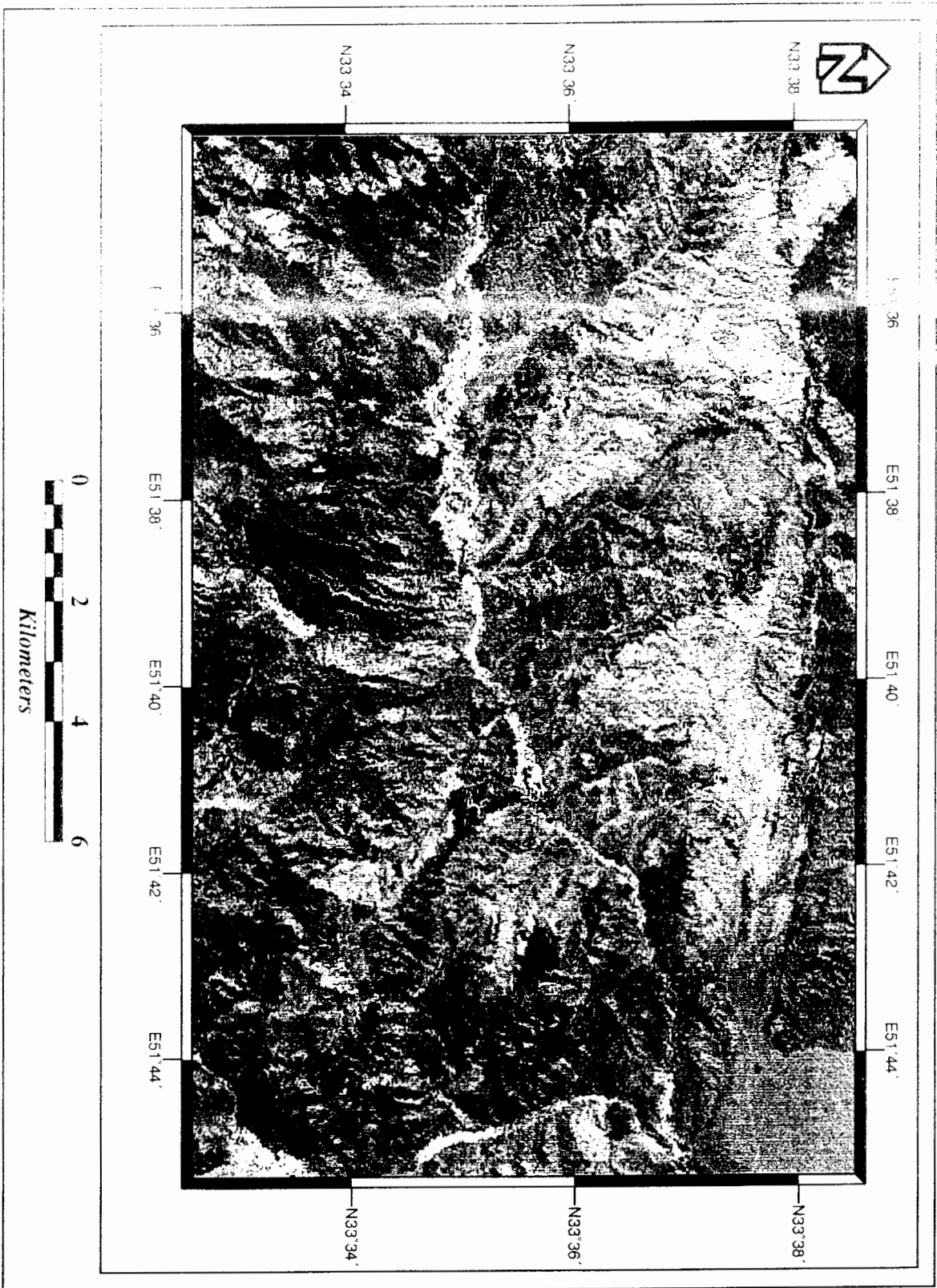
$$\left(\frac{5}{1}\right)$$

نمونه‌ای از تصاویر ایجادشده از نسبت باندها در شکل ۶-۱۰ بوسیله سیستم رنگی درجه تیره و روشن (Greyscale) و گسترش خطی ۹۹٪ با فیلتر بالاگذر (Sharpen2) به نمایش گذاشته شده است. این تصویر مربوط به نسبت طیفی  $\left(\frac{2}{7}\right)$  بوده و منطقه روشن تر مشخصه واحد سنگی تراکیتی می‌باشد.

## ۶-۵- آنالیز مؤلفه‌های اصلی<sup>۱</sup> برای جداسازی منطقه دگرسانی

یکی از مواردی که در افزایش وضوح تصاویر و نیز تعدیل سایه‌ها، کاربرد زیادی دارد، استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی تصویر می‌باشد [۱۲]. اطلاعات باندهای مختلف تصاویر چندطیفی سنجش از دور غالباً همبستگی دارد که حکایت از وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است. هدف از آنالیز مؤلفه‌های اصلی تعیین ضرایب شاخص موقعیت محورهای که دلالت بر وجود حداکثر تغییر پذیری را دارند و فاقد همبستگی هستند، می‌باشد. با استفاده از این روش، چرخشی در جهت محور مختصات بوجود می‌آید و محورهای جدید در جهتی که بیشترین واریانس ارزشهای طیفی دارند، ایجاد می‌شود. اجرای PCA بر روی بیش از دو باند طیفی نیز امکانپذیر است و در نتیجه مجموعه جدید اطلاعاتی با دامنه طیفی وسیعتر از تصویر ایجاد نمود [۱۶، ۲۳، ۳۴، ۳۹].

1 - Principal component Analysis (PCA)



شکل ۶-۱: تصویر محدوده مورد مطالعه در سیستم رنگی (Greyscale) و گسترش خطی ۸۹/۷ با فیلتر بالاگذر (Sharpen2)، مربوط به نسبت ضعیفی برای بازسازی و احیای رنگی

مؤلفه‌های اصلی مجموعه تصاویر چند طیفی با روش جبری بدست می‌آید. به طور کلی ماتریس واریانس - کوواریانس (S) و ماتریس همبستگی (R) باندها محاسبه می‌شود. چنانچه p باند وجود داشته باشد، هر کدام از ماتریسهای متقارن p ردیف و p ستون خواهد داشت. مجموعه‌ای از کمیتها که مقدار ویژه<sup>۱</sup> نامیده می‌شود به صورت واحدهای واریانس محاسبه می‌شود. با هر کدام از مقادیر ویژه مختصاتی وجود دارد که جهت محور اصلی را مشخص می‌کند. این مختصات را بردار ویژه ماتریس S و R می‌نامند. بنابراین مقادیر ویژه و بردار ویژه، طول و جهت محورهای اصلی را مشخص می‌کنند [۲۳].

برای هر مؤلفه اصلی، تصویری متناظر، از روی بردار ویژه نظیر محاسبه می‌شوند. ارزش‌های عددی تصویر مؤلفه اصلی با استفاده از مقادیر ارزش‌های عددی در تصاویر اولیه و مؤلفه‌های بردارهای ویژه به صورت زیر محاسبه می‌شوند [۳۹].

$$P_k = \sum_{i=1}^n a_{i,k} DN(i) \quad (2-6)$$

که در آن

$P_k$  ارزش عددی پیکسل مورد نظر برای  $k$  امین مؤلفه اصلی

$DN(i)$  ارزش عددی در باند  $i$ ام برای پیکسل مورد نظر

$a_{i,k}$  مقدار عنصر بردار بار بدست آمده از بردار ویژه  $k$ ام در باند  $i$ ام

به این ترتیب برای هر مؤلفه اصلی یا بردار ویژه متناظراً یک تصویر که معرف تغییر پذیری در جهت آن بردار است بدست می‌آید.

روش آنالیز مؤلفه های اصلی به وسیله کروس تاو مور<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۹ برای تشخیص نواحی دگرسانی هیدروترمال پیشنهاد شد. این روش برای تفکیک مناطق دگرسانی همراه با کانی زائی طلابی اپی ترمال با موفقیت در نواحی خشک و نیمه خشک به کار برده شده است [۲۴].

از آنجائی که اکسیدهای آهن در باندهای ۲ و ۳ دارای انعکاس بالائی هستند مؤلفه های اصلی مربوط به محدوده مورد مطالعه از باندهای ۵، ۴، ۱ و ۷ محاسبه گردید. حذف باند ۲، ۳ به منظور اجتناب آگاهانه از تاثیر اکسیدهای آهن بوده است. طیف هیدروکسید در اطراف باند ۷ دارای جذب بالا و در اطراف باند ۵ دارای انعکاس قوی می باشد بنابراین بهترین مؤلفه اصلی برای تفکیک مناطق دگرسانی، مؤلفه ای می باشد که در باند ۵ و ۷ دارای مقدار ویژه بالا با علامتهای مخالف باشد. به این منظور پس از محاسبات آماری بر روی داده ها ماتریس کوواریانس بردارهای<sup>۲</sup> ویژه برای ۴ باند تهیه گردید.

جدول ۳-۶ بردارهای ویژه به دست آمده از تبدیل مؤلفه های اصلی باندهای ۵، ۴، ۱ و ۷ محدود مورد مطالعه را نشان می دهد. بیشترین بردار ویژه برای باند ۷ در مؤلفه چهارم می باشد که دارای یک بردار ویژه با علامت مخالف در باند ۵ نیز می باشد.

جدول ۳-۶: ماتریس بار (کوواریانس بردارهای ویژه) محاسبه شده از آنالیز مؤلفه های اصلی برای تفکیک هیدرواکسیدها

PCs	TM1	TM4	TM5	TM7
PC1	0.265	0.352	0.775	0.453
PC2	0.274	-0.887	0.101	0.357
PC3	0.894	0.220	-0.389	-0.030
PC4	0.234	-0.201	0.488	

1 - Crosta and Moore

2 - Eigenvector covariance matrix

شکل ۶-۱۱ تفکیک منطقه دگرسانی را از سایر مناطق با پیکسلهای روشن نمایش می دهد.

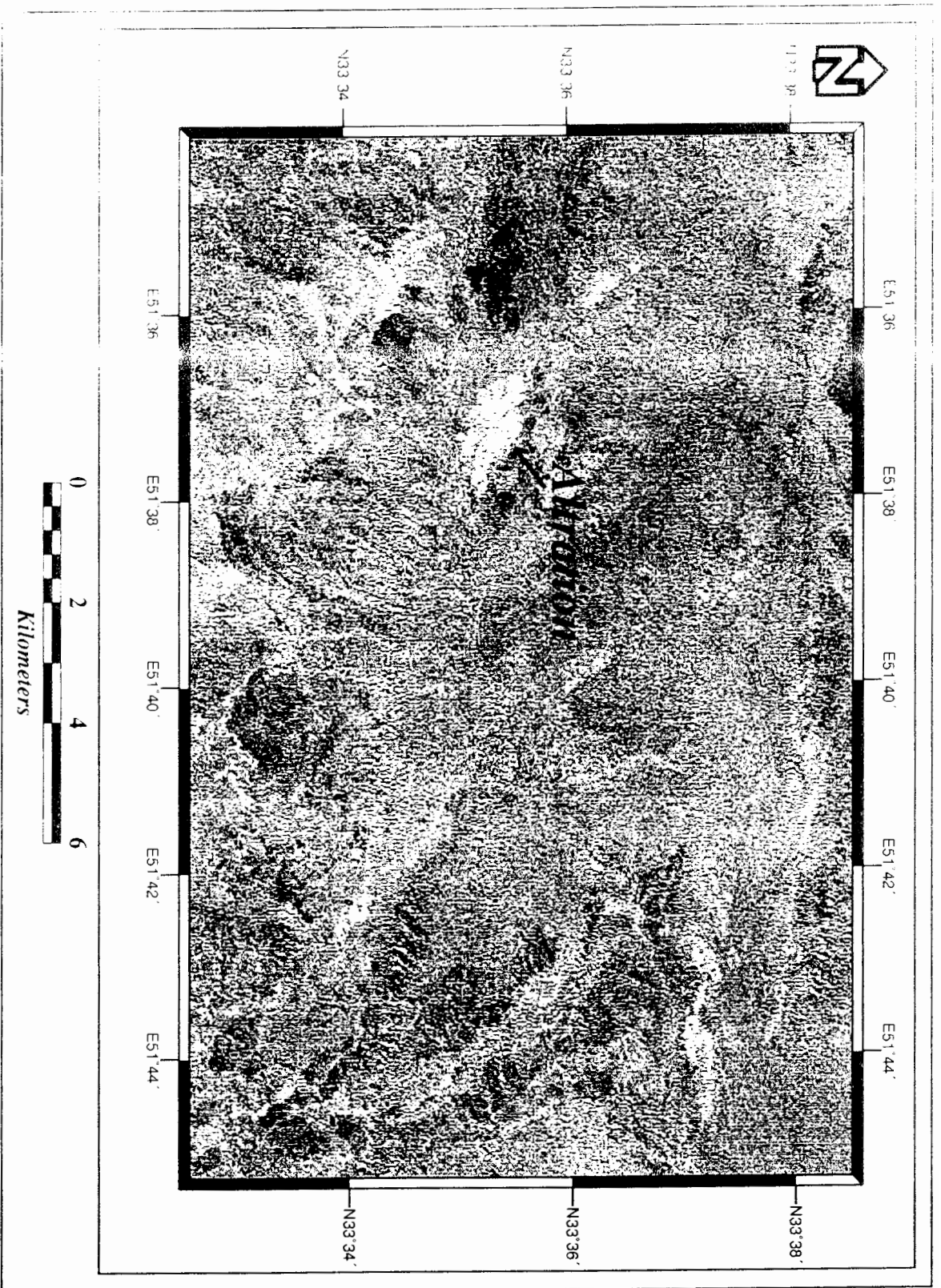
شایان ذکر است که به دلیل اینکه در اینجا بردار ویژه برای باند ۷ (TM7) در مؤلفه چهارم منفی می باشد نیازی به منفی کردن تصویر این مؤلفه نیست و این تصویر مستقیماً کانیهای هیدروکسیدی منطقه دگرسانی را با رنگ روشن نمایش می دهد.

به همین ترتیب می توان آنالیز مؤلفه های اصلی را برای نواحی آلوده به اکسید آهن نیز بکار برد. به همین منظور بر روی داده های گسترش یافته باندهای ۱، ۳، ۴ و ۵ مربوط به محدوده، ماتریس کوواریانس بردارهای ویژه برای ۴ باند فوق محاسبه شد، (جدول ۶-۴).

جدول ۶-۴: ماتریس بار (کوواریانس بردار ویژه) محاسبه شده از آنالیز مؤلفه های اصلی برای تفکیک اکسیدهای آهن

PCs	TM1	TM3	TM4	TM5
PC1	0.281	0.381	0.369	0.800
PC2	-0.646	-0.478	0.562	0.195
PC3	0.386	0.128	0.739	-0.538
PC4	0.596	-0.781	-0.043	0.183

با توجه به اینکه طیف اکسید آهن در اطراف باند ۳ دارای انعکاس بالا و در اطراف باند ۱ دارای جذب بالایی باشد، مقدار بارهای بردار ویژه برای  $TM1$  و  $TM3$  در مؤلفه سوم یا چهارم بایستی متوسط یا قوی و از نظر علامت مخالف باشند. در اینجا چون مقدار بار برای  $TM3$  در مؤلفه چهارم منفی می باشد باید تصویر این مؤلفه را منفی کرد تا تصویر اکسیدهای آهن را با رنگ روشن نمایش دهد. چنین تصویری را تصویر اکسید آهن می نامند که با استفاده از آن در هنگام تهیه نقشه زمین شناسی برخی واحدهای آلوده به اکسید آهن نظیر واحدهای  $E_1^c$  و  $E_1^{sh}$  براحتی از سایر مناطق تفکیک گردید.



شکل ۱۱-۶: تصویر محدوده مورد مطالعه در سیستم رنگی (Greyscale) و گسترش خطی ۹۹٪ با فیلتر بالاگذر (Sharpen2) مربوط به مولفه اصلی چهارم (۱) برای بازسازی منطقه دیگر است.

## 6-6- تهیه ترکیب‌های رنگی کاذب<sup>1</sup>

یکی از روش‌های مؤثر برای تفکیک و جداسازی واحدهای مختلف ساخت ترکیب‌های رنگی مجازی می‌باشد. تصویر کاذب رنگی، ترکیب سه باندهای مختلف است که بصورت رنگهای قرمز، سبز و آبی با هم ترکیب می‌شوند. چنانچه باندهای ترکیبی در طول موج آبی، سبز و قرمز باشد تصویر حاصله به صورت رنگ واقعی به دست خواهد آمد. در صورتی که باندهای ترکیبی متفاوت از آبی، سبز و قرمز باشد تصویر حاصله رنگ کاذب خواهد داشت.

همچنان که در بخش‌های قبلی گفته شد در ساخت ترکیب‌های رنگی کاذب بهتر است از باندهایی که همبستگی کمتری نسبت به هم دارند استفاده شود. یک روش برای مشخص کردن باندهای سه‌گانه استفاده از فاکتور شاخص بهینه<sup>2</sup> (OIF) بصورت زیر می‌باشد [27].

$$OIF = \frac{\sum_{k=0}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 Abs(r_j)} \quad (3-6)$$

که در آن  $S_k$  مجموع انحراف معیار برای سه باندهای انتخابی می‌باشد و مقدار  $Abs(r_j)$  مجموع قدر مطلق ضریب همبستگی بین دو باندهای ترکیب سه‌بندی می‌باشد (جدول 6-5).

هر چقدر شاخص OIF بالا باشد باندهای سه‌گانه ترکیب رنگی کاذب جهت تفکیک مناسب‌تر می‌باشند. مقادیر فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای 20 ترکیب سه‌بندی در محدوده مورد مطالعه محاسبه و در جدول (6-6) ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود به ترتیب ترکیب‌های سه‌بندی (1-4-5)، (3-4-5) و (4-5-7) از باندهای مختلف دارای OIF بیشتری می‌باشند.

1 - False color composit  
2 - Optimum Index Factor



STATISTICS FOR DATASET : ABIANE REGION  
REGION: All

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Null Cells	0	0	0	0	0	2256	0
Non-Null Cells	217248	217248	217248	217248	217248	214992	217248
Area In Hectares	19552.320	19552.320	19552.320	19552.320	19552.320	19349.280	19552.320
Area In Acres	48314.839	48314.839	48314.839	48314.839	48314.839	47813.116	48314.839
Minimum	43.000	16.000	14.000	9.000	13.000	118.000	6.000
Maximum	134.000	80.000	119.000	112.000	197.000	179.000	109.000
Mean	78.578	41.450	53.932	51.678	86.918	154.499	50.096
Median	79.000	41.000	54.000	51.000	83.000	156.000	49.000
Std. Dev.	11.276	8.696	13.754	14.312	27.743	11.322	16.438
Std. Dev. (n-1)	11.276	8.696	13.754	14.312	27.744	11.322	16.438
Corr. Eigenval.	5.655	0.869	0.273	0.157	0.026	0.012	0.008
Cov. Eigenval.	1529.250	140.262	56.405	29.493	4.744	3.956	0.771

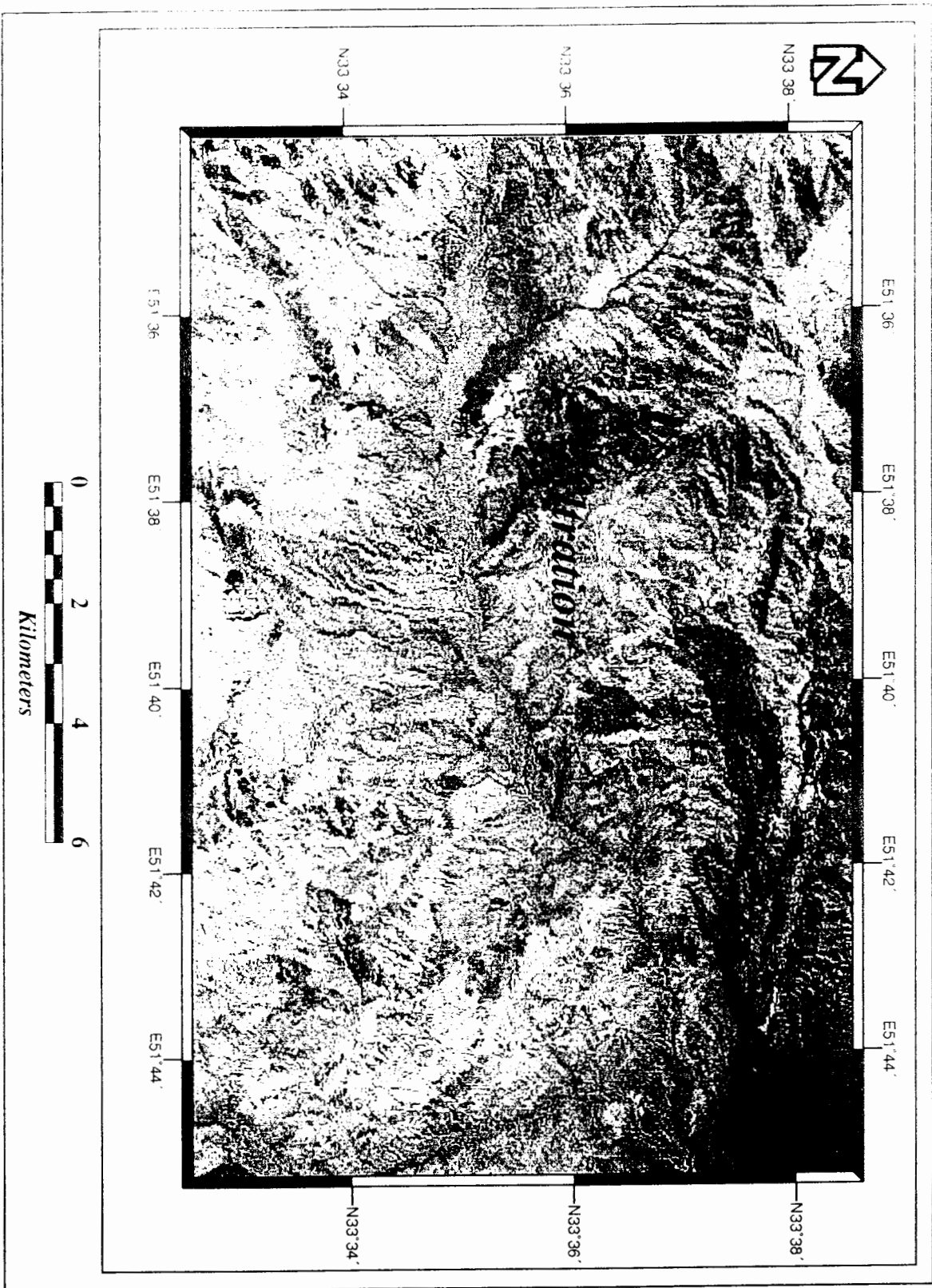
جدول ۶-۶: فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای ۲۰ ترکیب سه بانده

Band combination	$\sum SK$	$\sum \text{Abs}(r_i)$	Optimum Index Factor (OIF)
۷ و ۵ و ۱	۵۵/۴۵۷	۲/۶۱۱	۲۱/۲۴۱
۷ و ۵ و ۲	۵۲/۸۸	۲/۷۷۷	۱۹/۰۴۲
۷ و ۵ و ۳	۵۷/۹۳۵	۲/۸۳۹	۲۰/۴۰۹
۷ و ۵ و ۴	۵۸/۴۹	۲/۶۱	۲۲/۴۱۰
۷ و ۴ و ۱	۴۲/۰۳	۲/۳۲۲	۱۸/۱۰۱
۷ و ۴ و ۲	۳۹/۴۵	۲/۴۷۷	۱۵/۹۲۷
۷ و ۴ و ۳	۴۴/۵۰	۲/۵۱	۱۷/۷۳۰
۷ و ۳ و ۱	۴۱/۴۷	۲/۷۲۳	۱۵/۲۳
۷ و ۳ و ۲	۳۸/۸۹	۲/۸۴۲	۱۳/۶۸۴
۷ و ۲ و ۱	۳۶/۴۱	۲/۷۲۴	۱۳/۳۶۶
۵ و ۴ و ۱	۵۳/۳۲	۲/۳۳۹	
۵ و ۴ و ۲	۵۰/۷۵	۲/۵۱۴	۲۰/۱۸۷
۵ و ۴ و ۳	۵۵/۸۱	۲/۵۴۷	۲۱/۸۱۲
۵ و ۳ و ۱	۵۲/۷۷	۲/۶۴۷	۱۹/۹۳۶
۵ و ۳ و ۲	۵۰/۱۹	۲/۷۸۶	۱۸/۰۱۵
۵ و ۲ و ۱	۴۷/۷۲	۲/۶۴۸	۱۸/۰۲۱
۴ و ۳ و ۱	۳۹/۳۴	۲/۴۱۵	۱۶/۲۹۰
۴ و ۳ و ۲	۳۶/۷۶	۲/۵۴۳	۱۴/۴۵۵
۴ و ۲ و ۱	۳۹/۳۴	۲/۴۴۵	۱۶/۰۹۰
۳ و ۲ و ۱	۳۳/۷۳	۲/۸۸۹	۱۱/۶۷۵

بر اساس یافته‌های زمین‌شناسی در منطقه ترکیب ۱-۴-۵ جهت تفکیک واحدهای مناسب‌تر تشخیص داده شده‌اند. به همین دلیل این ترکیب مورد بررسی بیشتر قرار گرفته است. از این تصاویر مرزهای واحدهای سنگی مختلف را می‌توان تمیز داد و در تشخیص نوع لیتولوژی به همراه ملاکهای دیگر از جمله تصاویر بدست آمده از نسبت‌های طیفی استفاده شده است.

روش دیگری که می‌توان برای ایجاد باندهای سه‌گانه ترکیب رنگی کاذب جهت مشخص کردن پدیده خاص بکاربرد، استفاده از مؤلفه‌های اصلی تصویر می‌باشد. اولین مؤلفه اصلی تصویر (PC1) اطلاعات کلی و آخرین مؤلفه اصلی اطلاعات باقیمانده از تصویر ارائه می‌کند. مؤلفه‌های مابین ممکن است مقداری از اطلاعات باقیمانده را در خود داشته باشد [۲۴]. در این مطالعه بدلیل اینکه هدف بارزسازی منطقه دگرسانی می‌باشد، می‌توان از مؤلفه‌های اصلی دوم، سوم و چهارم (PC2, PC3, PC4) از باندهای ۱، ۴، ۵ و ۷، به ترتیب در رنگهای سبز، آبی و قرمز استفاده کرد. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد علامت بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس تصویر می‌باشد. همانطور که قبلاً اشاره شد در مناطق دگرسانی باند هفت دارای بیشترین مقدار جذب می‌باشد بنابراین علامت بردارهای ویژه تصویر باید منفی باشد تا منطقه دگرسانی در پیکسل‌های روشن بارز شود.

شکل ۶-۱۲ ترکیب رنگی از مؤلفه‌های اصلی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این شکل بدلیل اینکه مؤلفه اصلی چهارم رنگ قرمز و مؤلفه اصلی سوم رنگ سبز را به خود اختصاص داده است، رنگ زرد لیمویی که ترکیبی از این دو رنگ می‌باشد معرف مناطق دگرسانی می‌تواند باشد.

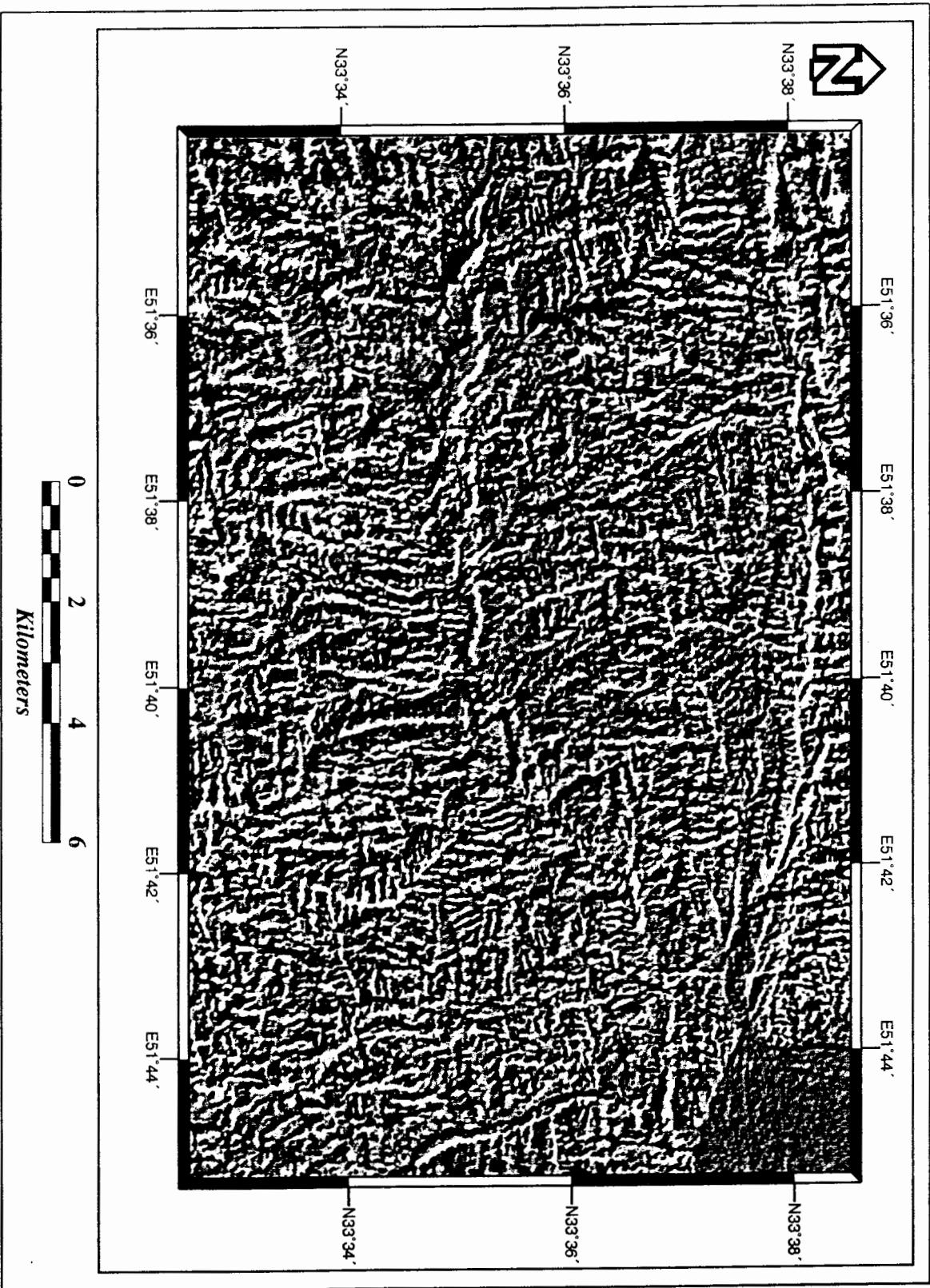


شکل ۱۸-۶: تصویر مجازی محدوده مورد مطالعه با ترکیب رنگی (R=PC4, G=PC3, B=PC2) و گسترش از نوع (Histogram Equalize) برای بارسازی متفقه و تک سبسی

## ۶-۷- تهیه نقشه گسل‌های محدوده مورد مطالعه

از آنجایی که شناسایی دقیق گسل‌ها در تشخیص مناطق دگرسانی و برشی مرتب یا کانی‌سازی نقش مهمی دارد، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور گسل‌های مهم محدوده مورد مطالعه مشخص گردید. جهت شناسایی اثرات سطحی گسل‌ها و همچنین سطوح لایه بندی علاوه بر استفاده از تصاویر مختلف ایجاد شده، با بکارگیری بخش زاویه و جهت تابش خورشید نرم افزار (ER Mapper) و همچنین استفاده از فیلترهای زاویه خورشید (Sun angle) به طور مجازی زاویه و جهت تابش نور خورشید تغییر یافته است.

تشخیص اشکال سطحی به مقدار زیادی به میزان اختلاف انعکاس نور خورشید بستگی دارد. انعکاس نور خورشید نیز با تغییر دو عامل، زاویه و جهت تابش خورشید تغییر می‌یابد هر اندازه که زاویه تابش خورشید کمتر باشد به مقدار بیشتری اختلاف انعکاس و به عبارتی سایه ایجاد می‌گردد و در پی آن سطوح شکستگی یا لایه بندی نمایان تر می‌گردند. همچنین به علت عدم اختلاف انعکاس در طرفین ساختهای موازی با جهت تابش خورشید این ساختها قابل تشخیص نمی‌باشند. بدین منظور با شناختی که از روندهای کلی منطقه وجود داشت غالباً در حالتهایی که جهت تابش خورشید به سمت جنوب غرب یا شمال شرق بود تصاویر مختلفی تهیه و اشکال سطحی خصوصاً شکستگیها مورد بررسی قرار گرفتند [۱۴]. یکی دیگر از روشهای مؤثر جهت شناسایی روندهای کلی و شکستگیهای موجود در منطقه استفاده از فیلترهای آشکار کننده لبه (Edges Filter) می‌باشد. با استفاده از این تصاویر شناسایی روندهای کلی منطقه به راحتی انجام می‌پذیرد. در صورت ایجاد بزرگ نمایی در تصویر می‌توان شکستگیهای محلی را نیز شناسایی نمود، (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶-۱۳: تصویر محدوده مورد مطالعه در سیستم رنگی (Greyscale) پس از تاثیر فیلتر (Sunangle S-W) برای بازسازی گسلهای منطقه

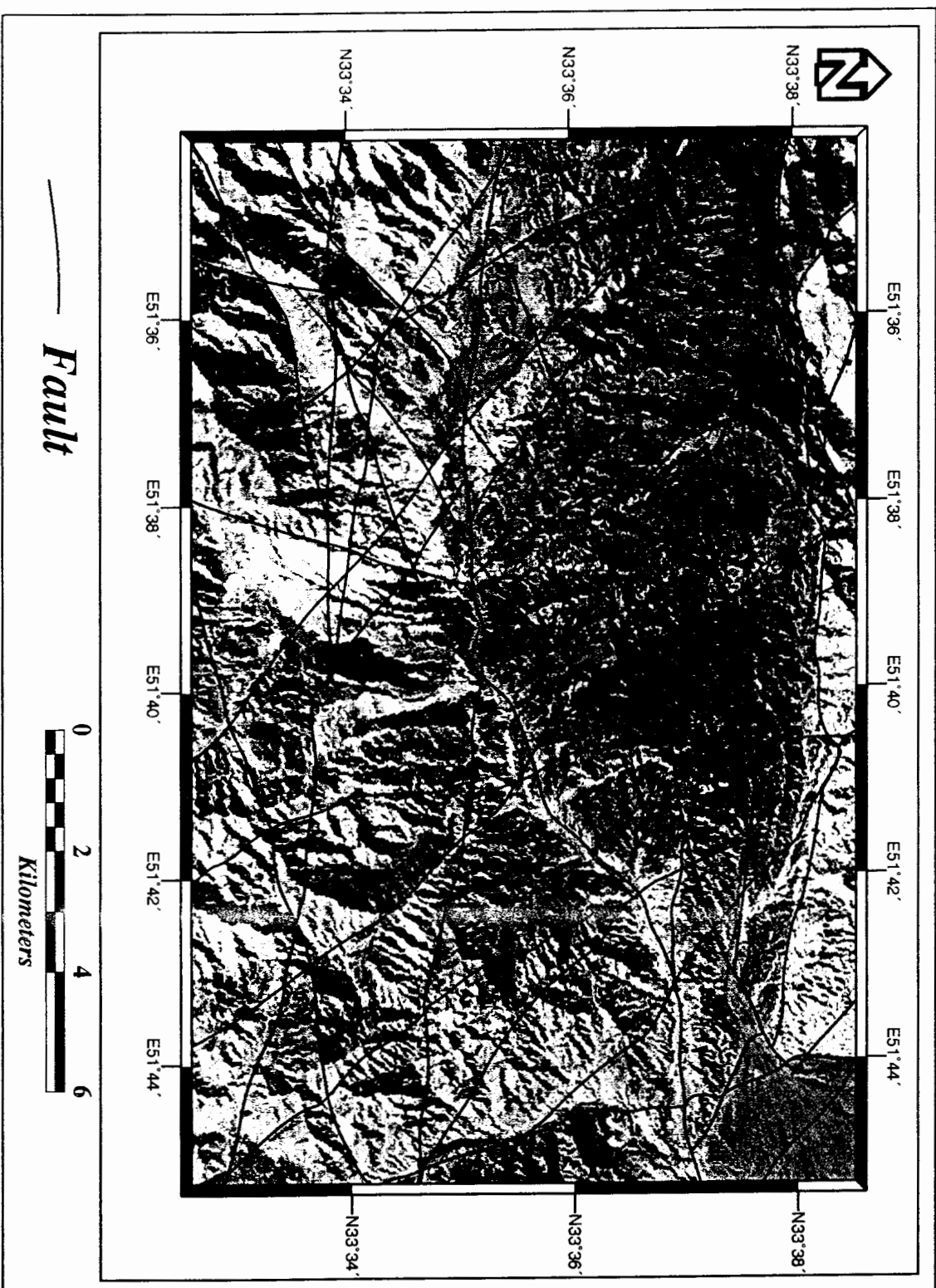
شکل (۶-۱۴) گسل‌های منطقه مورد مطالعه را که با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور نظیر استفاده از فیلترها و گسترش‌های مختلف، مشخص شده است را نشان می‌دهد.

#### ۶-۸- تهیه نقشه زمین‌شناسی

با وجود ارزشمند بودن نقشه زمین‌شناسی نطنز در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ که قبلاً از منطقه مورد مطالعه تهیه شده است، ولی به دلیل مقیاس کوچک و همچنین به علت اینکه با استفاده از روش فتوزئولوژی عکسهای هوایی تهیه شده است و این عکسها نسبت به تصاویر رقومی دارای محدودیتها هستند، این نقشه دارای خطاهایی می‌باشد، بدین علت جهت تفکیک دقیق‌تر واحدهای لیتولوژی و ارائه دید کلی از منطقه مورد مطالعه با استفاده از تلفیق کلیه اطلاعات موجود اقدام به تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ گردید.

از جمله مزایای تهیه نقشه زمین‌شناسی با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای نسبت به روشهای سنتی تهیه نقشه‌ها با استفاده از فتوزئولوژی عکسهای هوایی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

- ۱- دقت و سهولت تفکیک واحدهای لیتولوژی با توجه به تنوع بسیار زیاد تصاویر ایجاد شده.
- ۲- حذف اعوجاجات موجود در عکسهای هوایی خصوصاً در مناطق دارای توپوگرافی خشن.
- ۳- حذف خطاهای متداول در ارتباط با تلفیق اطلاعات حاصل از عکسهای هوایی.



شکل ۱۴-۹: تصویر گسلهای محدوده مورد مطالعه با ترکیب (RGB=541) ، فیلتر گذر بالا از نوع (Sharpen2 3x3) و گسترش از نوع (Histogram Equalize)



با توجه به تصاویر تهیه شده از روشهای مختلف پردازش داده‌های رقومی و همچنین اطلاعات کسب شده از بازدیدهای صحرائی، مطالعات میکروسکوپی، آنالیز شیمیائی نمونه و عکسهای هوائی تصحیح شده در مقیاسهای (۱/۵۰۰۰۰) و (۱/۲۰۰۰۰) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه تحت عنوان نقشه ایبانه تهیه گردید. جهت تهیه این نقشه با چندین لایه برداری<sup>۱</sup> و منطبق نمودن آنها بر روی تصاویر رقومی و عکسهای هوائی واحدهای چینه‌ای و ساختهای قابل شناسائی در آن تصاویر به صورت نقشه ترسیم شدند. برای سهولت کار، محتویات موجود در نقشه تقسیم‌بندی و هر قسمت در یک لایه به شرح زیر قرار داده شد:

الف- لایه مناطق مسکونی: به منظور تهیه این لایه که شامل روستاها، جاده‌ها، راههای خاکی و مالرومی‌باشند، با انطباق آن بر روی عکسهای هوائی تصحیح شده محدوده مورد مطالعه در مقیاس (۱/۲۰۰۰۰) قسمتهای مختلف مورد شناسائی و ترسیم قرار گرفتند.

ب- لایه مناطق آبدار: این مناطق شامل رودخانه، آبراه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها می‌باشند. جهت شناسائی این قسمتها نیز از عکسهای هوائی استفاده گردید.

ج- لایه مناطق گیاهی: جهت تهیه این لایه که شامل پوششهای گیاهی و زمین‌های کشاورزی می‌باشد با تلفیق تصویر رقومی باندهای ۷، ۴، ۱ (RGB=741) با عکس هوائی این مناطق مورد تشخیص و تفکیک قرار گرفتند.

د- لایه گسلها: با توجه به تشخیص گسلهای منطقه و تهیه نقشه آن به صورت کلی با استفاده از پردازشهای مختلف داده‌های رقومی با قرار دادن آن روی عکس هوائی و تصویر رقومی (RGB=541)

و همچنین با مقایسه با واحدهای لیتولوژی، گسلهای قبلی تصحیح و همراه با گسلهای جدید در این لایه ترسیم گردید.

ه- لایه لیتولوژی: برای تهیه این لایه با توجه به نقشه زمین‌شناسی نطنز، عکسهای هوایی منطقه و مطالعات صحرایی، واحدهای لیتولوژی با استفاده از تصاویر پردازش شده رقومی مورد شناسائی و تفکیک قرار گرفتند. برای این منظور تصاویر به دست آمده از نسبتهای طیفی منطقه دگرسان شده برای تفکیک واحدهای زمین‌شناسی به واحدهای کوچکتر مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا واحدهای  $E_1^L$ ،  $E_1^{Sg+}$  و  $E_1^S$  به واحدهایی که قبلاً شناسائی شده بود اضافه گردید.

واحد  $E_1^L$  آهک لزی شکل (نمونه شماره B3) می‌باشد که با توجه به مطالعات میکروسکوپی و فسیلهای موجود در آن مربوط به زمان ائوسن می‌باشد، در صورتیکه این قسمت در نقشه‌های زمین‌شناسی قبلی ژوراسیک معرفی شده بود. شایان ذکر است برای تأیید مطلب با استفاده از تصویر رنگی باندهای ۲، ۴، ۵ (RGB=542) واحد  $J_s^{SS}$  که متعلق به دوره ژوراسیک می‌باشد و در نقشه قبلی تمامی منطقه دگرسانی را پوشش داده بود از این منطقه جدا گردید.

واحد  $E_1^{Sg+}$  سنگهای رسوبی و آذرین بیرونی از نوع تراکی آندزیت می‌باشند که در قسمت‌های مختلف توسط توده‌های نفوذی دیوریت تاتونالیت قطع شده‌اند، که توده‌های اخیر باعث دگرسانی منطقه شده‌اند.

جهت شناسائی مانده سنگ‌ها، شیلها، کلنگو مراهای قرمز مربوط به واحدهای  $E_1^{Sh}$  و  $E_1^C$  به دلیل وجود اکسیدهای آهن در آن از تصویر اکسید آهن که از آنالیز مؤلفه‌های اصلی به دست آمده بود استفاده شد و این واحدها به خوبی از واحدهای دیگر جدا گردید.

۲- شناسائی دقیق گسلهای منطقه با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور نظیر تغییر جهت زاویه

خورشید، استفاده از فیلترها و گسترش‌های مختلف، (شکل ۶-۱۴).

۳- تفکیک واحدهای لیتولوژی با استفاده از ترکیب رنگی مجازی و نسبت‌های طیفی باندهای

مختلف. با مقایسه شکل (۶-۴) با شکل (۶-۵) می‌توان تفکیک واحدها را مشاهده نمود.

۴- تهیه نقشه زمین‌شناسی با محدوده مورد مطالعه در مقیاس (۱/۲۰،۰۰۰) با تلفیق کلیه داده‌ها

موجود، (شکل ۶-۱۵).

## فصل هفتم

### نتیجه گیری و پیشنهادات

#### ۱-۲- نتیجه گیری

با توجه به کلیه بررسیهای انجام شده، اعم از شواهد زمین شناسی، مطالعات میکروسکوپی، آنالیز شیمیائی نمونه ها و پردازش های رقومی داده های ماهواره ای نتایج این پژوهش به شرح ذیل ارائه می گردد.

#### الف- نتایج زمین شناسی

- ۱- کانسار گرمابی اپی ترمال از نوع طلای پرفیری می باشد.
- ۲- توده نفوذی سنگ آذرین درونی از نوع دیوریت تا کوارتز دیوریت می باشد.
- ۳- سنگ میزبان شامل، ماسه سنگ همراه با میان لایه های سنگهای آهکی و گدازه های ریولیت تا ریوداسیتی و تراکیت تا تراکی آندزیت در بخش بالایی است.
- ۴- نوع دگرسانی پروپلیتی و فلیک می باشد.
- ۵- کنترل کننده کانی سازی از نوع ساختمانی گسلی می باشد.
- ۶- میزان طلا در رگه های هیدروترمال با استفاده از آنالیز شیمیایی به روش (NAA)، 0.15ppm، می باشد که این مقدار قابل ملاحظه است ولی این میزان در سنگهای فراگیر منطقه تا 30ppb می رسد که چندان قابل ملاحظه نمی باشد.

## ب - نتایج سنجش از دور

۱- مناسب ترین ترکیب رنگی کاذب جهت بارزسازی لیتولوژی منطقه ترکیب رنگی باندهای ۵،۴،۲ لندست TM می باشد.

۲- بهترین مؤلفه از آنالیز مؤلفه های اصلی برای مشخص کردن منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی سازی طلا در منطقه مؤلفه چهارم از باندهای ۵،۴،۱ و ۷ معرفی می شود.

۳- شناسایی گسلهای منطقه که در ارتباط با کانی زایی در محدوده مورد مطالعه حائز اهمیت می باشند.

۴- تهیه نقشه زمین شناسی محدوده اطراف منطقه دگرسانی در مقیاس (۱/۲۰۰۰۰) و تصحیح برخی از مرزهای واحدهای لیتولوژی نسبت به نقشه های قبلی.

## ۲-۷- پیشنهادات

با توجه به نتایج به دست آمده به منظور ادامه فعالیتهای اکتشافی و همچنین به دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد آنومالی مطالعه مقدماتی هاله های ژئوشیمیائی اولیه همراه با به کارگیری اطلاعات ماهواره ای با قدرت تفکیک طیفی بالا نظیر (ASTER) و (IKONOS) در قالب یک سیستم GIS ضروری به نظر می رسد.

نهایتاً در صورت به دست آوردن اطلاعات امید بخش جهت مشخص کردن پارامترهای اساسی کانسار نظیر عمق کانسار، شیب و مقدار تغییرات عیار در عمق و تعیین میزان ذخیره کانسار انجام عملیات حفاری پیشنهاد می گردد.

## منابع و مراجع

### الف - فارسی

- ۱- آقاجانی، ج، ۱۳۷۵، مطالعات اکتشاف ژئوشیمیائی کانسار طلای کوه زرد دامغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۲۱۱ صفحه.
- ۲- تعویذی، ف.، ۱۳۶۷، تحلیلی بر وضعیت تولید معدنی طلا در جهان، معاونت طرح و برنامه وزارت معادن و فلزات، ۴۸ صفحه.
- ۳- حاجی‌علیلو، ب.، ۱۳۶۸، بررسی پتانسیل‌های معدنی منطقه قمصر کاشان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۴- حسینی پاک، ع.، ۱۳۷۱، نمونه برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۴ صفحه.
- ۵- حسینی پاک، ع.، ۱۳۷۶، ژئوشیمی اکتشافی (محیط سنگی)، انتشارات دانشگاه هرمزگان، ۲۷۴ صفحه.
- ۶- حسینی پاک، ع.، ۱۳۷۸، اکتشافات ذخائر طلا، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۹ صفحه.
- ۷- حسینی پاک، ع.، ۱۳۸۱، اصول اکتشافات ژئوشیمیائی (مواد معدنی) دانشگاه تهران، ویرایش دوم، ۶۱۵ صفحه.
- ۸- خلعت‌بری جعفری. م. و علائی مهابادی، س.، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش نطنز، مقیاس ۱/۱۰۰،۰۰۰، سری ۶۴۵۷، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۹- درویش‌زاده، ع.، آسیابانها، ع.، ۱۳۷۰، ماگماها و سنگهای ماگمائی، مبانی پترولوژی آذرین، شماره ۲۱۰۹، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۱۵ صفحه.
- ۱۰- زاهدی، م.، ۱۳۷۰، شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کاشان، نقشه ۱/۲۵۰،۰۰۰ شماره ف ۷، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ۹۸ صفحه.
- ۱۱- زاهدی، م. و عمیدی، س. م.، ۱۳۷۰، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کاشان، مقیاس ۱/۲۵۰،۰۰۰، شماره ف ۷، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- ۱۲- زبیری، م. و مجدد، ع.، ۱۳۷۵، آشنائی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۷ صفحه.

- ۱۳- سرابی، ف.، ۱۳۷۳، سنگ‌شناسی آذرین، شماره ۲۲۴۶، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۹ صفحه.
- ۱۴- صفائی، ه.، ۱۳۷۹، بررسی ساختاری و ژئودینامیکی تغییر روند البرز مرکزی، رساله دوره دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۴۵ صفحه.
- ۱۵- صفائی، ه. و شریفی، م.، ۱۳۷۹، گزارش پایانی طرح پژوهشی پی‌جویی و اکتشاف طلا در استان اصفهان با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای، دانشگاه اصفهان، ۱۲۵ صفحه.
- ۱۶- طاهرکیا، ح.، ۱۳۷۵، اصول و کاربرد سنجش از دور، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ۴۸۰ صفحه.
- ۱۷- قائدرحمتی، ر.، ۱۳۸۱، مطالعه پیوستگی و گسترش ابعادی کانی‌سازی سرب و روی در محدوده یال شمالی ایرانکوه با استفاده از روشهای ژئوفیزیک و تلفیق اطلاعات اکتشافی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۷۵ صفحه.
- ۱۸- کریم‌پور، م.ج.، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید، ۱۳۶۸.
- ۱۹- مدنی، حسن، اصول پی‌جویی و اکتشاف و ارزیابی، تهران، ۱۳۶۶، ۸۱۶ صفحه.
- ۲۰- مؤمن‌زاده، م.، رشیدنژاد عمران، ن.، اخوت، ز. و آقائباتی، س.ع.، ۱۳۷۳، گسترش زمانی - مکانی ذخایر شناخته شده طلای ایران براساس اطلاعات موجود، شرکت توسعه علوم زمین، تهران، ۱۷۲ صفحه.
- ۲۱- مؤید، م.، ۱۳۸۱، نگرشی نو بر تکوین و تکامل نئوتیس و ارتباط آن با ماگماتیسیم ترشیری ارومیه - دختر و البرز غربی - آذربایجان، *مجموعه مقالات ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه کرمان، صفحه ۲۷۴ تا ۲۷۷.
- ۲۲- مهدوی زفرقندی، ۱۳۵۷، مطالعه زمین‌شناسی و پترولوژی سنگهای آذرین ناحیه شمال ایبانه، بین کاشان و نطنز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۲۳- میذر، پ.، ترجمه نجفی دیسفانی، م.، ۱۳۷۷، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، ۴۳۷ صفحه.

- 24- Asadi, H.H., 2000, The Zarshuran gold deposit model applied in a mineral exploration GIS in Iran, Delft University of Technology, Phd Thesis, pp. 140.
- 25- Barrett, E.D. and Curtist, F., 1992, *Introduction to Environmental Remote Sensing*, CHAPMAN & HALL, LONDON, pp. 426.
- 26- Berger, B.R., King, T.V.V., Morath, L.C. and Phillips, J.D., 2003, Utility of High-Altitude Infrared Spectral Data in Mineral Exploration, Application to Northern Patagonia Mountains, Arizona, *Economic Geology Bulletin*, Vol. 98, No. 5, pp. 1003-1018.
- 27- Chatterjee, R.S. et al., 1996, Mapping geological features of the Jharia coalfield from Landsat 5 TM data, *in J. Remote Sensing*, Vol. 17, No. 16, pp. 3257-3270.
- 28- Fletcher, C.D., 1998, Digital image processing techniques for enhancing wetland, areas and turbidity in Spot Panchromatic data, *The Professional Geologist*, vol. 35, No. 10, pp. 3-8.
- 29- Karnili, A., Meisels, A., Flisher, B. and Arkin, Y., 1996, Automatic extraction and evaluation of geological linear features from digital remote sensing data using a Hough transform, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 62, No.5, pp. 525-531.
- 30- Lillesand, T.M. and Kifer, R.W., 2000, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4<sup>th</sup> edn, JOHN WILEY & SONS, U.S., pp 724.
- 31- Loughlin, W. P., 1991, Principal component analysis for alteration mapping, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 57, No. 9, pp. 1163-1169.
- 32- Nurmi, P. A., 1997, Trace element signature of selected gold deposits in the Fennoscandian shield and the North American continent, *Mineral Deposits*, Papunen, pp. 253-256.
- 33- Rencz, A.N., 1998, *Remote Sensing for the Earth Sciences Manual of Remote Sensing*, 3<sup>rd</sup> edn., vol 3, American Society for photogrammetry, New York, pp 707.
- 34- Richards, J.A., 1999, *Remote Sensing Digital Image Analysis an Introduction*, 3<sup>rd</sup> edn., Springer-Verlag, New York, pp. 363.
- 35- Romberger, S. B., 1990, Geochemistry of gold in hydrothermal deposits, *U.S. Geological Survey Bulletin* 1857, pp. A1-A8.
- 36- Rowan, L.C., 2003, Mapping hydrothermal altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), A new satellite-imaging system, *Economic Geology Bulletin*, Vol. 98, No. 5, pp. 1019-1027.
- 37- Scanvic, J.Y., 1997, *Aerospatial Remote Sensing In Geology*, A.A. BALKEM-ROTTERDAM / BROOKFIELD, pp. 217.



- 38-Sun, Y. and Gun, H., 1998, Application of remote sensing data for prediction about gold mineral deposit in northwest part of China, *First international Asia – Pacific symposium on remote sensing*, SPIE, vol. 3504, pp. 501-504.
- 39-Vincent, R. K., 1997, *Fundamentals of geological and environmental remote sensing*, Bowling Green State University, U.S., pp. 370.
- 40-Yan, S., Liu, Q., Wang, H., Wang, Z., and Liu, S., 1998, Remote sensing strategic exploration of larger or superlarger gold ore deposits, *First international Asia – Pacific symposium on remote sensing*, SPIE, vol. 3502, pp. 94-105.

پپوست شماره ۱ :

## نتایج آنالیز شیمیایی



### فرم اعلام نتایج آنالیز

نام متقاضی: جناب آقای دکتر صفایی

تاریخ: ۲۹/۸/۰۲

نام نمونه: BAR-2

شماره درخواست: ۳۳۷

سریال: ۶۲۸

ردیف	عنصر	غلظت ppm	خطا ±
1	Ag	10.1	1.1
2	As	896	9
3	Au	0.15	0.02
4	Ba	0.22%	0.01
5	Br	<3.68	---
6	Ce	58.1	2.8
7	Co	1.25	0.39
8	Cr	51.0	5.0
9	Cs	12.1	0.7
10	Eu	0.90	0.09
11	Fe	23.9%	0.2
12	Hf	<0.82	---
13	Ir	<18 *	---
14	La	49.9	0.5
15	Lu	<0.17	---
16	Mo	54.9	2.8
17	Na	2.48%	0.03
18	Nd	<69.1	---
19	Ni	<162	---
20	Rb	154	21

ردیف	عنصر	غلظت ppm	خطا ±
21	Sb	280	3
22	Sc	1.40	0.07
23	Sm	4.16	0.04
24	Sn	<292	---
25	Sr	840	84
26	Ta	<0.61	---
27	Tb	<0.57	---
28	Th	47.2	0.49
29	Tm	1.08	0.11
30	U	9.76	1.01
31	W	70.1	5.2
32	Yb	<1.08	---
33	Zn	<36.6	---
34	Zr	<205	---
35			
36			
37			
38			
39			
40			

\* = ppb

علیرغم اینکه نتایج درج شده براساس استانداردهای بین المللی و با روش یسرفته NAA تعیین گردیده است، بخش راکتور مینیاتوری هیچگونه مسئولیتی در قبال کاربردهای احتمالی مواد آنالیز شده ندارد.

ایرج شهابی

سرپرست بخش راکتور مینیاتوری

آنالیز کننده: فرشاد مجیدی

پیوست شماره ۱-۱: نتایج آنالیز شیمیائی



### فرم اعلام نتایج آنالیز

نام متقاضی: جناب آقای دکتر صفایی

تاریخ: ۷۹/۰۸/۰۲

نام نمونه: BARI

شماره درخواست: ۳۳۷

سریال: ۶۲۵

ردیف	عنصر	غلظت در نمونه	خطا ±
1	Ag	0.25%	0.02
2	Co	<38.4	---
3	Fe	5.27%	0.53
4	Sb	1.27%	0.02
5	Sc	1.53	0.31
6	Zn	<690	---
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

ردیف	عنصر	غلظت در نمونه	خطا ±
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

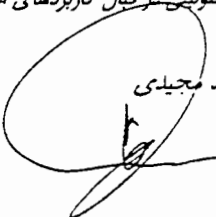
\* = ppb

علیرغم اینکه نتایج درج شده براساس استانداردهای بین المللی و با روش پیشرفته NAA تعیین گردیده است، بخش راکتور مینیاتوری هیچگونه مسئولیتی در قبال کاربردهای احتمالی مواد آنالیز شده ندارد.

ایرج شهابی

  
سرپرست بخش راکتور مینیاتوری

آنالیز کننده: فرشاد مجیدی



پیوست شماره ۱-۲: نتایج آنالیز شیمیائی

پیوست شماره ۲:

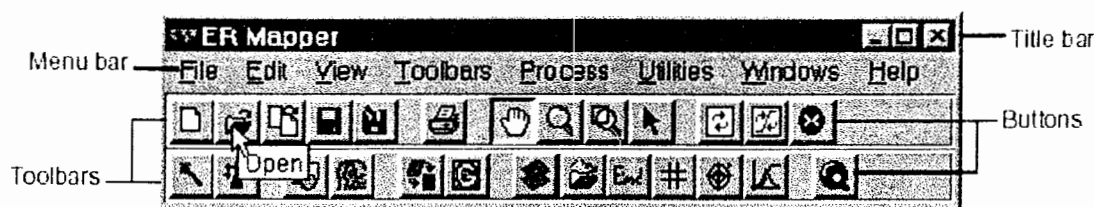
## طرز استفاده از نرم افزار (ER Mapper)

# طرز استفاده از نرم افزار (ER Mapper)

## ۱- منوی اصلی نرم افزار (ER Mapper)

در هنگام شروع، منوی اصلی نرم افزار (ER Mapper) زیر ظاهر می شود، این منو دارای دو

قسمت (Menubar) و (Toolbar) می باشد.



قسمت (Toolbar) با توجه به مورد استفاده آن قابل تغییر می باشد. نحوه عملکرد هر کدام از

دکمه های (Toolbar) بشرح زیر می باشد:

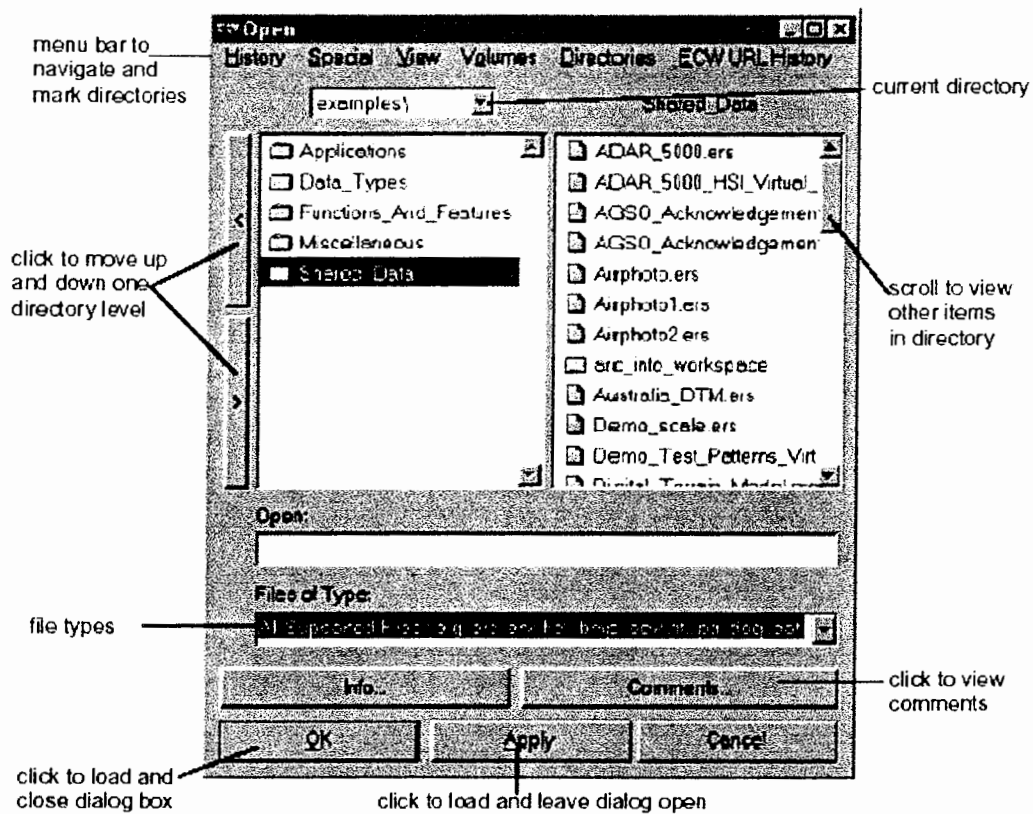
-  باز کردن پنجره جدید (New)
-  باز کردن فایل (Open)
-  نسخه برداری از یک پنجره (Copy Window)
-  ذخیره سازی (Save)
-  ذخیره سازی در مکان مورد نظر (Save as)
-  چاپ تصویر (Print)
-  تغییر مکان تصویر (Hand Tool)
-  بزرگ یا کوچک نمودن تصویر (Zoom Tool)
-  بزرگ یا کوچک نمودن تصویر به صورت پنجره ای (ZoomBox Tool)
-  بازگشت به حالت اول (Refresh Image)
-  افزایش تباین تصویر به صورت هیستوگرام ۹۹٪ (Contrast Enhancement)
-  توقف اجرای برنامه (Stop)

## ۲- باز کردن فایل

با فشار دادن دکمه (Open) در قسمت (Toolbar)، پنجره زیر جهت باز کردن فایل‌های مورد استفاده

در نرم‌افزار (ER Mapper) ظاهر می‌شود، پس از انتخاب فایل مورد نظر با فشار دادن دکمه (Ok) یا


(Apply) می‌توان آن را باز کرد.

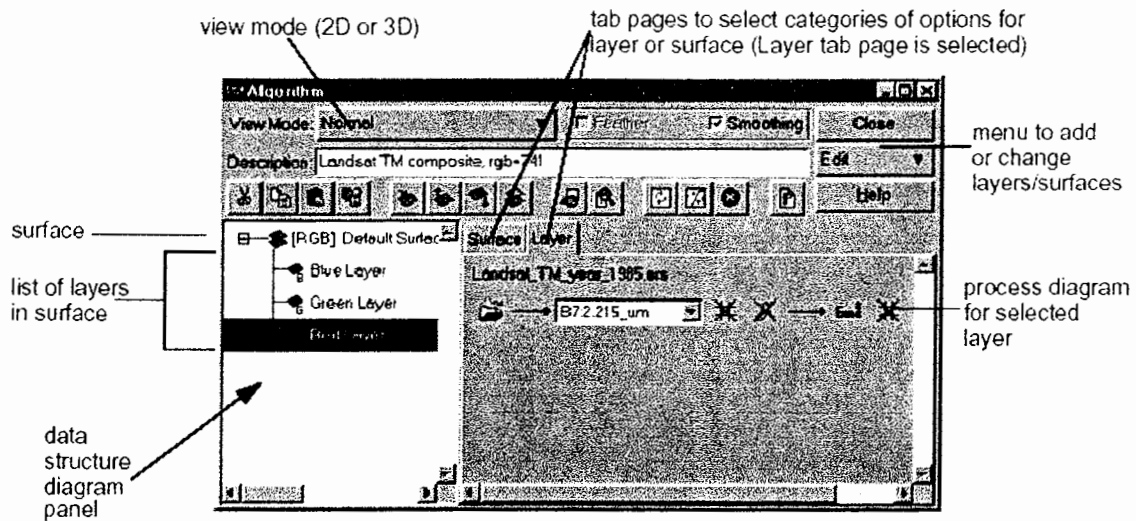


فایل‌هایی را که نرم‌افزار (ER Mapper) می‌تواند بخواند، بشرح زیر می‌باشد:

- ER Mapper Raster Dataset (.ers)
- ER Mapper compressed image (.ecw)
- ESRI BIL and GeoSPOT (.hdr)
- Windows BMP (.bmp)
- GeoTIFF/TIFF (.tif)
- JPEG (.jpg)
- USGS Digital Ortho Quad (.doq)
- RESTEC/NASDA CEOS (.dat)

### ۳- پردازش تصویر با استفاده از پنجره الگاریتم

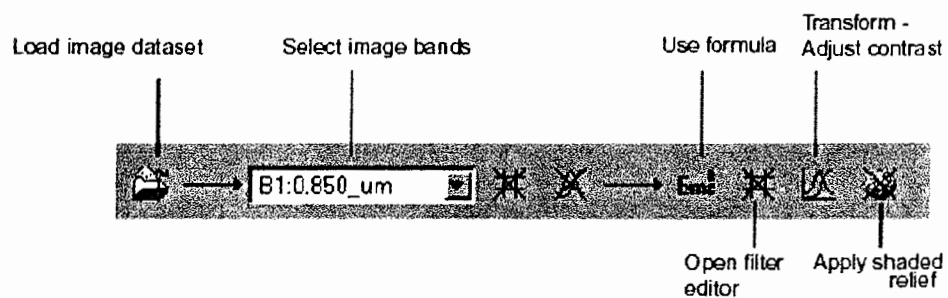
با فشار دادن دکمه (  ) در منوی اصلی پنجره الگاریتم به صورت زیر ظاهر می‌شود که کلیه پردازش‌های لازم در نرم‌افزار نظیر گسترش تصویر، فیلتر کردن، نسبت باندها، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تهیه ترکیب‌های رنگی و غیره، در این پنجره صورت می‌گیرد.



### ۳-۱- کنترل لایه‌ها :

با فشار دادن هر کدام از لایه‌ها در پنجره (Algorithm)، مقابل آن پنجره زیر جهت انجام

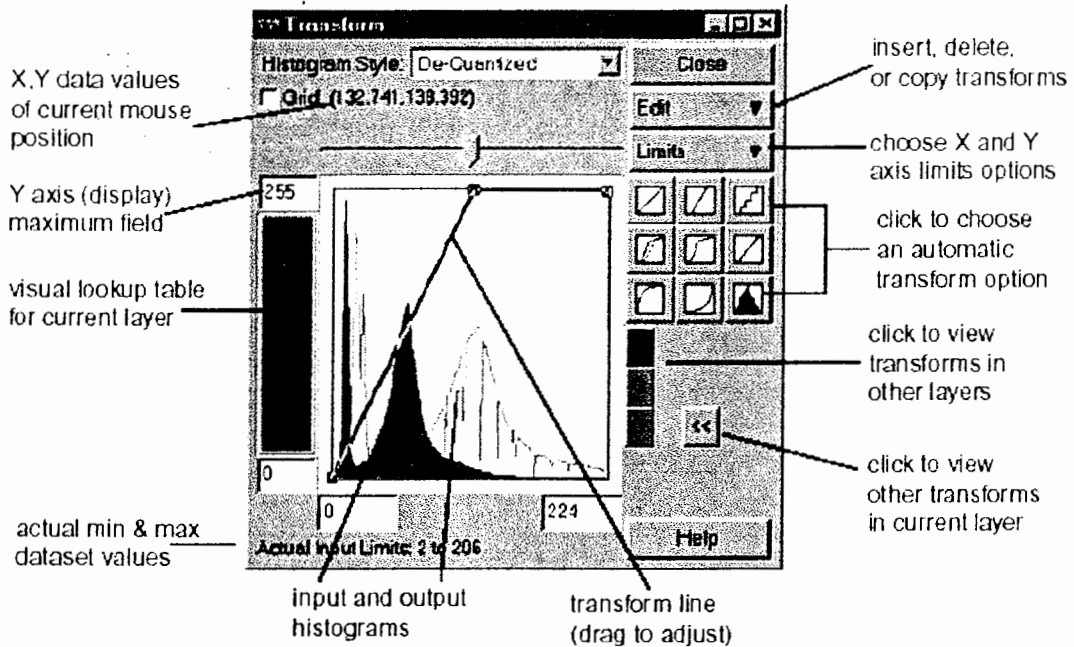
پردازش‌های لازم روی همان لایه باز می‌شود:





برای مثال با انتخاب گزینه (Edit Transform Limit) پنجه زیر برای اعمال

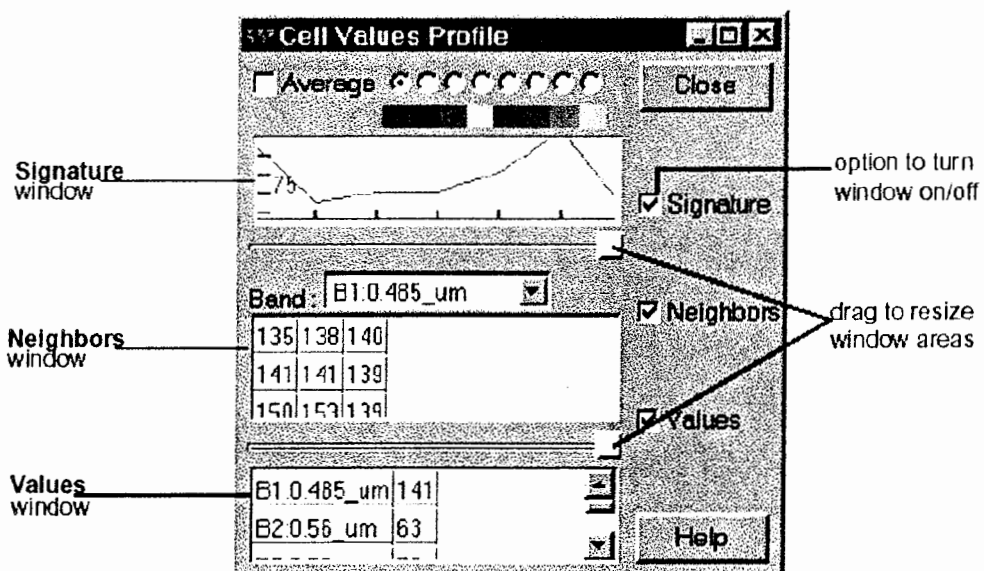
گسترش‌های مورد نیاز در پردازش تصویر باز میشود:



#### ۴- نمایش ارزش رقومی باندها

از منوی (View) در منوی اصلی، با انتخاب قسمت (Cell values profile) پنجره زیر برای بررسی

ارزش رقومی باندهای مورد استفاده در نرم‌افزار ظاهر می‌شود:





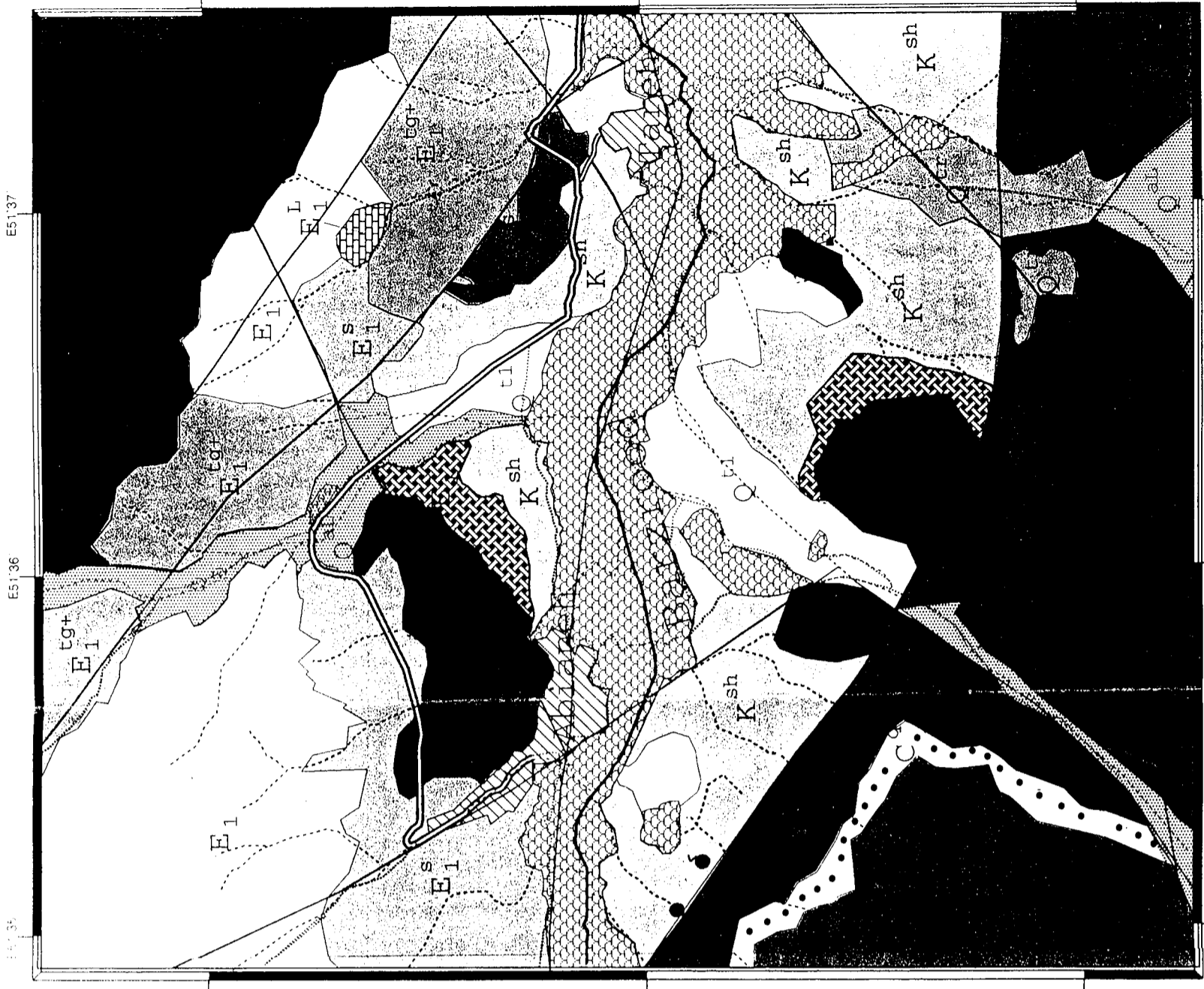
# Abianeh

## L E G E N D

UNIT	SYMBOL	DESCRIPTION
QUATERNARY	Q <sup>br</sup>	Recent alluvium.
CENOZOIC	Q <sup>al</sup>	Old terraces and high level fans.
	Q <sup>pl</sup>	Terraces.
	Q <sup>ba</sup>	Basalts, trachyandesites and tuffs with andesite lava.
	E <sub>1</sub>	Red conglomerate and sandstone with thin bedded lava.
	E <sub>1</sub> <sup>tg</sup>	Trachyanthite sandstone with siltite and tonalite dalc.
	E <sub>1</sub> <sup>l</sup>	Limestone.
	E <sub>1</sub> <sup>s</sup>	Sandstone.
	E <sub>1</sub> <sup>sh</sup>	Red sandstone and conglomerate.
	E <sub>1</sub> <sup>g</sup>	Red conglomerate.
	E <sub>1</sub> <sup>l</sup>	Black shale.
MESOZOIC	K <sup>sh</sup>	Grey and thick bedded orbicolina limestone.
	K	Alternation of grey - green sandstone and shale.
	J <sub>5</sub> <sup>ss</sup>	Thin bedded dolomite and limestone locally shale
	C <sup>dl</sup>	Whitish quartzitic sandstone.
PALEOZOIC	C <sup>q</sup>	Red arkosic sandstone and micaceous shale.
	C <sup>g</sup>	
	C <sup>s</sup>	

### SYMBOLS - GEOLOGICAL SYMBOL

Major fault	Boat
Minor fault	Arched line
Back unit boundary	Wavy line
	Truncated area
	Deposited area
	Spring
	Well
	Water tank



This map is based on 1/20,000 air photos and Landsat-TM data. To provide this map, is used geological map of NATANZ (1/100,000), that is produced by M. Khatibbari Jafari and S. Alaei Meshkini.

Geology and Drawing by A.O.Hajheidari  
University of Shahrood, Mining Department

شکل ۱۰-۶: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در مقیاس (۱/۲۰,۰۰۰)