



دانشگاه صنعتی مازندران

دانشکده معدن و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی منطقه دگرسانی در ارتباط با کانه زایی مس در منطقه جبال بارز با استفاده از سنجش از دور

ارائه دهنده:

مهدی تاجیک

استاد راهنما:

دکتر رضا خالو کاکائی

استاد مشاور:

مهندس علی حسین مردی

تابستان ۸۵

چکیده:

استفاده از دورسنجی در مطالعات مختلف از جمله کارهای اکتشافی در سالهای اخیر رو به افزایش گذاشته است. کاربرد این روش در مطالعات زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی باعث کاهش زمان و هزینه می گردد. علاوه بر این موفقیت های چشمگیر استفاده از داده های ماهواره ای در تعیین مناطق دگرسانی، تهیه نقشه های لیتولوژی، مطالعات ساختاری و اکتشافی باعث استفاده از این روش در طرحهای اکتشافی شده است. هدف اصلی این پژوهش تعیین محدوده های دگرسانی در ارتباط با کانه زایی مس در منطقه جبال بارز با استفاده از پردازش رقومی داده های ماهواره ای می باشد. منطقه مذکور در زون ارومیه- دختر قرار گرفته و همچنین اندیسهایی از مس در آن مشاهده شده است.

منطقه مورد مطالعه، در طول جغرافیایی 58° تا $58^{\circ} 30'$ و عرض جغرافیایی $28^{\circ} 30'$ تا 29° قرار دارد. برای تعیین محدوده های دگرسان در منطقه از داده های ماهواره ای مربوط به هشت باند طیفی سنجنده ETM ماهواره لندست ۷ و داده های مربوط به ۱۴ باند طیفی سنجنده ASTER ماهواره ترا استفاده شد. داده های ماهواره ای سنجنده ETM با روش های تفریق باندی، آنالیز مولفه های اصلی و روش Prediction Band مورد پردازش قرار گرفت که بهترین ترکیب باندی برای بارزسازی دگرسانی ها، ترکیب باندی تفریقی ۱-۲، ۴-۲ و ۷-۵ معرفی گردید. سپس داده های مربوط به ۱۴ باند طیفی سنجنده ASTER ماهواره ترا به منظور تفکیک زون های دگرسانی با روش های رقومی Interactive stretch و Color Mapping مورد پردازش قرار گرفت. در پایان نتایج حاصل از پردازش داده های ماهواره ای با داده های ژئوشیمی، ژئوفیزیک و زمین شناسی تلفیق و نقشه نهایی مناطق امیدبخش تهیه گردید. بر طبق آن سه محدوده امیدبخش شامل ده درک، کرور و بیدشک برای انجام مطالعات بعدی اکتشافی و همچنین انجام مطالعات ژئوفیزیکی معرفی گردید.

تقدیم به:

پدر عزیزم

و مادر مهربانم

معلمان نخستین زندگیم

آنان که خمیدند، تا راست قامت بمانم

آنان که موی سپید کردند، تا روی سپید بمانم.

تقدیر و تشکر:

الهی شکر از یاریت که پاهای لرزان مرا در راه علم توانا ساختی و به امیدت که تا همیشه در وادی علم استوارشان سازی.

اکنون که این پایان نامه به پایان رسیده است، برخورد لازم می دانم از تمام کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری کردند، تشکر نمایم. از آقای دکتر رضا کاکائی که استاد راهنمای اینجانب بودند و همچنین از جناب آقای مهندس علی حسین مردی که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند، تشکر می نمایم.

جا دارد از آقایان مهندس موسوی و مهندس بیگی در سازمان زمین شناسی، مهندس بهشتی فر در سازمان سنجش از دور که در جمع آوری داده، با اینجانب همکاری کردند و همچنین کارکنان دانشکده معدن و ژئوفیزیک و تمامی دوستانم که به نوعی بنده را در انجام این پایان نامه یاری کردند تشکر نمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر قریب، رئیس بخش دورسنجی سازمان زمین شناسی و جناب آقای جهانی از شرکت انسان و محیط که داده های ماهواره ای را در اختیار اینجانب قرار دادند و لطف فراوانی به بنده داشتند تشکر و قدردانی ویژه می نمایم.

چکیده:

استفاده از دورسنجی در مطالعات مختلف از جمله کارهای اکتشافی در سالهای اخیر رو به افزایش گذاشته است. کاربرد این روش در مطالعات زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی باعث کاهش زمان و هزینه می گردد. علاوه بر این موفقیت های چشمگیر استفاده از داده های ماهواره ای در تعیین مناطق دگرسانی، تهیه نقشه های لیتولوژی، مطالعات ساختاری و اکتشافی باعث استفاده از این روش در طرحهای اکتشافی شده است. هدف اصلی این پژوهش تعیین محدوده های دگرسانی در ارتباط با کانه زایی مس در منطقه جبال بارز با استفاده از پردازش رقومی داده های ماهواره ای می باشد. منطقه مذکور در زون ارومیه- دختر قرار گرفته و همچنین اندیسهایی از مس در آن مشاهده شده است.

منطقه مورد مطالعه، در طول جغرافیایی 58° تا $58^{\circ} 30'$ و عرض جغرافیایی $28^{\circ} 30'$ تا 29° قرار دارد. برای تعیین محدوده های دگرسان در منطقه از داده های ماهواره ای مربوط به هشت باند طیفی سنجنده ETM ماهواره لندست ۷ و داده های مربوط به ۱۴ باند طیفی سنجنده ASTER ماهواره ترا استفاده شد. داده های ماهواره ای سنجنده ETM با روش های تفریق باندی، آنالیز مولفه های اصلی و روش Prediction Band مورد پردازش قرار گرفت که بهترین ترکیب باندی برای بارزسازی دگرسانی ها، ترکیب باندی تفریقی ۱-۲، ۴-۲ و ۷-۵ معرفی گردید. سپس داده های مربوط به ۱۴ باند طیفی سنجنده ASTER ماهواره ترا به منظور تفکیک زون های دگرسانی با روش های رقومی Color Mapping و Interactive stretch مورد پردازش قرار گرفت. در پایان نتایج حاصل از پردازش داده های ماهواره ای با داده های ژئوشیمی، ژئوفیزیک و زمین شناسی تلفیق و نقشه نهایی مناطق امیدبخش تهیه گردید. بر طبق آن سه محدوده امیدبخش شامل ده درک، کرور و بیدشک برای انجام مطالعات بعدی اکتشافی و همچنین انجام مطالعات ژئوفیزیکی معرفی گردید.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - کلیات

۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ مطالعات قبلی در منطقه	۳
۳-۱ هدف از مطالعه	۴
۴-۱ سازماندهی پایان نامه	۵

فصل دوم - موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی محدوده مورد بررسی

۱-۲ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد بررسی	۷
۲-۲ زمین شناسی محدوده مورد بررسی	۱۰
۱-۲-۲-۱ واحد فاش کوه (Ev)	۱۱
۲-۲-۲ شمال گرانیت جبال بارز	۱۲
۳-۲-۲ کوه تبرکان	۱۳
۴-۲-۲ شمال شرقی آب میس	۱۴

فصل سوم - سنجش از دور

۱-۳ مقدمه	۱۸
۲-۳ طیف الکترو مغناطیس	۱۹
۳-۳ بازتاب طیفی کانی ها و صخره ها	۲۲
۴-۳ سکو ها و سنجنده ها	۲۴
۵-۳ ماهواره لندست	۲۴
۱-۵-۳ مشخصات سنجنده های لندست	۲۵
۲-۵-۳ ماهواره لندست ۷	۲۸
۶-۳ ماهواره ترا	۲۹
۷-۳ پردازش تصویر ماهواره ای	۲۹
۱-۷-۳ پیش پردازش	۳۰
۱-۷-۳-۱ تصحیح رادیومتری	۳۰

۳۱	۲-۱-۷-۳ تصحیح ژئومتری یا هندسی
۳۱	۲-۷-۳ بازسازی تصویر
۳۱	۱-۲-۷-۳ افزایش کنتراست
۳۵	۲-۲-۷-۳ فیلتر گذاری
۳۶	۳-۲-۷-۳ نسبت گیری طیفی
۳۷	۴-۲-۷-۳ تجزیه مولفه های اصلی
۳۹	۳-۷-۳ طبقه بندی رقومی
۴۰	۱-۳-۷-۳ طبقه بندی نظارت شده
۴۱	۲-۳-۷-۳ طبقه بندی نظارت نشده
۴۱	۸-۳ کاربرد های دور سنجی
۴۲	۹-۳ نرم افزار های دور سنجی

فصل چهارم - دگرسانی و انواع آن

۴۴	۱-۴ مقدمه
۴۵	۲-۴ دگرسانی پتاسیک
۴۵	۱-۲-۴ نحوه تشکیل
۴۷	۲-۲-۴ موقعیت زون پتاسیک و اهمیت اکتشافی آن
۴۸	۳-۴ دگرسانی سرسیتیک
۴۸	۱-۳-۴ نحوه تشکیل
۵۰	۲-۳-۴ موقعیت زون سرسیتیک و اهمیت اکتشافی آن
۵۱	۴-۴ دگرسانی آرژلیک متوسط
۵۱	۵-۴ دگرسانی آرژلیک پیشرفته
۵۲	۶-۴ دگرسانی پروپلیتیک
۵۲	۱-۶-۴ نحوه تشکیل
۵۳	۲-۶-۴ موقعیت زون پروپلیتیک و اهمیت اکتشافی آن
۵۴	۷-۴ دگرسانی سیلیسی
۵۴	۱-۷-۴ نحوه تشکیل
۵۵	۲-۷-۴ موقعیت زون سیلیسی و اهمیت اکتشافی آن
۵۵	۸-۴ دگرسانی آلونیتی
۵۵	۱-۸-۴ نحوه تشکیل

۴-۸-۲	موقعیت و اهمیت اکتشافی زون آلونیت	۵۶
۴-۹	دگرسانی گرایزن	۵۷

فصل پنجم - تفکیک دگرسانی ها بوسیله تصاویر ماهواره ای ETM

۵-۱	مقدمه	۵۹
۵-۲	اطلاعات ماهواره ای منطقه	۶۰
۵-۳	پردازش تصاویر و اطلاعات ماهواره ای	۷۰
۵-۳-۱	پیش پردازش اطلاعات ماهواره ای	۶۱
۵-۳-۱-۱	تصحیح رادیو متریک	۶۱
۵-۳-۱-۲	تصحیح هندسی	۶۱
۵-۳-۲	بارز سازی	۶۲
۵-۳-۲-۱	بارزسازی رادیومتریک	۶۲
۵-۳-۲-۲	بارزسازی طیفی	۶۳
۵-۳-۳	نسبت گیری باندها	۶۴
۵-۳-۴	روش تحلیل مولفه اصلی	۶۴
۵-۳-۵	فیلتر کردن تصویر	۶۴
۵-۴	بررسی وضعیت ساختارهای زمین شناسی ناحیه (گسل ها، ساختارهای حلقوی)	۶۵
۵-۵	تفکیک دگرسانی ها در محدوده مورد بررسی	۷۰
۵-۵-۱	دگرسانی های آرژیلیک در محدوده مورد بررسی	۷۰
۵-۶	روشهای اعمال شده جهت استخراج دگرسانی ها	۷۱
۵-۶-۱	روش بصری	۷۱
۵-۶-۲	روش رقومی - بصری با استفاده از نرم افزار (Geomatca.9.1)	۷۲
۵-۶-۳	روش رقومی - بصری با استفاده از نرم افزار (ENVI 4.0)	۷۴

فصل ششم - تفکیک دگرسانی ها بوسیله تصاویر ASTER

۶-۱	مقدمه	۸۱
۶-۲	سنجنده استر	۸۲
۶-۳	تفکیک دگرسانی های اکسید آهن	۸۶
۶-۴	تفکیک دگرسانی های آرژیلیک، پتاسیک و فلیک	۹۱
۶-۵	تفکیک دگرسانی های پروپیلیتیک در محدوده مورد بررسی	۹۶

۷-۵ نتایج دور سنجی	۱۰۰
--------------------------	-----

فصل هفتم - تلفیق داده ها و معرفی مناطق امید بخش

۱-۷ مقدمه	۱۰۵
۲-۷ نقشه نهایی تلفیق داده ها	۱۰۵

فصل هشتم - نتایج و پیشنهادات

۱-۸ نتیجه گیری	۱۱۸
۲-۸ پیشنهادات	۱۱۹

فهرست منابع

الف- منابع فارسی	۱۲۱
ب- منابع انگلیسی	۱۲۳

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ موقعیت جغرافیایی زون جبال بارز و ورقه جبال بارز ۸
- شکل ۲-۲ وضعیت راه های ارتباطی منطقه مورد مطالعه ۹
- شکل ۳-۲ نقشه زمین شناسی برگه جبال بارز ۱۵
- شکل ۱-۳ طیف الکترومغناطیس ۲۱
- شکل ۲-۳ بازتاب طیفی بعضی کانی های مهم ۲۲
- شکل ۳-۳ بازتاب طیفی رویه تازه سنگها ۲۳
- شکل ۴-۳ ماهواره لندست نسل ۱ ۲۵
- شکل ۵-۳ نحوه کار اسکن کننده چند طیفی ۲۶
- شکل ۶-۳ روشهای بهبود و واضح سازی تصویر ۳۲
- شکل ۷-۳ افزایش کنتراست تصویر ۳۳
- شکل ۸-۳ روش متعادل کردن هیستوگرام ۳۵
- شکل ۹-۳ نمایش نموداری رابطه بین دو مولفه اصلی اول ۳۸
- شکل ۱۰-۳ منحنی میانگین انعکاس طیفی سه پدیده ۴۰
- شکل ۱-۴ نمایش دگرسانی پلاژیوکلاز از حاشیه به آلکالی فلدسپات و هورنبلند به بیوتیت پولکی شکل ۴۶
- شکل ۲-۴ نمایش نیمرخ زون های دگرسانی کانسار های مس پورفیری ۴۷
- شکل ۳-۴ نمایش محدوده پایداری پتاسیم فلدسپات و چگونگی تبدیل آن به سرسیت ۴۹
- شکل ۴-۴ نمایش محدوده پایداری آل بیت، دگرسانی آل بیت به پاراگونیت و یا مونتموریونیت و همچنین دگرسان شدن آن ها به کائولینیت و یا پیروفیلیت ۵۰
- شکل ۵-۴ نمایش شرایط و چگونگی دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت، کلریت و سرسیت ۵۳
- شکل ۶-۴ دیاگرام نمایش محدوده پایداری موسکویت، آلونیت، کائولینیت و پتاسیم فلدسپات در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد ۵۶
- شکل ۱-۵ تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=742) ۶۶
- شکل ۲-۵ تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=531)- نمایش ساختار های حلقوی منطقه ۶۷
- شکل ۳-۵ تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=531)- نمایش ساختار های گسله منطقه ۶۹
- شکل ۴-۵ تصویر ماهواره ای لندست (RGB=531) از محدوده مورد مطالعه- نمای کلی دگرسانی های آرژیلیکی منطقه که به وسیله یک لایه وکتوری سبز رنگ نشان داده شده است. ۷۳
- شکل ۵-۵ موقعیت دگرسانی های آرژیلیکی در بخش جنوب غربی محدوده مورد مطالعه نسبت به روستای ده درک نشان داده شده است ۷۶

- شکل ۵-۶ استفاده از روش رقومی - بصری تفریق باند ها برای نمایش دگرسانی های آرزلیکی،
اکسید آهن و سیلیسی در اطراف روستای ده درک..... ۷۷
- شکل ۵-۷ استفاده از روش رقومی - بصری تحلیل مولفه های اصلی برای نمایش دگرسانی
اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه ۷۸
- شکل ۵-۸ استفاده از روش رقومی - بصری Prediction B and در نرم افزار ENVI و مشاهده
شدت دگرسانی های آرزلیکی از قوی تا ضعیف در محدوده مورد مطالعه ۷۹
- شکل ۶-۱ مقایسه بین باند های طیفی لندست و استر ۸۴
- شکل ۶-۲ بازتاب طیفی کانی های اکسید آهن ۸۷
- شکل ۶-۳ تصویر ماهواره ای رستر تفکیک نواحی اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه..... ۸۸
- شکل ۶-۴ اعمال روش رقومی Interactive Stretching برای استخراج نواحی دگرسانی
اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه ۸۹
- شکل ۶-۵ اعمال روش رقومی Prediction Band برای استخراج نواحی دگرسانی اکسید آهن
در محدوده مورد مطالعه ۹۰
- شکل ۶-۶ بازتاب طیفی کانی های رسی ۹۱
- شکل ۶-۷ تصویر ماهواره ای استر (RGB=456) - نمایش دگرسانی های سرسیتی و
کائولینیتی در محدوده مورد مطالعه ۹۲
- شکل ۶-۸ اعمال روش رقومی Interactive Stretching برای استخراج نواحی دگرسانی
کائولینیتی و سرسیتی در محدوده مورد مطالعه..... ۹۳
- شکل ۶-۹ جداسازی دگرسانی های کائولینیتی از سرسیتی با توجه به تن رنگی آن ها در
نرم افزار ENVI ۹۴
- شکل ۶-۱۰ هیستوگرام ارزش های طیفی تصویر قبل و بعد از بارز سازی به روش Interactive
Stretching ۹۵
- شکل ۶-۱۱ تصویر ماهواره ای ASTER (RGB468) - تفکیک نواحی دگرسانی پروپلیتیک
در محدوده مورد مطالعه ۹۷
- شکل ۶-۱۲ اعمال روش رقومی Color Mapping برای استخراج نواحی دگرسانی
پروپلیتیک در نرم افزار ENVI ۹۸
- شکل ۶-۱۳ نقشه دگرسانی های محدوده مورد مطالعه ۱۰۲
- شکل ۷-۱ اندیس های اکتشافی منطقه مورد مطالعه ۱۰۶
- شکل ۷-۲ نقشه مناطق امید بخش ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه..... ۱۰۷
- شکل ۷-۳ نقشه تفسیری - تکمیلی ژئوفیزیک هوایی محدوده مورد مطالعه..... ۱۰۹
- شکل ۷-۴ نقشه مناطق امیدبخش ژئوفیزیکی محدوده مورد مطالعه ۱۱۰
- شکل ۷-۵ نقشه توده های نفوذی محدوده مورد مطالعه..... ۱۱۱

- شکل ۶-۷ نقشه گسل های دورسنجی ۱۱۲
- شکل ۷-۷ نقشه بافر گسل های دورسنجی ۱۱۳
- شکل ۸-۷ نقشه نهایی تلفیق داده های محدوده مورد مطالعه ۱۱۵

فهرست جداول

جدول ۱-۳ مشخصات سنجنده های لندست ۴ و ۵.....	۲۷
جدول ۲-۳ مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+	۲۸
جدول ۱-۶ مشخصات سنجنده ASTER	۸۳

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

مس از فلزات گرانبها و استراتژیک بوده و اکتشاف و استخراج آن از جنبه های اقتصادی حائز اهمیت است. مهمترین نوع کانسارهای آن، کانسارهای پورفیری هستند، که شامل کانسارهای استوک ورک تا افشان بزرگ و عیار پایین مس می باشند و ممکن است حاوی مقادیر قابل بازیافت ناچیز مولیبدن، طلا و نقره نیز باشند. این کانسار ها معمولاً کانسار های مس- مولیبدن و یا مس- طلا می باشند که بیشتر آنها حاوی ۰/۴ تا ۱ درصد مس و دارای تناژی تا حداکثر ۱۰۰۰ میلیون تن هستند. رایج ترین سنگ های میزبان این کانسار ها، سنگ های آذرین درونی اسیدی از خانواده گرانیت با ترکیبی به سمت گرانودیوریت تا تونالیت، کوارتز مونزونیت و دیوریت است. عموماً چهار منطقه دگرسانی در این کانسار ها وجود دارد که بیشتر در اطراف استوک پورفیری به صورت مناطق هم محوری قرار گرفته اند و در عملیات اکتشاف کانسار های مس پورفیری به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار می گیرند. مناطق دگرسانی بر اساس مدل لاول- گیلبرت عبارتند از [۱۳]:

- منطقه پتاسیک: که با حضور ارتوکلاز و بیوتیت ثانویه قابل شناسایی است.
 - منطقه فیلیک: که با حضور مجموعه کوارتز، سرسیت و پیریت مشخص می شود.
 - منطقه آرژیلیک: کانی های رسی ویژگی این منطقه بوده و همراه با کائولن با نزدیکتر شدن به توده معدنی فراوان شده و با دور شدن از توده معدنی مونت موریونیت افزایش می یابد.
 - منطقه پروپیلیتیک: که با کلریت- اپیدوت شناخته می شود.
- بیشتر کانسار های مس پورفیری با کمربند های کوهزایی مزوزوئیک و سنوزوئیک همراه بوده و در دو خاستگاه اصلی (جزایر قوسی و حاشیه قاره ها) جای می گیرند.

یکی از روش های مهم در اکتشاف کانسار های مس استفاده از تکنیک سنجش از دور می باشد که این کار با بررسی محدوده های دگرسانی هیدروترمال صورت می گیرد. استفاده از تکنیک سنجش از دور در زمینه های مختلف از جمله مطالعات زمین شناسی و اکتشافات مواد معدنی باعث کاهش زمان و هزینه مطالعات می گردد. علاوه بر این موفقیت های چشمگیر استفاده از داده های ماهواره ای در تعیین مناطق دگرسانی، تهیه نقشه های لیتولوژی، مطالعات ساختاری و اکتشافی باعث استقبال از این تکنیک در طرحهای اکتشافی شده است.

با توجه به محیط تکتونیکی زون جبال بارز که قسمتی از کمربند آتشفشانی بزمان- سهند را تشکیل می دهد و با توجه به مشاهده اندیس هایی از مس در مطالعات انجام شده در منطقه، احتمال وجود ذخایر اقتصادی در این محدوده زیاد می باشد. در ضمن از آنجایی که سنگهای این منطقه تحت تاثیر فرآیند های هیدروترمال بعد از ماگمایی یا دگرسانی متاسوماتیک واقع شده اند، امکان کانه زایی در آنها زیاد است. در این مطالعه محدوده مذکور جهت بررسی کانه زایی مس با توجه به دگرسانی های هیدروترمال مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج آن به صورت مناطق امیدبخش مشخص خواهد شد.

۲-۱ مطالعات قبلی در منطقه

با توجه به قرارگیری زون جبال بارز در کمربند مس زایی ایران، مطالعات چندی بر روی این منطقه انجام گرفته است. از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بررسی های دور سنجی به منظور شناسایی پتانسیل مواد معدنی در زون جبال بارز، توسط

حمید آقاجانی و داود رفاهی [۲].

- اکتشافات معدنی در ورقه یکصد هزارم زمین شناسی جبال بارز، توسط یوسف قمیان [۱۰].

در بررسی های انجام شده مذکور مطالعات مفصلی در مورد سنگ شناسی منطقه و گسل های آن انجام گرفته است. همچنین تعدادی اندیس معدنی با بررسیهای اکتشافی در منطقه شناسایی شده است. ولی مطالعات جامعی در مورد بررسی دگرسانی های هیدروترمال با استفاده از تصاویر ماهواره ای بالاخص تصاویر ASTER صورت نگرفته است.

۱-۳ هدف از مطالعه

هدف اصلی در این پژوهش تعیین محدوده آنومالی های احتمالی جهت انجام مطالعات تفصیلی از طریق تفکیک و بررسی دگرسانی ها با استفاده از تکنیک پردازش داده های رقومی ماهواره ای است. اهداف این پژوهش عبارتند از:

۱- تعیین مناطق دگرسانی با استفاده از پردازش داده های رقومی ماهواره ای
۲- شناسایی دقیق گسل ها و ساختار های تکتونیکی مرتبط با کانی سازی به کمک داده های ماهواره ای

۳- تعیین مناطق امید بخش احتمالی

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

برای دستیابی به اهداف مذکور در این پایان نامه کار های زیر انجام گرفت:

الف- جمع آوری منابع و اطلاعات مورد نیاز و انجام مطالعات دفتری با استفاده از منابع و نقشه های موجود از محدوده مورد بررسی که شامل نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز، تصویر ۲ صحنه اطلاعاتی سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ و همچنین تصویر یک صحنه اطلاعاتی سنجنده ASTER ماهواره ترا.

ب- پردازش داده های ماهواره ای ETM+ و ASTER با استفاده از نرم افزار های Geomatica و

ENVI برای بارسازی و تفکیک دگرسانی ها در محدوده مورد مطالعه

ج- تلفیق لایه های اطلاعاتی در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ و معرفی نواحی امید بخش

جهت مطالعات تفصیلی

۱-۴ سازماندهی پایان نامه

مطالعات انجام شده در قالب این نوشتار شامل هشت فصل می باشد که مابقی فصول به شرح زیر

سازماندهی شده است:

در فصل دوم موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد بررسی ذکر شده است.

در فصل سوم سنجش از دور و کاربرد های اکتشافی آن و در فصل چهارم انواع دگرسانی ها بررسی

شده است.

در فصل پنجم روش های تفکیک دگرسانی ها در تصویر ماهواره ای ETM با استفاده از روش های

رقومی و رقومی- بصری و همچنین در فصل ششم نیز روش های تفکیک دگرسانی ها در تصویر

ماهواره ای ASTER به تفصیل بیان شده است.

در فصل هفتم لایه های اطلاعاتی مختلف در یک سیستم GIS تلفیق و نواحی امیدبخش ارائه

گردیده است.

در انتها نیز نتایج و پیشنهادات این پژوهش در فصل هشتم آورده شده است.

1- Geographic information system (GIS)

فصل دوم

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

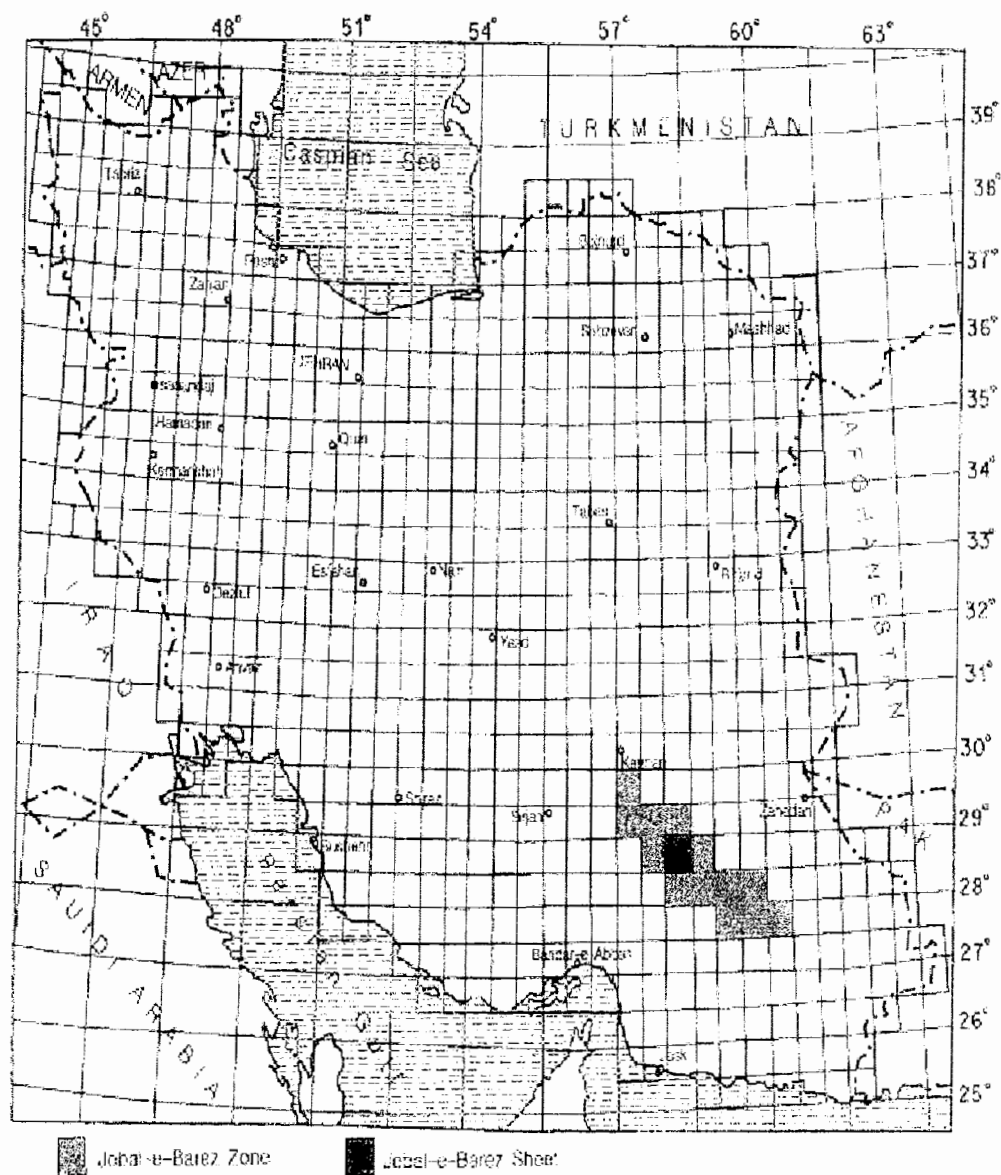
۲-۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه بین طول های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض های جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲۹ درجه قرار دارد. این محدوده که بخشی از کمربند آتشفشانی بزمان- سهند را تشکیل می دهد، بین جلگه بم از شمال و سرزمین کوهستانی حنا از جنوب واقع شده است. در شکل (۱-۲) موقعیت جغرافیایی ورقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

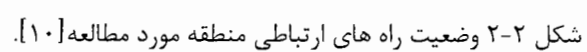
قسمت اعظم منطقه را کوه های جبال بارز پوشانده است. جبال بارز رشته کوهی است به طول ۱۵۶ کیلومتر و عرض بین ۱۰ تا ۴۰ کیلومتر، که با روند شمال غرب- جنوب شرق، شهرستان جیرفت را از شهرستان بم جدا می سازد و از قلل و کوه های متعددی تشکیل شده است. بلندترین قله آن به ارتفاع ۳۷۴۱ متر، قله فاش کوه در شاه جبال بارز قرار دارد. آبخاوری به ارتفاع ۳۰۰ متر در دامنه جنوبی این قله مشاهده می شود. رودخانه های دائمی و فصلی متعددی در این بخش جریان دارند که غالباً به هلیل رود منتهی می گردند.

برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز شامل چهار بخش ۱:۵۰۰۰۰ امجز، کروک، کنگرو و نیستان بالا می باشد که به ترتیب دارای آب و هوای معتدل مایل به سرد، خشک و معتدل، معتدل نسبتاً گرم و معتدل خشک می باشند.

پوشش گیاهی دو منطقه امجز و کنگرو شامل جنگل های پراکنده در کوه ها و بین دره ها و همچنین گیاهان جهت چرای دام می باشد. بیشتر اهالی این منطقه به کشاورزی و دامداری اشتغال دارند، البته برخی از آن ها نیز به بافت قالی و قالیچه مشغولند. در شکل (۲-۲) وضعیت راه های ارتباطی منطقه نشان داده شده است [۱۰].



شکل ۱-۲ موقعیت جغرافیایی زون جبال بارز و ورقه جبال بارز [۱۰].



۲-۲ زمین شناسی محدوده مورد بررسی

پهنه ایران زمین را می توان به مناطق زیر تقسیم کرد:

- کمربند چین خورده زاگرس
- زون روراندگی زاگرس
- کمربند دگرگونی سنندج- سیرجان
- کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر
- زون لوت
- کمربند چین خورده البرز
- توده ایران مرکزی
- زون مکران و شرق ایران
- زون کپه داغ

محدوده مورد بررسی دنباله قسمت انتهایی بیرون زدگی های آذرین مرکزی ایران است و قسمتی از کمربند آتشفشانی بزمان- سهند را تشکیل می دهد که جزء کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر تقسیم بندی می شود. فعالیت آتشفشانی این منطقه از اواخر دوره کرتاسه آغاز شده و در دوره ائوسن به اوج خود رسیده است. این فعالیت در دوره الیگوسن نیز وجود داشته است. سن سنگ های آتشفشانی از روی تشابهی که بین آن ها و سنگ های آتشفشانی سازند کرج در البرز وجود دارد، ائوسن تعیین شده است. در شکل (۲-۳) نقشه زمین شناسی برگه جبال بارز نشان داده شده است. توضیح اینکه زمین شناسی محدوده مورد بررسی از مرجع شرح نقشه زمین شناسی برگه جبال بارز اقتباس شده است [۱۱]. محدوده مورد مطالعه در روی نقشه با یک مستطیل مشخص شده است.

قدیمی ترین سنگ ها، در شمال منطقه به چشم می خورند و عبارتند از یک توالی چین خورده از سنگ های رسوبی آهکی به رنگ خاکستری تیره تا سبز- قهوه ای با لایه بندی خوب و میان لایه های مارن و شیل سبز و زیتونی که دارای توالی منظمی هستند (K2f) و همچنین کنگلومرا از جنس آهک

کرتاسه با دانه های درشت کاملاً گرد شده نیز در بین آن ها دیده می شود (K2c). ماهیت و ضخامت این رسوبات حکایت از نشست و برخاست سریع و مداوم طی فرآیند رسوب گذاری دارد.

سنگ های دوره ائوسن گسترش وسیعی در محدوده دارند. به جز لایه های حاوی فسیل متعلق به ائوسن میانی که در مناطق محدودی به چشم می خورند، سنگ های متعلق به دوره ائوسن به طور مشخص عبارتند از:

سنگ های آذر آواری با میان لایه های فرعی از گدازه، کنگلومرا، سنگ آهک و توف که دارای یک دورنمای مشخص قرمز پریده و کمی سبز هستند. از آنجائیکه یک مقطع پیوسته از این سنگ ها وجود ندارد، ضخامت دقیق هر کدام از آن ها مشخص نگردیده است، ولی در مجموع ضخامت آن ها بالغ بر چند هزار متر می شود.

در غرب روستای دهنه گمرکان، لایه های زیرین شامل آندزیت کاملاً خرد و سیلیسی شده و توف آندزیتی می باشند که در آن قطعات آندزیت، بیشتر از خمیره پلاژیوکلاز، مواد فلسیک، کلریت، شیشه و اکسید آهن دیده می شود.

توده گرانیت جبال بارز و دایک های متعدد بازیکی تا دیوریتی، عمدتاً نزدیک محل همبری در سنگ ها نفوذ نموده اند. در بعضی قسمت ها حدود ۱۰۰ متر ماسه سنگ و سنگ آهک دارای لایه بندی، همراه با توف، آندزیت را پوشانده است.

در شمال و شرق توده جبال بارز، آذرآواری ها و گدازه های میان لایه ای، در نقاطی می توانند به چهار بخش واحد فاش کوه، شمال گرانیت جبال بارز، کوه تبرکان و شمال شرقی آب میس تقسیم گردند:

۲-۲-۱- واحد فاش کوه (Ev)

این واحد که متشکل از یک مجموعه درهم و پیچیده داسیت، توف، آگلومرا و لایه های کنگلومرا است و در کوه هنجر در قسمت شمال شرقی نقشه یک توده داسیت سفید، دارای بافت دانه ای و

پرفیری را شامل می شود. همچنین در قسمت جنوبی، یک بیوتیت، ریولیت اسفرولیتی حاوی بلور های درشت کوارتز، بیوتیت و پلاژیوکلاز یافت شده است. خود این واحد شامل پنج قسمت زیر می باشد:

- توف بیوتیت- داسیت توده ای کوه دسک (Evt1)، در شمال شرقی منطقه، مرکب از درشت بلور های بیوتیت و پلاژیوکلاز همراه با قطعات آندزیت و سنگ های آتشفشانی اسیدی، که در زیر این قسمت دو افق توف ماسه ای قرمز، هر کدام با حدود ۱۰۰۰ متر ضخامت وجود دارد.

- در شمال روستای سید دامنه، و جنوب روستای تیتو یک کنگلومرای دانه درشت قرمز با ضخامت چند صد متر همراه با میان لایه هایی از مارن گچ دار به رنگ قرمز به چشم می خورد (Evc).

- در قسمت بالای کنگلومرای مذکور، توف های شیشه بلور و گدازه از جنس پیروکسین- آندزیت قرار دارند (Eva).

- حدود ۲۰۰ متر توف صورتی رنگ ریز دانه، در کوه بور و غرب روستای دهنه به چشم خورد (Evt2).

- در زیر توف، حدود ۵۰ متر ایگنمبریت قرار گرفته است که محتوی پلاژیوکلاز سریسیتی شده، به اضافه مقدار کمی بلور های کوارتز و قطعات سنگی با ترکیب متوسط که در یک خمیره فلسیک و شیشه ثانویه آلوده به اکسید آهن قرار دارد.

۲-۲-۲ شمال گرانیت جبال بارز

در شمال گرانیت جبال بارز، از کوه مسی به طرف کوه گشار، واحد بزرگتر بعدی ظاهر می شود که شامل سه مجموعه به شرح زیر است:

- در پایین ترین قسمت این واحد، توف متراکم داسیتی به رنگ سبز حاوی پلاژیوکلاز، کوارتز و قطعات سنگ آتشفشانی با ترکیب متوسط که در یک خمیره کوارتز فلدسپاتی و تکه های شیشه ثانویه قرار دارند، موجود می باشند (Eta1).

- به سمت شرق، سری های متشکل از لایه های صورتی مایل به بنفش آندزیت، داسیت و توف داسیتی به صورت تداخل بین انگشتی با قسمت زیرین توف داسیتی قرار دارند (Eac).
- روی سری های گفته شده در بالا، بیش از ۲۰۰۰ متر توف متراکم داسیتی به رنگ مشخص قرمز، قرار گرفته است (Edt1).

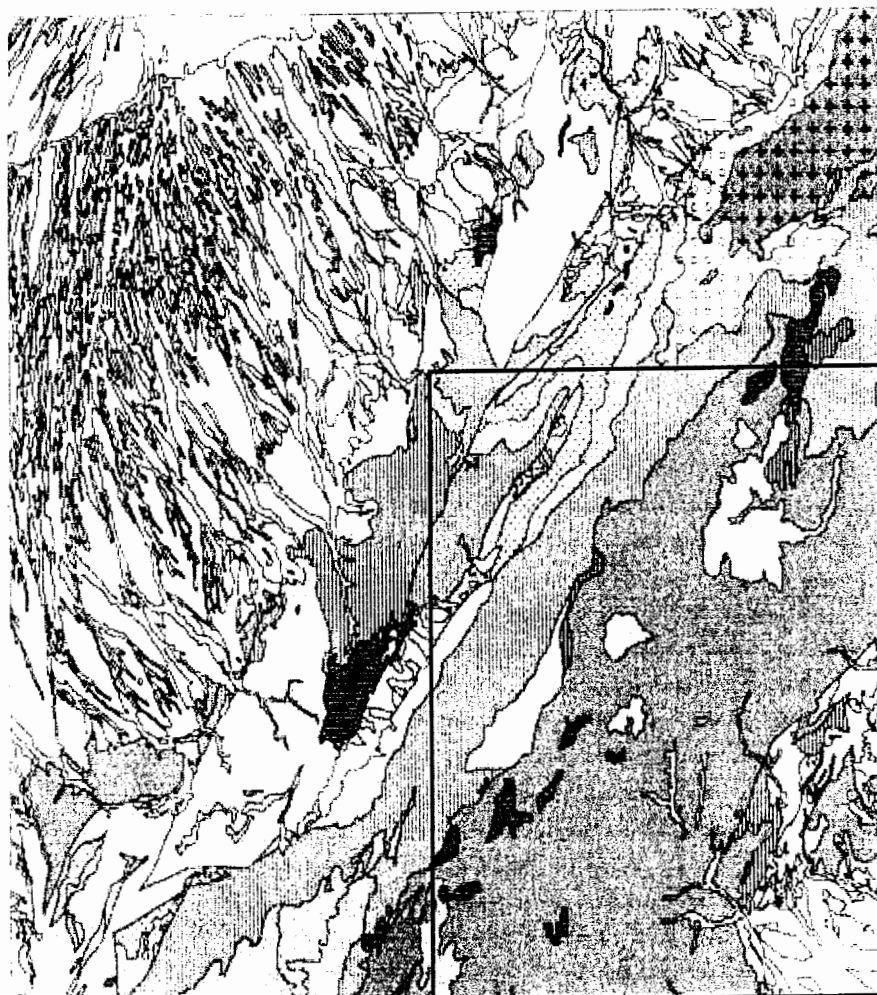
۲-۳- کوه تبرکان

- این واحد که از کوه تبرکان تا نوار شمال غربی ناحیه گسترش دارد، شامل بیش از ۲۰۰۰ متر سنگ های آذر آواری، لایه های کنگلومرا و گدازه ها می گردد (Ert)، در رخنمون غربی این واحد، میان لایه آندزیت بازالتی، عمدتاً بافت پرفیری را نمایش می دهد. قسمت بالاتر این واحد شامل میان لایه های توف ریولیتی و تعداد کمی لایه های نازک سنگ آهک فسیل دار در یک سیمان میکریتی تا اسپارایتی می باشد. چند زیر مجموعه از این واحد را می توان چنین در نظر گرفت:
- یک تا دو هزار متر کنگلومرا، توف ریولیتی، ماسه سنگ و بازالت آندزیت با ساختار ناودیزی، واقع در قسمت غربی نقشه که قسمت بالای آن توسط توف و یک توده ضخیم و خشن آگلومرا به رنگ آبی- سبز و قسمت زیرین آن به وسیله تعداد بیشتر سنگ های ریولیتی و آندزیتی، مشخص می گردد (Erab).

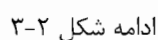
- قسمتی که در نقشه Evt نام گذاری شده و اکثراً از آندزیت و توف آندزیتی در مناطق کمی دگرگون و سیلیسی شده تشکیل شده است. این قسمت عمدتاً شامل قطعات سنگ های آندزیت در یک خمیره آندزیتی می گردد.

- جنوب بید سیاه، نزدیک حاشیه شمال غربی محدوده مورد بررسی یک سری توف های سبز داسیتی موجودند که آگلومرای بوده، همراه ماسه سنگ و کنگلومرا به صورت لایه لایه و با دایک های گرانودیوریت و میکروگرانودیوریت به شکل تداخلی و در هم رفته، قرار گرفته اند (Edca).

JEBAL-E-BAREZ



شکل ۳-۲ نقشه زمین شناسی برکه جبال بارز [۱۱].



فصل سوم

سنجش از دور

۳-۱ مقدمه

عمل بازیابی، شناسایی و تشخیص عوارض و اشیای واقع در فاصله دور که با استفاده از تصاویر و ابزار شناسائی انجام می گیرد، به نام سنجش از دور نامیده می شود. به عبارت دیگر سنجش از دور را ممکن است شناسائی از فاصله نیز تعریف نمود که این فاصله می تواند چند متر تا چند هزار کیلومتر باشد.

برای سنجش از دور تعاریف دیگری نیز ارائه شده است که در زیر به مواردی از آنها اشاره می شود: "سنجش از دور دلالت دارد بر سنجیدن اشیاء از مسافتی خاص، یعنی تشخیص و اندازه گیری ویژگی یک جسم، بدون اینکه شخص در تماس بالفعل با آن جسم باشد".

سنجش از دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات در مورد اجسام، اراضی یا پدیده های مختلف، به کمک جمع آوری اطلاعات از آنها، البته بدون تماس با پدیده های تحت بررسی و به طور خلاصه "علم و هنر کسب اطلاعات از پدیده ها یا اجسام بدون تماس با آنها".

در منابع زمینی سنجش از دور عبارت است از به کار گیری عکسهای هوایی، عکسهای فضائی و تصاویر تهیه شده از اطلاعات ماهواره ای برای تفسیر و شناسایی و کسب اطلاعات از پدیده ها، به بیان دیگر با استفاده از هواپیما یا فضاپیما، تصاویری از منابع زمینی تهیه می شود و مورد تفسیر واقع می گردد و در حالت دیگر، اطلاعات حاصل از ماهواره ها به عکس تبدیل شده و یا مستقیماً به کمک کامپیوتر مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند.

به طور کلی اطلاعات مورد استفاده سنجش از دور در منابع زمینی، یا ماهیت تصویری دارند که شامل عکس های هوایی و عکس های فضایی هستند، یعنی انعکاسات اشعه الکترو مغناطیسی از روی

اجسام بر صفحه فیلمی که در دوربین هواپیما یا فضاپیما قرار گرفته، اثر گذاشته و پس از ظهور فیلم به صورت عکس یا اسلاید مورد بررسی واقع می شوند، یا اینکه ماهیت رقومی دارند. یعنی انعکاسات اشعه الکترومغناطیسی از پدیده های منابع زمینی، به وسیله سنجنده های ماهواره ها ثبت شده و پس از ارسال به ایستگاه های زمینی و انجام تصحیحات و پردازش لازم، تبدیل به تصاویر شده و مورد تفسیر قرار می گیرند و یا به کمک کامپیوتر، مستقیماً تجزیه و تحلیل می شوند [۸].

۳-۲ طیف الکترو مغناطیس

طیف انرژی الکترومغناطیس متشکل از نیروهای پی در پی است که طول موج آنها از اجزای آنگستروم تا اجزای کیلومتر متغیر است و می تواند با سرعت نور در محیطهای خلاء مثل فضای خارج از جو زمین انتشار یابد. مرز مشخص میان یک محدوده طیفی تا محدوده بعدی وجود ندارد و روشهای متفاوتی که برای سنجش نوع ویژه انرژی هر قسمت از طیف الکترو مغناطیس به کار گرفته شده، پایه و اساس نام گذاری ها بوده است.

در شکل (۳-۱) طیف الکترومغناطیس نشان داده شده است و قسمت هایی از آن که در سنجش از دور به کار می رود شامل طیف مرئی، مادون قرمز انعکاسی و مادون قرمز حرارتی است. در زیر قسمت های مختلف طیف بیان شده است [۸].

– ماوراء بنفش^۱:

طول موج این بخش از طیف در فاصله $0.4 - 0.03$ میکرومتر قرار دارد و به سه بخش ماوراء بنفش نزدیک ($0.4 - 0.3$ میکرومتر)، ماوراء بنفش دور ($0.3 - 0.2$ میکرومتر) و ماوراء بنفش خیلی دور ($0.2 - 0.03$ میکرومتر) تقسیم می شود. منبع اصلی این اشعه خورشید بوده و ده درصد امواجی که به زمین می رسند جزء این دسته هستند. لایه فوقانی اتمسفر بخش اعظم این امواج را جذب کرده و

1- Ultraviolet

فقط انرژی مربوط به طول موج های بلندتر از 0.3 میکرومتر به زمین می رسند. اکثر سنجنده ها نظیر دوربین عکسبرداری معمولی چند باندى، پرتو برگردان (vidicon) و اسکنر در صورت داشتن فیلتر مخصوص، قابلیت ثبت آنها خواهند داشت.

- نور مرئی^۱:

بخشی از طیف است که چشم انسان قادر به رویت آنست و به طور معمول در ناحیه $0.4 - 0.7$ میکرومتر قرار دارد. اگر چه نور مرئی ناحیه بسیار کوچکی از طیف را در بر می گیرد، ولی در طبیعت بیش از پنجاه درصد انرژی خورشیدی که به سطح زمین می رسد مربوط به همین امواج است.

- مادون قرمز^۲:

محدوده این طیف از 0.7 میکرومتر تا 1 میلیمتر است، البته در عمل تنها طول موجهای $0.7 - 14$ میکرومتر در دور سنجی کاربرد دارند. ناحیه مادون قرمز بر اساس نزدیکی به نور مرئی به مادون قرمز نزدیک ($0.7 - 1.3$ میکرومتر)، مادون قرمز میانی ($1.3 - 3$ میکرومتر) و مادون قرمز دور (3 میکرومتر) و مادون قرمز دفعی یا حرارتی ($3 - 15$ میکرومتر) تقسیم می شود. منبع اصلی تولید انرژی مادون قرمز انعکاسی، خورشید است و 40% از انرژی خورشیدی را که به زمین می رسد شامل می شود. منبع اصلی تولید انرژی مادون قرمز حرارتی، گرمای ناشی از تابش خورشید به زمین است.

- امواج مایکروویو^۳:

این بخش از طیف، بین امواج مادون قرمز و امواج رادیویی قرار دارند و طول موج آنها از 1 میلیمتر تا 1 متر است. این امواج در شرایط بد آب و هوایی نیز قادر به عبور از جو هستند و به جز بخش اولیه بقیه چندان تحت تاثیر اتمسفر قرار نمی گیرند. میزان این امواج در طیف خورشیدی، بسیار ناچیز

1- Visible light

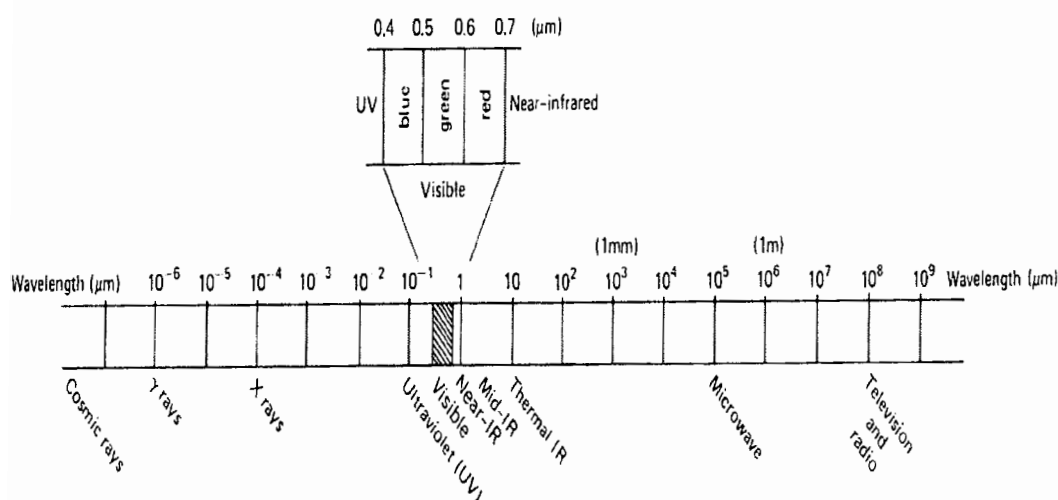
2- Infrared

3 - Microwave

است ولی می توان به کمک مولدهایی در سکوها این امواج را به طور مصنوعی تولید کرد و به زمین فرستاد که به آنها "رادار" گویند.

-رادار^۱:

طول موجهای بلند مایکروویو و طول موجهای کوتاه رادیویی را امواج راداری می گویند. این امواج به طور مصنوعی تولید شده و دارای طول موجی از ۱ سانتی متر تا ۳ متر هستند و در کارهای نظامی مورد توجه بوده اند. به وسیله یک فرستنده امواج قوی، در فواصل زمانی کوتاه به صورت ضربانی و در جهت معینی ارسال شده و سپس بازتاب آنها جمع آوری می گردند و چون بسیار قوی هستند تصاویر حاصله قدرت تفکیک بیشتری نسبت به امواج طبیعی ماکروویو دارند. این امواج قدرت نفوذ زیادی در ابر، باران، مه، برگ درختان و پوشش گیاهی دارند و از آنها در بررسی زمین زیر پوشش گیاهان استفاده می کنند و حتی در زمین نیز قابلیت نفوذ دارند.

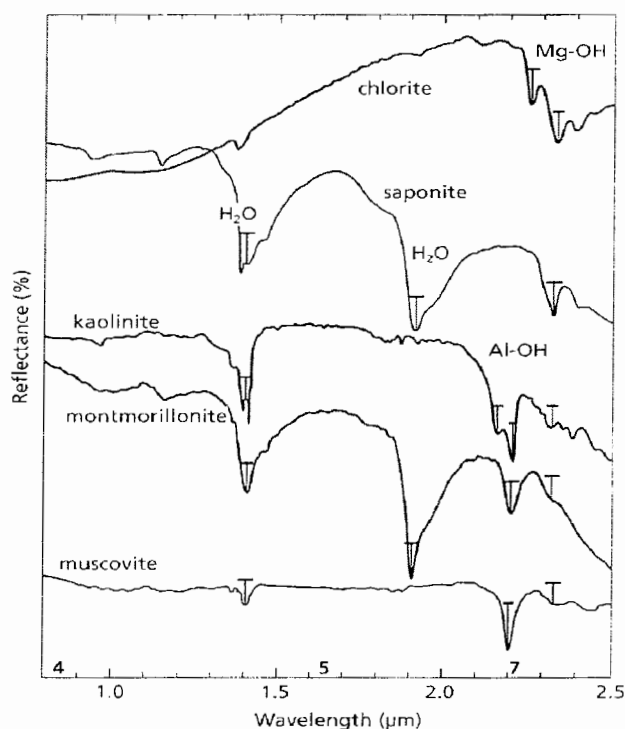


شکل ۳-۱ طیف الکترومغناطیس [۲۴].

۳-۳ بازتاب طیفی کانی ها و صخره ها

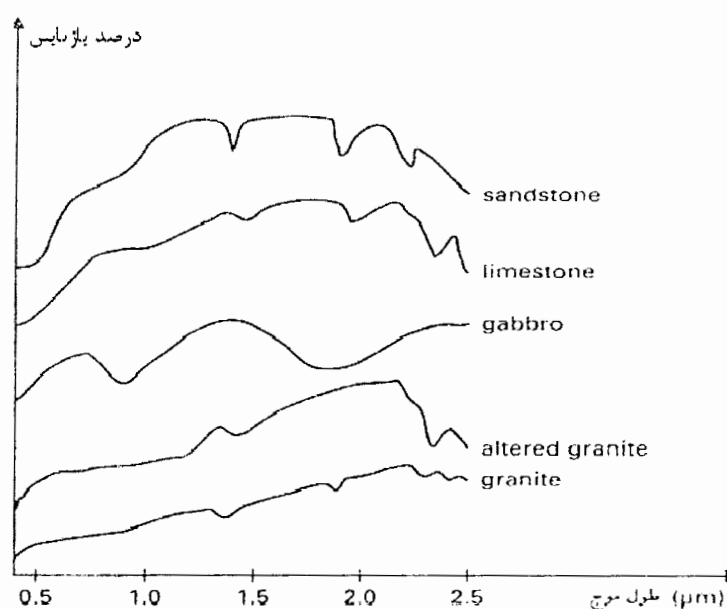
سنگها از کانیهای مختلف تشکیل یافته اند که معمول ترین آنها سیلیکات هایی مثل کوارتز، فلدسپات، پیروکسن، آمفیبول، میکا و خاک رس می باشند. این کانیها حاوی آهن، منیزیم، کلسیم، سدیم و پتاسیم بوده و با گروههایی از اتم های سیلیسیم که هر کدام بوسیله چهار اتم اکسیژن محکم شده اند، مخلوط هستند. سیلیکات ها گاهی هیدراته شده و حاوی هیدروکسیل آهن یا آب مولکولی که سازه کریستالی آنها را به هم محکم نموده است، می باشند.

دسته دیگری از کانیها کربناته هستند که مهم ترین آنها کلسیت و دولومیت هستند. بعضی اوقات کانیهای تشکیل دهنده سنگ در رویه آن وجود ندارد چون بر اثر مرور زمان فرسوده شده و به کانی دیگری تبدیل شده اند که مهمترین آنها اکسید آهن هیدراته می باشد. کانی های مختلف دارای طیف بازتابی متفاوتی هستند که طیف بازتابی بعضی از آنها در شکل (۳-۲) نشان داده شده است [۷].



شکل ۳-۲ بازتاب طیفی بعضی کانی های مهم [۲۰].

پدیده های جذبی قوی که در شکل مذکور با علامت T مشخص شده است به خاطر وجود انتقالات لرزشی است که مخصوصا در کانی های حاوی آب، هیدروکسیل و کربنات از اهمیت ویژه ای برخوردارند. حالات اصلی لرزش آب، پراکنش همبستگی O-H و خمش سازه H-O-OH می باشد. ترکیب و شدت این عوامل در قسمت های مختلف ناحیه فروسرخ بازتابی صورت می گیرد، ولی آنها بر اثر منطبق شدنشان با پدیده مشابه ناشی از بخار آب اتمسفری، قابل استفاده در سنجش از دور فضایی نیستند. در عمل ما کمتر می توانیم یک کانی تکی را توسط سنجش از دور بشناسیم. معمولا چند کانی، یک سنگ را تشکیل داده و کل یا قسمتی از رویه آن نیز ممکن است با لایه ای از کانی های هوازده، کلفت و غیر شفاف و یا نازک و شفاف پوشیده شده باشد، بنابراین عکس العمل طیفی حقیقی رویه یک سنگ، ترکیبی از ترکیبات سازنده آن می باشد. شکل ۳-۳ بازتاب طیفی نمونه ای از رویه تازه سنگها را نشان می دهد.



شکل ۳-۳ بازتاب طیفی رویه تازه سنگها [۷].

۳-۴ سکو ها و سنجنده ها

هر وسیله ای که اشعه الکترومغناطیسی منعکس شده از پدیده های مختلف یا سایر انرژی های ساطع شده (مادون قرمز حرارتی) را جمع آوری نموده و به شکلی مناسب، برای کسب اطلاعات از محیط اطراف ارائه دهد، سنجنده نامیده می شود.

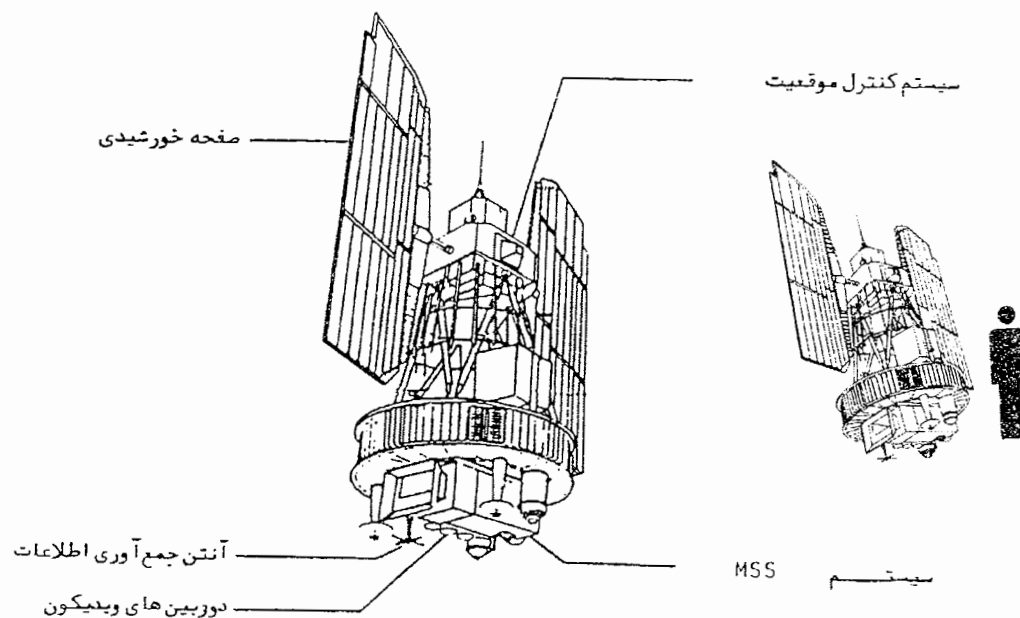
در سنجش از دور سکو به محلی اطلاق می گردد که سنجنده در آن قرار می گیرد و به طور کلی شامل سکوهای زمینی (سه پایه) سکوهای هوایی (بالن-بالگرد-هوپیما) و سکوهای فضایی (شاتل-سفینه-ماهواره-ایستگاه فضایی) می شوند. سنجنده ها بر اساس منبع انرژی به سنجنده های فعال^۱ و سنجنده های غیر فعال^۲ و بر اساس بازده اطلاعاتی به سنجنده های تصویری و غیر تصویری تقسیم می شوند [۶].

۳-۵ ماهواره لندست

ماهواره های لندست که توسط سازمان ملی هوانوردی و فضاءوردی امریکا (NASA) طراحی و در مدار زمین قرار گرفته اند، شامل دو نسل اند که ماهواره های لندست ۱، ۲، ۳، را ماهواره های نسل اول و ماهواره های ۴، ۵ را ماهواره های نسل دوم می گویند. ماهواره های نسل اول، مشابه همدیگر بوده و دارای قطر حدود ۱/۵ متر و بلندی تقریبی ۳ متر و وزن حدود ۹۵۳ کیلوگرم می باشند. هم اکنون ماهواره لندست ۷ نیز در مدار قرار گرفته و فعال است. این ماهواره ها در مدارهای خورشید آهنگ^۳ در هر ۹۹ دقیقه یکبار به دور زمین گردش می کنند و مدار گردش آنها طوری انتخاب شده است که در ساعت ۹:۴۵ به وقت محلی از بالای خط استوا عبور می کنند. این

1- Active sensors
2- Passive sensors
3- Sun- synchronus

ماهواره ها در هر گذر نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر را پوشش می دهند، تهیه پوشش کامل زمین ۱۶ روز طول می کشد. در شکل (۳-۴) ماهواره لندست ۱ نشان داده شده است [۸].

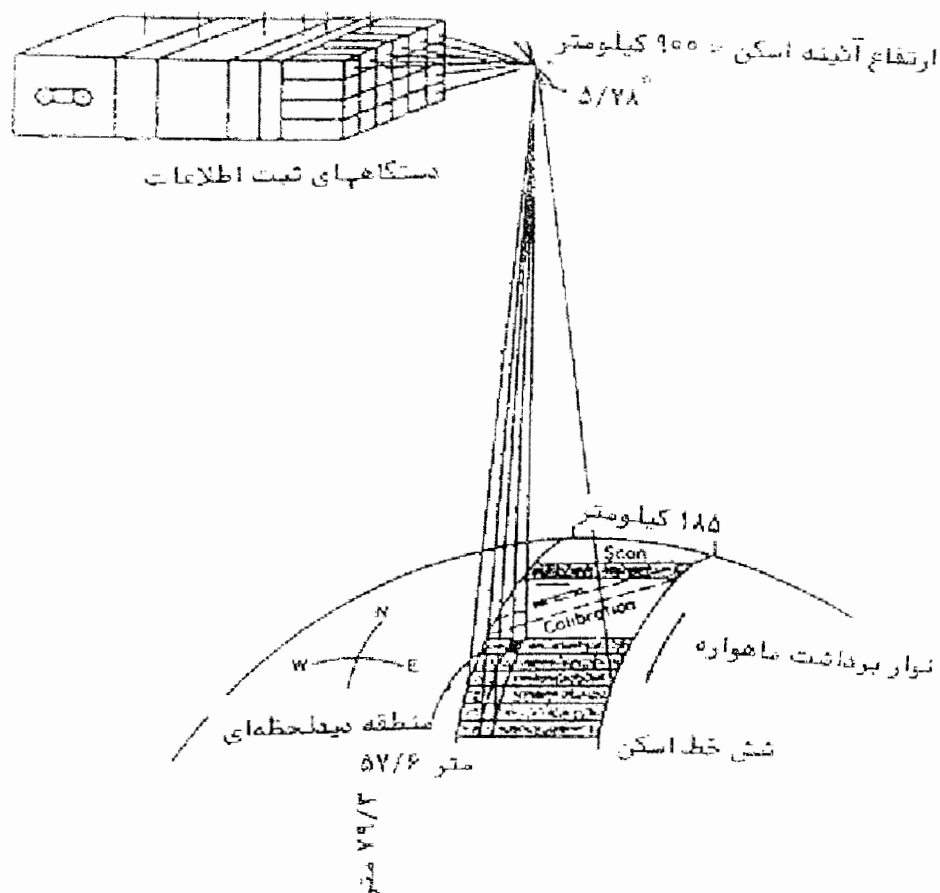


شکل ۳-۴ ماهواره لندست نسل ۱ [۶].

۳-۵-۱ مشخصات سنجنده های لندست

سنجنده MSS یا اسکن کننده چند طیفی^۱، به صورت نوارهایی در جهت عمود بر مسیر پرواز ماهواره تصویر برداری می کند در این سنجنده ها آینه ای متحرک نصب شده که دارای حرکت غرب به شرق است و امواج منعکس شده از یک نوار به پهنای ۴۷۴ متر (در شش نوار کوچکتر و هر نوار به پهنای ۷۹ متر تقسیم می شود) به آینه می رسد. در شکل (۳-۵) نحوه کار اسکن کننده چند طیفی نشان داده شده است [۷].

1- Multi spectral scanner



شکل ۳-۵ نحوه کار اسکن کننده چندطیفی [۷].

در لندست های ۱ و ۲ که در ۴ باند تصویر برداری می کنند، میدان دید لحظه ای^۱ برابر با ۷۹×۷۹ متر در روی زمین است اما به دلیل پوشش مشترک قطعات، اطلاعات در ابعاد ۵۶×۷۹ متر توسط ثبت کننده های سنجنده ثبت می گردد که به آن یک پیکسل^۲ یا قدرت تفکیک زمینی گویند این واژه به معنی حداقل مساحتی از زمین که قابل تشخیص است یا کوچک ترین عنصر شکل دهنده تصویر نیز به کار می رود.

1- Instantaneous field of view
2- Pixel: picture element

سنجنده TM که نوع پیشرفته ای از سنجنده MSS است، علاوه بر آن که قدرت تفکیک مکانی آن بهبود یافته، قدرت تفکیک طیفی و رادیو متری آن نیز افزایش حاصل نموده است و از لحاظ فراهم ساختن اطلاعات در مقایسه با MSS، توانایی دو برابر دارد. جدول (۳-۱) مشخصات این سنجنده ها را نشان می دهد [۸].

جدول ۳-۱ مشخصات سنجنده های لندست ۴ و ۵ [۸].

نام ماهواره و تاریخ پرتاب	سنجنده	شماره باند	دامنه طیفی باند (میکرومتر)	نام دامنه طیفی	قدرت تفکیک مکانی (m)	ابعاد پوشش (Km)
لندست ۴ (۱۹۸۱)	MSS	۱	۰/۵ - ۰/۶	سبز	۷۹	*۱۸۵ ۱۸۵
		۲	۰/۶ - ۰/۷	قرمز	۷۹	
		۳	۰/۷ - ۰/۸	مادون قرمز نزدیک	۷۹	
		۴	۰/۸ - ۰/۱	مادون قرمز نزدیک	۷۹	
لندست ۵ (۱۹۸۴)	TM	۱	۰/۴۵ - ۰/۵۲	آبی	۳۰	*۱۸۵ ۱۸۵
		۲	۰/۵۲ - ۰/۶۰	سبز	۳۰	
		۳	۰/۶۳ - ۰/۶۹	قرمز	۳۰	
		۴	۰/۷۶ - ۰/۹۰	مادون قرمز نزدیک	۳۰	
		۵	۰/۱/۵۵ - ۰/۱/۷۵	مادون قرمز میانی	۳۰	
		۶	۰/۱۰/۵ - ۰/۱۲/۵۰	مادون قرمز	۱۲۰	
		۷	۰/۲/۰۸ - ۰/۲/۳۵	حرارتی	۳۰	
				مادون قرمز میانی		

۳-۵-۲ ماهواره لندست ۷

این ماهواره در ۱۵ آوریل ۱۹۹۹ (۲۶ فروردین ۱۳۷۸) به فضا پرتاب شد. این ماهواره مجهز به سنجنده ای به نام نقشه بردار موضوعی بهبود یافته است. که در مقایسه با سنجنده TM قابلیت های ویژه ای دارد:

الف- وجود باند پانکروماتیک با محدوده طیفی ۰/۹۰ - ۰/۵۲ میکرومتر و قدرت تفکیک زمینی ۱۵

متر

ب- بهبود قدرت تفکیک مکانی باند حرارتی از ۱۲۰ متر به ۶۰ متر

ج- وجود تنظیم کننده که تنظیم و تبدیل انرژی رادیو متر داده های سنجنده را بهبود می بخشد،

در جدول (۳-۲) مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+ آورده شده است [۸].

جدول ۳-۲ مشخصات ماهواره لندست ۷ و سنجنده ETM+ [۸].

شماره باند	محدوده طیفی (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۰/۴۵ - ۰/۵۱۵	۳۰
۲	۰/۵۲۵ - ۰/۶۰۵	۳۰
۳	۰/۶۳ - ۰/۶۹	۳۰
۴	۰/۷۵ - ۰/۹۰	۳۰
۵	۱/۵۵ - ۱/۷۵	۳۰
۶	۱۰/۴ - ۱۲/۵	۶۰
۷	۲/۰۹ - ۲/۳۵	۳۰
پانکروماتیک	۰/۵۲ - ۰/۹۰	۱۵

۳-۶ ماهواره ترا

این ماهواره حاصل پروژه مشترک کشورهای آمریکا، کانادا و ژاپن بوده و دارای سنجنده های MODIS و ASTER است. در حال حاضر مرکز سنجش از دور ایران فقط داده های سنجنده MODIS را دریافت می کند. تصاویر دریافتی این ماهواره هردو روز یکبار کره زمین را پوشش می دهد. این ماهواره در یک مدار شبه قطبی در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری سطح زمین، هر ۹۹ دقیقه یکبار به دور زمین می چرخد. این ماهواره کاربرد های مختلفی در هواشناسی، اقیانوس شناسی، هیدروژئولوژی و فعالیت های اکتشافی دارد. از جمله مهمترین کاربرد های آن تشخیص دگرسانی ها در کار های اکتشافی می باشد که در فصل ششم به طور مفصل به آن پرداخته شده است [۸ و ۱۷].

۳-۷ پردازش تصویر ماهواره ای

هنگامی که تفسیر رقومی اطلاعات ماهواره ای مطرح می شود، ارزش های رقومی عناصر سازنده تصویر، مورد توجه قرار می گیرد. به بیان دیگر، منظور از تفسیر اطلاعات ماهواره ای، بررسی و اندازه گیری ارزش های رقومی آنها است که استخراج نتایج جزئی و دقیق تری را نسبت به آنچه از تفسیر آنالوگ به دست می آید ممکن می سازد. با پردازش کامپیوتری ارزش های رقومی و تجزیه و تحلیل آنها، پدیده های زمینی شناسایی می شوند و نتایج، مجدداً به صورت آنالوگ، یعنی تصاویری متفاوت با تصویر اولیه و یا به شکل نقشه ها، جداول و گزارشها، ارائه می شوند. با استفاده از کامپیوتر امکان بهره گیری از روابط و محاسبات ریاضی- آماری، به طور گسترده در اختیار مفسر قرار می گیرد. تغییراتی که در هر مرحله از پردازش، بر روی ارزش های رقومی پدید می آید، تجزیه و تحلیل می شود و سرانجام، شناسایی، تفکیک و طبقه بندی پدیده های زمینی انجام می گردد. در حقیقت، عبور از آنالوگ به رقومی و بازگشت از رقومی به آنالوگ را می توان به عنوان مسیر تفسیر رقومی اطلاعات ماهواره ای دانست

تصویر گسسته شامل تعدادی از جزء های تصویر منفرد به نام پیکسل یا جزء تصویری است که هر یک از آنها دارای شدت معین و آدرسی در فضای تصویر دو بعدی است. به هر پیکسل، یک رقم خاص نسبت داده می شود که در واقع، میانگین ارزش های رقمی یا انعکاس امواج از سطحی مورد نظر در روی زمین است و همین ارزش، ظهور تن های مختلف یا درجات روشنایی گوناگون را بر روی تصویر باعث می شود. هنگام تفسیر رقومی تغییری در اندازه پیکسل دیده نمی شود و امکان تغییر اندازه پیکسل نیز از امتیازات تفسیر رقومی است. لیکن وقتی اندازه پیکسل ها از حدی بیشتر شود شکل اصلی تصویر در هم می ریزد و با تصویر خام تفاوت کلی پیدا می کند. هر پیکسل با اندازه دید لحظه ای سنجنده روی زمین، فاصله بین دو دید لحظه ای پیاپی و تعداد بیت هایی که به آن اختصاص می یابد، معرفی می شود. تکنیک های پردازش تصاویر گسسته شامل تصحیح، بارز سازی، عملیات تبدیل و فیلتر سازی و طبقه بندی می باشد [۱۴ و ۳۰].

۳-۷-۱ پیش پردازش

پیش پردازش تصاویر ماهواره ای شامل تصحیح رادیومتری و تصحیح هندسی می باشد [۲ و ۱۴].

۳-۷-۱-۱ تصحیح رادیومتری

تصحیح رادیو متری برای اجتناب از خطاهای رادیومتری یا اعوجاج است. در حالی که هدف از تصحیح هندسی از میان بردن اعوجاج هندسی است. زمانی که انرژی الکترو مغناطیسی گسیل شده یا باز تابیده از یک پدیده توسط سنجنده نصب شده بر هواپیما یا فضا پیما مورد مشاهده قرار می گیرد، انرژی مشاهده شده با انرژی گسیل شده از همان پدیده از فاصله نزدیک یکسان نیست. این وضع به دلیل سمت و ارتفاع خورشید، شرایط جوی مانند مه، یا پاسخ سنجنده و غیره است که بر انرژی مشاهده شده تاثیر می گذارد. بنابراین، برای تعیین تابیدگی واقعی، این اعوجاجات رادیومتری باید تصحیح شوند [۲].

۳-۷-۱-۲ تصحیح ژئومتری یا هندسی

داده های ماهواره ای، به دلیل وجود انحناء و چرخش زمین، ناهمواری های موجود روی سطح آن، ارتفاع سنجنده، عدم ثبات سکوها و خطای تجهیزات مربوطه دارای خطاهایی می باشند که در نتیجه آن عوارض زمینی دارای مختصات واقعی نیستند. تصحیح هندسی برای جلوگیری از اعوجاج های هندسی در یک تصویر معوج انجام می گیرد و با ایجاد ارتباط بین سیستم مختصات تصویر و سیستم مختصات جغرافیایی، با استفاده از داده های کالیبراسیون یا درجه بندی سنجنده، داده های اندازه گیری شده مربوط به مکان و وضعیت نقطه های کنترل زمینی و شرایط جوی عملی می گردد [۲].

۳-۷-۲ بارزسازی تصویر

بارزسازی تصویر شامل افزایش کنتراست، فیلترگذاری، نسبت گیری طیفی و تحلیل مولفه های اصلی است [۶ و ۷].

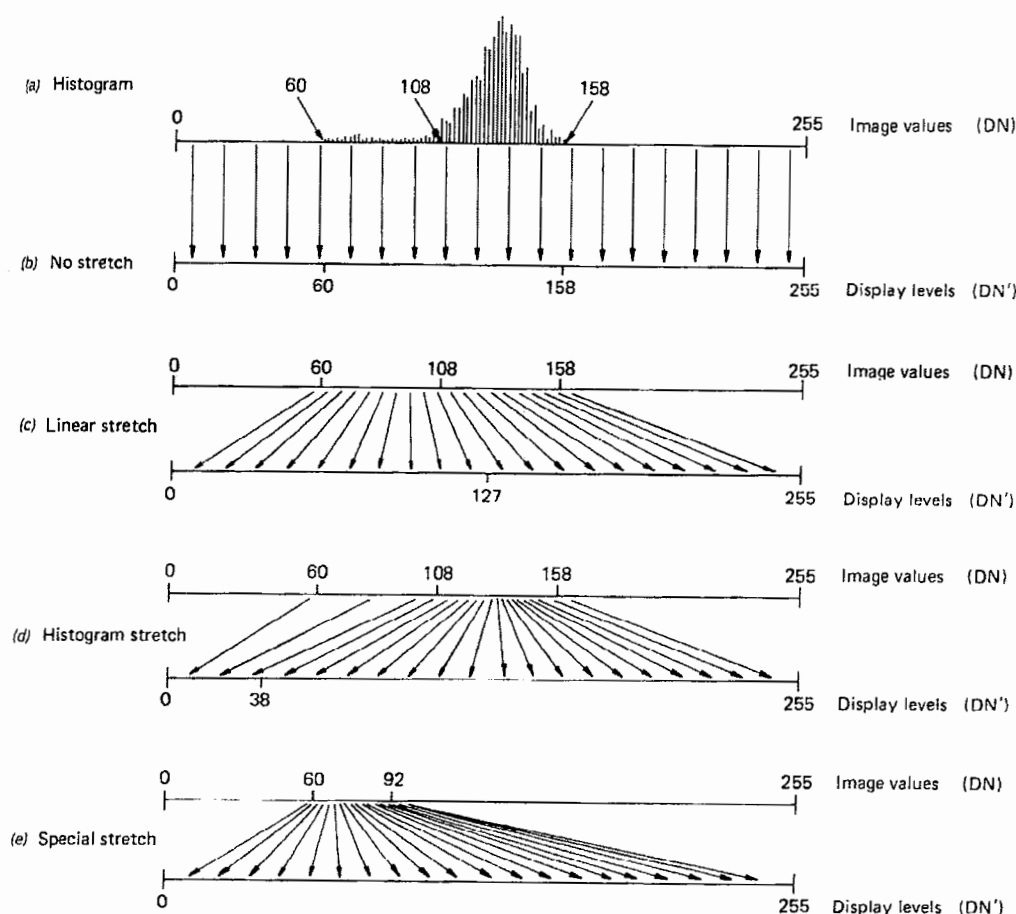
۳-۷-۲-۱ افزایش کنتراست^۱

در بسیاری موارد، مواد مختلف موجود در طبیعت یا پدیده های گوناگون بازتاب های طیفی یا تشعشعات حرارتی مشابهی از خود نشان می دهند که در چنین حالتی، تصویری با کنتراست نسبتاً کم حاصل می شود. عامل دیگری که موجب تباین کم در تصاویر ماهواره ای می شود، حساسیت آشکار سازها است. سنجنده هایی نظیر TM و HRV^۲ دارای توان تفکیک رادیومتری ۸ بیتی می باشند، یعنی درجه روشنایی پیکسل ها می تواند در تئوری در دامنه ۰-۲۵۵ قرار گیرد. اما در بسیاری موارد درجه روشنایی ها در عمل در دامنه محدود تری مثلاً بین ۵۰ تا ۱۵۰ قرار می گیرند که در این صورت عمل واضح سازی برای تصویر سبب وضوح بیشتر آن گشته و از این طریق می توان تفاوت بین پدیده ها را آشکارتر ساخت. بسط دادن دامنه تصویر به دامنه وسیع تری از مقادیر درجه روشنایی را، بسط تباین

1- Contrast stretching

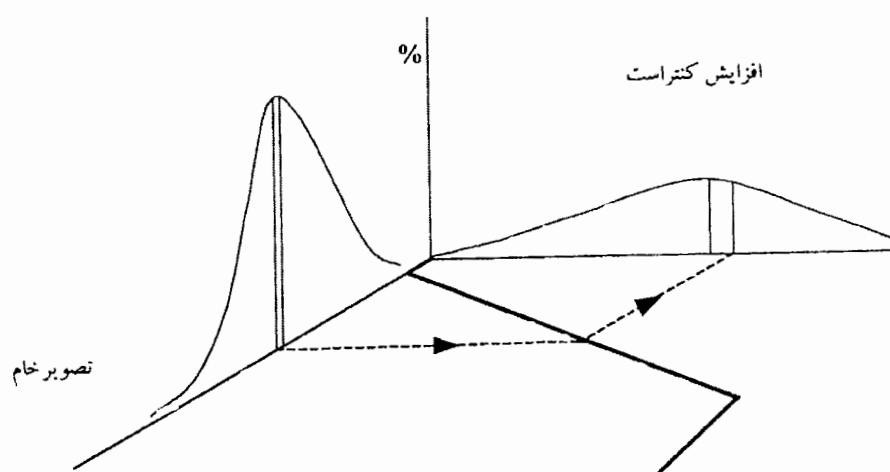
2- Hight resolution vidicon

گویند که در اثر این بسط به دلیل وضوح بیشتر تصویر، امکان متمایز کردن پدیده های بیشتری فراهم می گردد. روش بسط تباین خطی به گونه ای است که درجه روشنایی های یک تصویر که محدود به دامنه کمی بوده اند، در محدوده ۰ تا ۲۵۵ گسترش می یابند که در واقع کمترین درجه روشنایی تصویر صفر (سیاه) و بیشترین درجه آن برابر ۲۵۵ (سفید) می گردد. با به کار بردن این روش، تصویر مطلوب و واضح تری ایجاد می شود. در شکل (۳-۶) بعضی از روش های بهبود و بارز سازی تصویر نشان داده شده است [۸، ۳۰].



شکل ۳-۶ روشهای بهبود و واضح سازی تصویر [۲۴].

ساده ترین نوع افزایش کنتراست استفاده از هیستوگرام ارزش های طیفی تصویر است. در این روش همانطور که در شکل (۷-۳) دیده می شود با بررسی هیستوگرام و پیدا کردن دامنه و ارزش های اطلاعاتی، دامنه ارزش ها را می توان به شکلی ادامه داد که کاملاً بر محور افقی هیستوگرام منطبق شود. در این حالت، تصویر حاصله، تمام دامنه ارزش های توان رادیومتری را در برخواهد گرفت [۶].

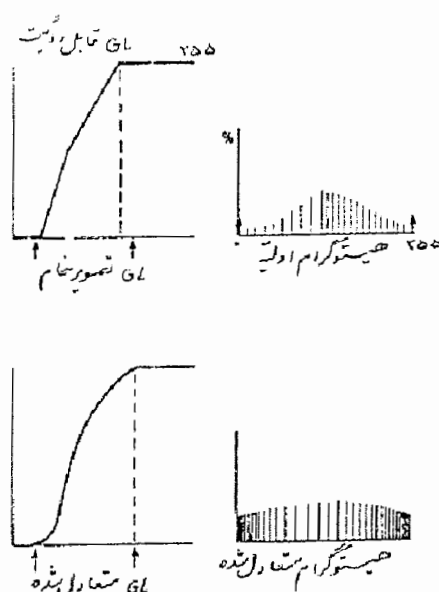


شکل ۷-۳ افزایش کنتراست تصویر [۶].

افزایش کنتراست به روش تکه ای نوع دیگری از افزایش کنتراست است که برخلاف حالت قبل، به صورت غیر ممتد و تکه ای^۱ انجام می شود. در این روش، به ویژه در مواقعی که هیستوگرام شکل نامتعادلی دارد، می توان توان رادیومتری را به طبقات مختلف تقسیم نموده و با توجه باندهای مورد استفاده در نمایش تصویر و رابطه باندها با پدیده ها یا طبقات مختلف تصویر، حداقل و حداکثر دامنه طیفی مربوط به هر طبقه را بر روی هیستوگرام مشخص نمود. سپس با بهره گیری از برنامه های خاص پردازش تصاویر و استفاده از کامپیوتر، انتقال ارزشهای طیفی را از طبقه ای به طبقه دیگر انجام داد و طبقه یا طبقاتی خاص را که بیشتر مورد نظر هستند، با وضوح بیشتری بر روی تصویر نمایان کرد. برای

1 - Piece wise stretch

اجرای چنین افزایش کنتراست که کاربرد وسیعی در پردازش تصاویر ماهواره ای دارد، آگاهی کامل از باندهای خاص طیفی و روابط آنها با پدیده های زمینی، برای مفسر اطلاعات ماهواره ای ضروری است. یکی دیگر از روش های افزایش کنتراست که به صورت غیر خطی انجام می شود، متعادل یا یکنواخت کردن هیستوگرام است در این روش با استفاده از خاصیت تجمعی ارزش ها (تعدادکل پیکسل های موجود بین صفر تا هر یک از درجات روشنایی هیستوگرام) کنتراست های بالا و پایین متعادل می شوند و کنتراست های متوسط، به طور یکنواخت به سمت ابتدا و انتهای هیستوگرام ادامه می یابند. هیستوگرام تصویر، پس از اجرای این روش، به شکل نرمال نزدیک می شود. از اشکالات این روش، عدم امکان دخالت مفسر اطلاعات ماهواره ای در اجرای برنامه کامپوتری است. هر چند این افزایش کنتراست به سرعت صورت می گیرد ولی ممکن است در تصویر جدید، افزایش و یا کاهش طیفی بیش از حد در برخی از پدیده ها مشاهده شود که حالت اشباع تصویر گفته می شود نمونه ای از افزایش کنتراست با روش متعادل کردن هیستوگرام و تغییری که در هیستوگرام و تصویر مربوطه ایجاد شده در شکل (۳-۸) مشاهده می شود.



شکل ۳-۸ روش متعادل کردن هیستوگرام

۳-۷-۲-۲ فیلتر گذاری

عمل پردازشی که با استفاده از آن برخی درجه های روشنایی را برای ایجاد یک تصویر به کار می بریم، اصطلاحاً فیلتر کردن نام دارد. در واقع فیلتر کردن نوعی تغییر ارزش های طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل نسبت به پیکسل همسایه اش تغییر می کند و تصویر جدیدی می سازد که می تواند تباین آن با تصویر اصلی متفاوت باشد [۶ و ۳۰].

فیلتر های مهم و معمول در سنجش از دور شامل موارد زیرند:

۱- فیلتر های پایین گذر^۱۲- فیلتر های بالاگذر^۲۳- فیلتر های باند گذر^۳

برای اعمال فیلتر بر روی یک تصویر، یک جعبه فیلتر در نظر گرفته می شود و برای تعیین درجه روشنایی جدید پیکسل ها، این جعبه فیلتر بر روی تمام تصویر حرکت می کند و تصویر جدید را به وجود می آورد. یک جعبه فیلتر، ماتریسی است که شامل مجموعه ای از ضرایب است. مقدار هر پیکسل در تصویر خروجی با قرار دادن پنجره روی پیکسل متناظر در تصویر ورودی و ضرب کردن مقادیر تمام پیکسل های زیر پنجره در وزن متناسب و حاصل جمع آن به دست می آید. برای محاسبه فیلتر های پایین گذر، از میانگین، مد و میانه درجه روشنایی پیکسل به پیکسل و پیکسل های همسایه استفاده می شود. با استفاده از فیلتر پایین گذر، دامنه طیفی شکل کاهش می یابد و شکلی با جزئیات تقریباً یکنواخت به وجود می آید چنانچه تصویر حاصل از فیلتر پایین گذر را از تصویر اصلی کسر کنیم، تصویر حاصل از فیلتر بالاگذر به دست می آید. در چنین تصویری پدیده های دارای درجه روشنایی بالا، جزئیات بیشتر و دقیق تری را نشان می دهد، به ویژه اگر اختلاف بین درجه روشنایی پیکسل های همسایه یکباره تغییر کرده باشد، بنابراین می توان

1- Low pass

2- High pass

3- Band pass

از چنین خاصیتی در مطالعه عوارض خطی و مرز ها استفاده کرد. فیلتر های پایین گذر برای حذف نویز در تصویر که سبب به وجود آمدن پدیده های ساختگی ناخواسته در تصویر می شود، مورد استفاده قرار می گیرند.

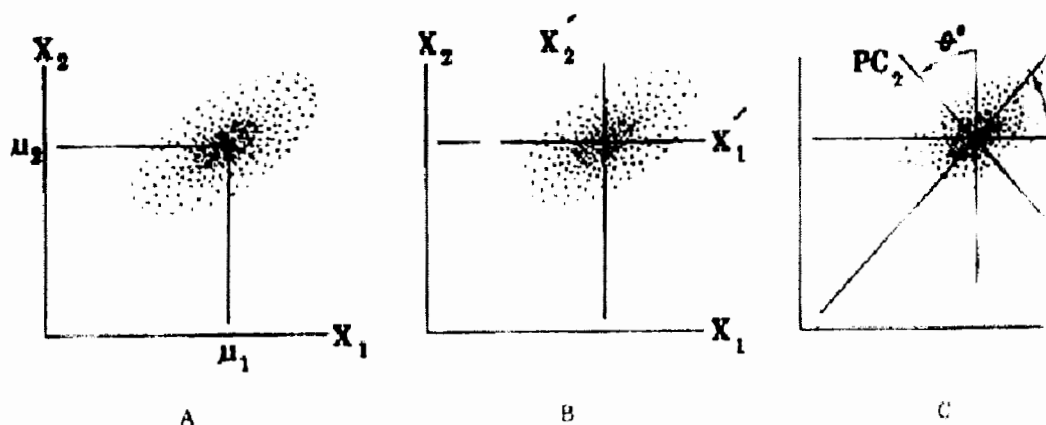
۳-۷-۲-۳ نسبت گیری طیفی

نتیجه تقسیم مقادیر درجه روشنایی یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را نسبت گیری طیفی گویند. نسبت گیری طیفی برای متمایز ساختن تغییراتی که توسط تغییرات روشنایی در تک باند ها ممکن نیست، به کار می رود. علت اینکه با این عمل بسیاری از پدیده هایی را که در حالت تک باندی قابل تفکیک نیستند، می توان متمایز ساخت این است که نسبت گیری، تغییرات شیب منحنی بازتاب های طیفی بین دو باند را به تصویر می کشد. این شیب های منحنی بسته به وضعیت منطقه و باندهای مختلف، متفاوت است. این روش برای کاهش اثر زاویه تابش خورشید و پستی و بلندی موثر است. مهمترین فایده نسبت گیری، ایجاد تصاویر کاملاً مستقل از شرایط درجات روشنایی است و بدین ترتیب تصویر نسبت گیری به طور معنی داری آثار پستی و بلندی را کاهش می دهد. برخی نسبت های مربوط به داده های TM_5 ماهواره لندست، کارایی زیادی نشان می دهند که از جمله کاربرد TM_5/TM_1 برای مطالعه Fe^{3+}, Fe^{2+} را می توان نام برد. تصاویر نسبت گیری به عنوان یک باند در ایجاد تصاویر رنگی مرکب نیز به کار می رود، چنین تصاویری در مطالعه پوشش گیاهی، لیمنیت، رس و تغییرات هیدروترمال کاربرد عملی دارد [۸ و ۳۰].

۳-۷-۲-۴ تجزیه مولفه های اصلی^۱

هر تصویر ماهواره ای را می توان ماتریسی فرض کرد که اندازه آن بسته به تعداد پیکسل و خط اسکن متفاوت است. وقتی تصویر ماهواره ای با بیش از یک باند اطلاعاتی ایجاد شود، ماتریس مورد نظر نیز چند بعدی خواهد بود. هرچه واریانس ارزش های طیفی در یک تصویر بیشتر باشد، تصویر دامنه اطلاعاتی وسیع تری خواهد داشت که خود گویای پدیده های بیشتر در تصویر است و چنین تصویری برای مطالعه مناسب تر می باشد. یکی از مواردی که در افزایش کنتراست تصاویر و نیز تعدیل سایه ها کاربرد زیادی دارد، استفاده از تجزیه اجزای متشکله تصویر است که با به کار گیری روش $\text{karhunen-loeve Transform}$ انجام می شود. تجزیه اجزای متشکله تصویر برای حذف اطلاعات زائد در داده های ماهواره ای کاربرد فراوانی دارد. این روش می تواند برای متراکم کردن اطلاعات موجود در تعدادی از باندها به ۲ یا ۳ باند تبدیل شده به کار رود. این توانایی کاهش ابعاد، یعنی کم کردن داده ها و باندهایی که برای تولید نتایج قابل استفاده تجزیه می شوند، از نظر صرف وقت و هزینه حایز اهمیت است و به ویژه اگر قابلیت استخراج اطلاعات از مولفه های جدید بالاتر از قابلیت استخراج اطلاعات از داده های اولیه و خام باشد. محور مختصات اولیه ممکن است الزاماً بهترین حالت برای تجزیه و تحلیل دو باند داده های ماهواره ای نباشد. بنابراین چرخش محور اولیه به نحوی صورت می گیرد که درجه روشنایی اولیه روی مجموعه محور ها و مختصات جدید منتقل شود. برای مثال تبدیل نمایش داده های اولیه از مختصات x_1 به x'_1 و x_2 به x'_2 می تواند بر اساس رابطه ساده $x'_1 = x_1 - |\mu|$ و $x'_2 = x_2 - |\mu|$ باشد. یعنی مرکز مختصات جدید در محل میانگین در نمودار اولیه قرار گیرد در شکل (۳-۱۰) رابطه بین دو مولفه اصلی اول نشان داده شده است [۷ و ۳۰]

1- Principal component analysis (PCA)



شکل ۳-۱ نمایش نموداری رابطه بین دو مولفه اصلی اول [۲۰].

سیستم مختصات جدید می تواند حول مبدا جدید و به اندازه زاویه معینی بچرخد، به طوری که اولین محور با حداکثر میزان واریانس (در نمودار پراکنش نقاط) منطبق شود. این محور جدید مولفه اصلی اول نامیده می شود. دومین مولفه عمود بر این مولفه است. بدین ترتیب واریانس مولفه های دیگر کاهش می یابد. در روش *PCA*، دستیابی به شاخص های مستقل (غیرهم بسته) بسیار مفید است زیرا عدم همبستگی نشان می دهد شاخص ها جنبه های متفاوتی از داده ها را در خود جای داده اند. چنانچه در تجزیه مولفه های اصلی واریانس مولفه آخر بسیار کم و قابل چشم پوشی باشد، در این حالت کارایی این روش بالایی رود. در تجزیه مولفه های اصلی، هیچ گاه نمی توان تعداد مولفه ها را به کمتر از تعداد متغیر های اولیه رساند. درواقع، اگر بین متغیر های اولیه همبستگی وجود نداشته باشد، کاربرد این روش بی ارزش خواهد بود به عبارتی، بهترین نتیجه زمانی حاصل می شود که متغیر های اولیه همبستگی بسیار بالایی داشته باشند. با توجه به اینکه غالب داده های باند های طیفی و سنجنده ها در مناطق خشک و بیابانی همبستگی بالایی دارد، بنابراین کارایی آن ها در این گونه مناطق بسیار زیاد است. به طور کلی موارد زیر از مزایای این روش به شمار می آیند:

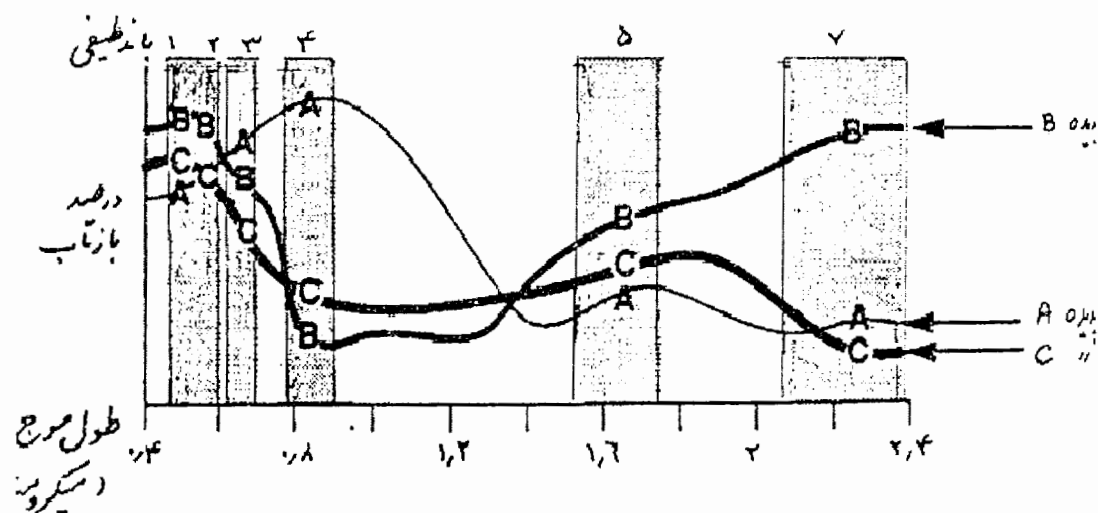
- الف-** بیشترین کمیت اطلاعات طیفی یک تصویر چند بانندی در تعداد محدودی از باند های PCA معرفی می شوند و در نتیجه، می توان از تعداد باندهای طیفی کمتری برای مطالعه تصاویر استفاده کرد که خود موجب کاهش فضای مورد نیاز کامپیوتر و افزایش سرعت پردازش تصویر می شود.
- ب-** با استفاده از انتخاب سطوح نمونه بر روی یک پدیده خاص، می توان پدیده مورد نظر را تا حد مطلوب، بارز کرده و قدرت تفکیک آن را از سایر پدیده ها افزایش داد.
- ج-** با تلفیق برخی از باند های حاصل از PCA با باند های تصویر خام، تصویر مطلوب برای انجام مطالعه خاص تولید می شود [۶ و ۳۰].

۳-۷-۳ طبقه بندی رقومی

به جدا سازی مجموعه های طیفی مشابه و تقسیم بندی طبقاتی آنها که دارای رفتار طیفی یکسانی باشند، طبقه بندی اطلاعات ماهواره ای گفته می شود، به عبارتی طبقه بندی پیکسل های تشکیل دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل ها به کلاس یا پدیده خاص است. طبقه بندی رقومی بر پایه اختلاف های طیفی پدیده های گوناگون بر روی باندهای مختلف طیفی استوار است، اما این بدان معنی نیست که هر پدیده ای بر روی هر باند خاصی قابل تفکیک است. برای روشن شدن نقش باندهای طیفی در جداسازی پدیده های گوناگون در شکل (۳-۱۱) یک مثال ارائه شده است که در آن نمودار تفکیک پذیری سه پدیده A، B و C بر روی سه باند نمایش داده شده است. همانطور که در شکل دیده می شود دو پدیده A و B به علت نزدیکی انعکاس طیفی شان در باند ۱ قابل تفکیک نیستند ولی در باند ۷ به راحتی از یکدیگر تفکیک می شوند. روش های طبقه بندی را می توان به روش طبقه بندی نظارت شده^۱ و بدون نظارت^۲ تقسیم کرد [۲۶].

1- Supervised classification

2- Unsupervised classification



شکل ۳-۱۱ منحنی میانگین انعکاس طیفی سه پدیده [۶].

۳-۷-۱ طبقه بندی نظارت شده

داده های رقومی سنجش از دور با کثرت درجه روشنایی فرصت بهتری برای طبقه بندی و تفسیر پدیده ها نسبت به تفسیر چشمی فراهم می کند. طبقه بندی نظارت شده نیاز به اطلاعات قبلی و شناخت پدیده های مرتبط با داده ها دارد. در این روش تعدادی از پیکسل ها به عنوان معرف و نمونه انتخاب و مشخصات آنها از طریق نرم افزار مورد استفاده به رایانه داده می شود. بدین طریق رایانه بقیه پیکسل ها را با توجه به دستورالعمل خاصی طبقه بندی می کند. در این روش برای طبقه بندی از الگوریتم های مختلفی نظیر حداقل فاصله تا میانگین، جعبه ای و حداکثر احتمال استفاده می شود [۸ و ۳۰].

۳-۷-۲ طبقه بندی نظارت نشده

در این روش از مناطق آموزشی به عنوان مبنای طبقه بندی استفاده نمی شود، به عبارتی در این روش کلاس های^۱ حاصل بر اساس تشابه طیفی پیکسل ها ایجاد می شود، بنابراین نتایج حاصله نیاز به استفاده از اطلاعات جنبی و تکمیلی برای تفسیر و شناسایی دارد.

از آنجایی که پیچیدگی های بازتاب های طیفی امری مسلم است، بنابراین استفاده از روشهای طبقه بندی نظارت نشده باید با احتیاط کامل انجام گیرد. در این روش انتخاب تعداد کلاس ها برای طبقه بندی اهمیت زیادی دارد و تعیین تعداد کلاس های طیفی مطلوب، بستگی به شناخت مفسر از منطقه مورد مطالعه، وضعیت بازتاب های طیفی و تجربه او دارد. از این روش در حد شناخت کلی از منطقه و بازتاب های طیفی پدیده ها استفاده می شود و می تواند مبنای خوبی برای طبقه بندی نظارت شده باشد [۸ و ۲۴].

۳-۸ کاربرد های دور سنجی

تصاویر ماهواره ای کاربرد های بسیاری در علوم مختلف دارند:

- کشاورزی: طبقه بندی محصولات کشاورزی، بررسی شرایط زمین های کشاورزی و خاک
- جنگل داری: تشخیص گیاهان سالم از ناسالم، تشخیص انواع جنگلها، پیشگیری از آتش سوزی ها
- زمین شناسی: تهیه نقشه های زمین شناسی، تهیه نقشه های ساختمانی، اکتشاف شن و ماسه، اکتشاف نفت و مخازن هیدروکربوری.

از دیگر کاربرد های تصاویر ماهواره ای می توان به هیدروژئولوژی، اقیانوس شناسی، تهیه نقشه های کاربری زمین و تهیه نقشه های توپوگرافی اشاره کرد. یکی از مهمترین این کاربرد ها تشخیص انواع دگرسانی ها در اکتشاف می باشد که در فصول پنجم و ششم این پایان نامه به طور مفصل به آن پرداخته شده است.

1- Cluster

۳-۹ نرم افزار های دور سنجی

به منظور استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای نرم افزار های تجاری مختلفی نظیر ENVI، Geomatica، ERMapper، ERDAS و IDRISI موجود است که در این پایان نامه از نرم افزار ENVI برای پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای به منظور استخراج دگرسانی ها و از نرم افزار Geomatica برای استخراج نواحی دگرسانی در تصاویر ASTER و ETM با استفاده از روش های رقومی و رقومی- بصری استفاده شده است [۲۳].

همچنین برای تلفیق داده های مختلف به منظور تعیین مناطق امیدبخش از نرم افزار ArcView استفاده شد..

فصل چہارم

دگرسانی و انواع آن

۴-۱ مقدمه

به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی شناسی که تحت تاثیر آب های ماگمایی و یا گرمابی در سنگ ها ایجاد می شود دگرسانی می گویند. عوامل کنترل کننده نوع تغییرات شیمیایی و کانی شناسی عبارتند از: ترکیب شیمیایی محلول گرمابی یا ماگمایی، دما، عمق، شرایط EH و PH محلول و ترکیب شیمیایی و کانی شناسی سنگ دگرسان.

گسترش و شدت دگرسانی به عوامل مختلفی از جمله حجم محلول های گرمابی یا ماگمایی، میزان ساختمان های اولیه و ثانویه مفید، واکنش پذیری سنگ ها، دما و فشار محلول بستگی دارد. دگرسانی در کانسار های رگه ای محدود به رگه است، حال آن که در کانسار های پورفیری منطقه ای وسیع را در بر می گیرد. دگرسانی را بر مبنای یک یا چند کانی مهم تفکیک می کنند و به هر بخش یک زون می گویند.

از دگرسانی های مهم می توان دگرسانی پتاسیک^۱، پروپیلیتیک^۲، سرسیتیک^۳، آرژیلیک^۴، گرایزن^۵، سیلیسی^۶ و آلبیتی را نام برد [۱۳].

تغییرات شیمیایی و کانی شناسی حاصل از دگرسانی سنگ ها، میزان انرژی منعکس شده، جذب شده یا عبور یافته در این سنگ ها را تغییر می دهد. با توجه به این که این انرژی ها در مورد پدیده های مختلف برای یک طول موج و متقابلاً برای یک پدیده در طول موج های گوناگون متفاوت

1 - Potassic
2 - Propylitic
3 - Sericitic
4 - Argilic
5 - Greisen
6 - Silicified

است، با پردازش داده های ماهواره ای امکان شناسایی و بررسی حضور و یا عدم حضور کانی های شاخص برخی از دگرسانی ها نیز میسر می گردد

۴-۲ دگرسانی پتاسیک

کانی های مهم دگرسانی پتاسیک عبارتند از: بیوتیت، کوارتز و به مقدار جزئی کلریت، اپیدوت، سرسیت، آکتینولیت و آنیدریت و آدولاریا.

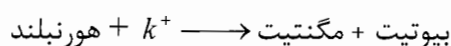
آدولاریا کانی مهم زون پتاسیک ذخایر رگه ای است. پتاسیم فلدسپات ثانویه به صورت جانشینی در اطراف پلاژیوکلاز، تبلور مجدد پتاسیم فلدسپات اولیه، به صورت رگچه های آپلیتی و همچنین به صورت هاله ای در اطراف رگچه های دیگر یافت می شود. بیوتیت های ثانویه به صورت جانشینی در هورنبلند، به حالت پراکنده، یا در نتیجه تبلور مجدد بیوتیت های اولیه و نیز به صورت رگچه ای یافت می شوند. در زون پتاسیک کانسار های مس پورفیری رگچه های زیر می توانند یافت شوند [۱۳]:

- کوارتز
- پتاسیم فلدسپات $\pm$ کوارتز $\pm$ پیریت $\pm$ کالکوپیریت
- بیوتیت $\pm$ مگنتیت $\pm$ کالکوپیریت
- مگنتیت $\pm$ کوارتز
- کوارتز + پیریت + کالکوپیریت + پتاسیم فلدسپات $\pm$ مولیبدنیت
- آنیدریت $\pm$ پیریت $\pm$ کالکوپیریت $\pm$ پتاسیم فلدسپات

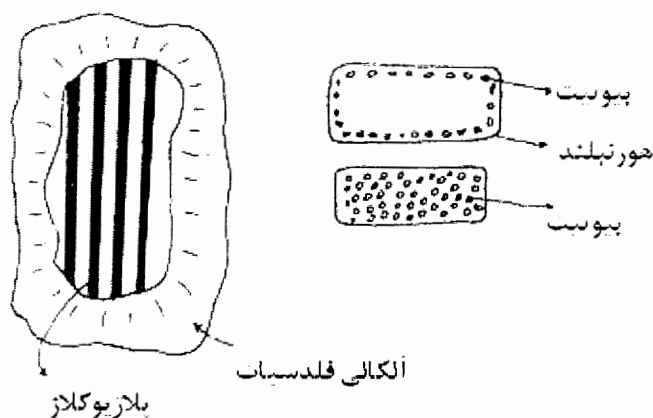
۴-۲-۱ نحوه تشکیل

به دلیل اهمیت زون پتاسیک در کانسار های پورفیری، در این بخش نحوه تشکیل آن در سیستم های مس پورفیری بررسی می شود.

همزمان با تبلور سیلیکات ها، محلول های ماگمایی غنی از کاتیون های K^+ ، Na^+ ، Rb^+ و کمپلکس های کلرور مس، روی و سرب در بخش فوقانی سیستم متمرکز می شوند. این محلول ها با سنگ های اطراف واکنش انجام داده، ضمن بر جای گذاشتن مواد معدنی موجب تغییراتی در کانی های اولیه سنگ خواهند گردید. تغییرات مهمی که در یک سنگ آذرین حد واسط رخ می دهد به شرح زیر است:



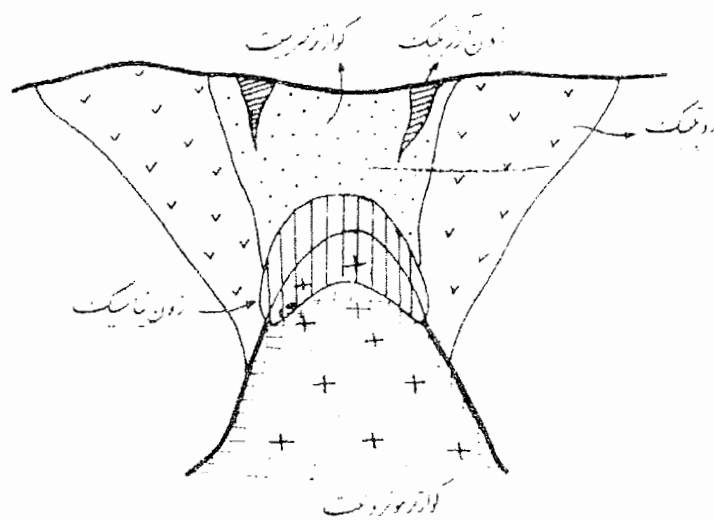
دگرسانی از حاشیه بلور شروع می شود و تمام یا بخشی از آن را در بر می گیرد. هر گاه تمامی هورنبلند دگرسان شود از شکل برش طولی و یا عرضی برای تشخیص هورنبلند می توان کمک گرفت. بیوتیت های داخل هورنبلند حالت پولکی دارند و در نمونه دستی قابل تشخیص هستند [۱۳]. بیوتیت های ثانویه به حالت پراکنده و رگه ای در سنگ یافت می شوند. بیوتیت های ثانویه را از اولیه به کمک شکل نامنظم، حالت پولکی و تغییرات مربوط به رنگ می توان تشخیص داد. بیوتیت های اولیه در زون پتاسیک گاهی دارای تبلور مجدد خواهند بود. پتاسیم فلدسپات ثانویه غالباً رنگ گوشتی دارد و در نمونه های دستی قابل تشخیص است. (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ نمایش دگرسانی پلازیوکلاز از حاشیه به آلکالی فلدسپات و هورنبلند به بیوتیت پولکی شکل [۱۳].

۲-۲-۴ موقعیت زون پتاسیک و اهمیت اکتشافی آن

دگرسانی پتاسیک در اکثر کانسارهای ماگمایی و گرمابی یافت می شود. این زون در کانسارهای پورفیری در مرکز سیستم واقع شده و بخشی از ذخیره در آن قرار دارد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ نمایش نیمرخ زون های دگرسانی کانسارهای مس پورفیری [۱۳].

کانی های مهم کانسارهای گرمابی آدولاریا و آلبیت است و بعضی از مواد معدنی در این زون متمرکز می شوند.

نظر به اینکه دگرسانی پتاسیک در اکثر کانسارهای حاصل از محلول های ماگمایی یا گرمابی یافت می شود و بخشی از ذخیره در آن واقع شده است، در مراحل پی جویی و اکتشاف، جهت تعیین موقعیت ذخیره از آن استفاده می شود [۳ و ۱۳].

۴-۳ دگرسانی سرسیتیک

دگرسانی سرسیتیک به نوع فلیک^۱ و در بعضی از ذخایر به دگرسانی کوارتز، سرسیت و پیریت (QSP) نیز معروف است. کانی های مهم دگرسانی سرسیتیک عبارتند از: سرسیت، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت، دیکیت، کائولین و آندالوزیت که در آن ها مقدار درصد سرسیت از بقیه بیشتر است. کانی های فرعی عبارتند از: کلسیت، آپاتیت و آنیدریت.

در صورت افزایش پتاسیم فلدسپات و بیوتیت ثانویه، زون سرسیتیک به زون پتاسیک و در صورت افزایش توپاز، فلوریت و تورمالین به زون گرازن و در صورت افزایش کانی های رسی به زون آرژیلیک تبدیل می شود.

در کانسار های مس پورفیری که در حاشیه قاره ها تشکیل شده اند، زون سرسیتیک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. رگچه های مهم زون سرسیتیک در کانسار های پورفیری عبارتند از [۱۳]:

- پیریت
- کوارتز + پیریت $\pm$ کالکوپیریت
- پیریت $\pm$ کالکوپیریت
- کوارتز $\pm$ پیریت $\pm$ اسفالریت $\pm$ گالن

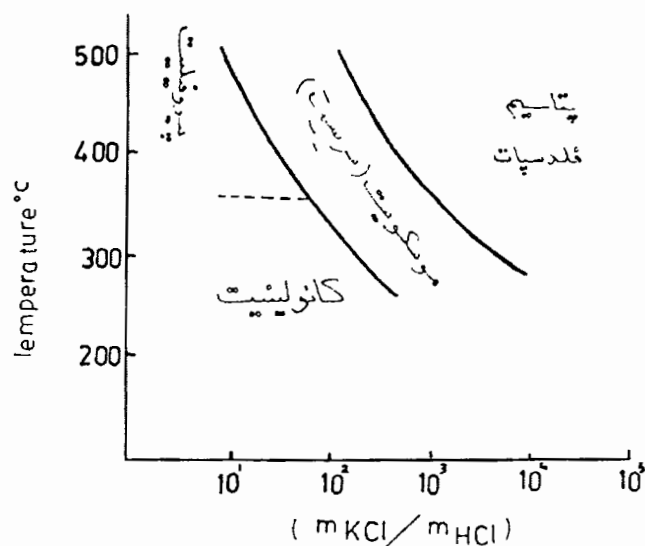
۴-۳-۱ نحوه تشکیل

سنگ های آذرین به ویژه نوع غنی از آلومینیوم و سنگ های رسوبی نظیر شیل ها و مارن ها در صورتی که تحت تاثیر محلول های اسیدی هیدرولیز شوند، کاتیون های K^+ ، Na^+ ، Ca^{+2} ، Mg^{+2} ، SiO_4^{-4} آن ها توسط محلول حمل می گردد و سرسیت، کائولین، دیکیت، کوارتز و پیریت تشکیل خواهند گردید [۲۲].

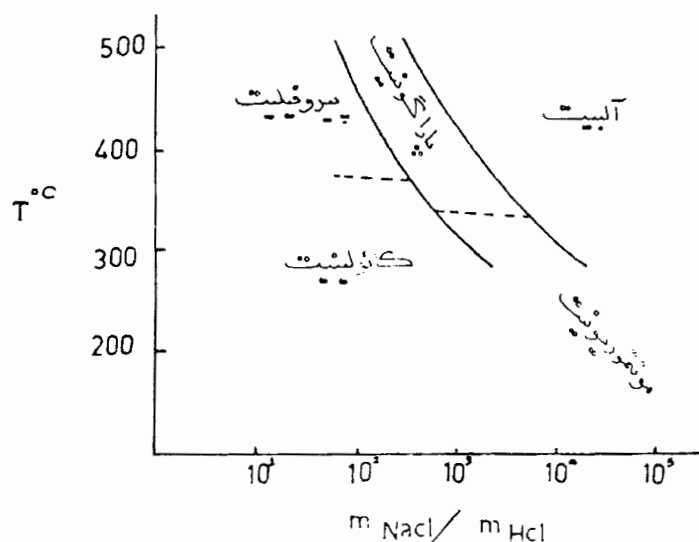
1 - Phyllic

مقاومت کانی ها در مقابل واکنش های شیمیایی متفاوت است، ابتدا هورنبلند هیدرولیز می شود و بعد از آن به ترتیب بیوتیت و پلاژیوکلاز دگرسان می شوند. پتاسیم فلدسپات نیز به مقدار جزئی دگرسان می شود.

نوع کانی های تولید شده در زون سرسیتیک به شدت هیدرولیز، مقاومت شیمیایی کانی اولیه و دمای محلول بستگی دارد مطابق شکل (۳-۴) پتاسیم فلدسپات ابتدا به سرسیت (مسکویت دانه ریز) دگرسان می شود، در صورت ادامه هیدرولیز در دمای بالاتر از ۲۷۰ درجه سانتی گراد به پیروفیلیت و در دمای کمتر از ۲۷۰ درجه سانتی گراد به کائولین دگرسان می شود. آلبیت در دمای بالاتر از ۲۸۰ درجه سانتی گراد به پاراگونیت و در دمای کمتر از ۲۸۰ درجه سانتی گراد به مونتموریونیت دگرسان می شود (شکل ۴-۴).



شکل ۳-۴ نمایش محدوده پایداری پتاسیم فلدسپات و چگونگی تبدیل آن به سرسیت [۲۷].



شکل ۴-۴ نمایش محدوده پایداری آلبیت، دگرسانی آلبیت به پاراگونیت و یا مونتموریونیت و همچنین دگرسان شدن آن ها به کائولینیت و یا پروفلیت [۲۷].

۴-۳-۲ موقعیت زون سرسیتیک و اهمیت اکتشافی آن

در بیشتر ذخایر ماگمایی و گرمابی زون سرسیتیک یافت می شود. همچنین بخشی از ذخیره مواد معدنی در کانسارهای مس پورفیری و مولیبدن پورفیری در این زون واقع می شود. در ذخایر مس پورفیری واقع در حاشیه قاره ها زون سرسیتیک دارای اهمیت زیاد است. شکل زون سرسیتیک از توده های نفوذی و ساختمان اولیه و ثانویه پیروی می کند.

زون سرسیتیک در اغلب کانسارهایی که از طریق محلول های ماگمایی یا گرمابی تشکیل شده اند یافت می شود، لذا در مراحل پی جویی و اکتشاف به منظور تعیین موقعیت ذخیره از دگرسانی سرسیتیک می توان کمک گرفت. به دلیل بالا بودن درصد پیریت و گسترش این زون در ذخایر پورفیری در اکتشافات ژئوفیزیکی از آن استفاده می شود [۱۳].

۴-۴ دگرسانی آرژیلیک متوسط

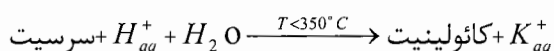
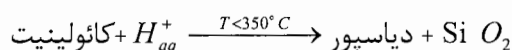
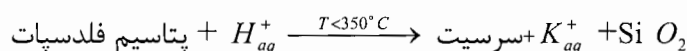
کانی های مهم زون آرژیلیک متوسط عبارتند از: دیکیت، کائولینیت، هالوزیت، آلفان، مونت مورینیت و مقدار جزئی سرسیت.

فلدسپات ها عمدتاً به کانی های رسی دگرسان می شوند. بیوتیت به رنگ سبز تا قهوه ای یافت می شود. این دگرسانی مخصوص کانسار های رگه ای است [۳ و ۱۳].

۴-۵ دگرسانی آرژیلیک پیشرفته

کانی های شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته عبارتند از: کائولینیت، دیکیت، دیاسپور، پیروفلیت و گاهی سرسیت، کوارتز، آلونیت، پیریت، تورمالین و توپاز.

هیدرولیز شدید سیلیکات های آلومینیوم دار (محیط اسیدی) موجب تشکیل کانی های رسی از جمله کائولینیت می شود. واکنش های مهمی که در این زون صورت می پذیرد به شرح زیر است:



کانی های ایجاد شده در زون آرژیلیک پیشرفته به شدت هیدرولیز، دمای محلول و ترکیب کانی شناسی سنگ اولیه بستگی دارد. در ذخایر پورفیری زون آرژیلیک در بالای زون سرسیتیک و در ذخایر رگه ای بین رگه و زون سرسیتی واقع می شود [۳ و ۱۳].

۴-۶ دگرسانی پروپیلیتیک

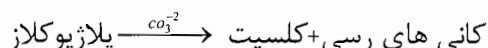
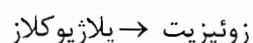
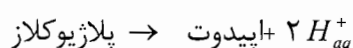
دگرسانی پروپیلیتیک به مجموعه ای از دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، زوئیزیتی و آلبیتی اطلاق می گردد. کانی های مهم زون پروپیلیتیک عبارتند از: اپیدوت، زوئیزیت، کلینوزوئیزیت، کلریت، کلسیت، آلبیت و پیریت. در این نوع دگرسانی اکسید های آهن، سرسیت و کائولین به مقدار جزئی یافت می شوند.

دگرسانی پروپیلیتیک در مقایسه با زون سرسیتیک و یا آرژیلیک از شدت کمتری برخوردار است. در صورت بالا رفتن درصد فراوانی اپیدوت، زوئیزیت، کلریت و یا آلبیت به جای واژه پروپیلیتیک از نام کانی مربوطه استفاده خواهد شد [۳، ۱۳].

۴-۶-۱ نحوه تشکیل

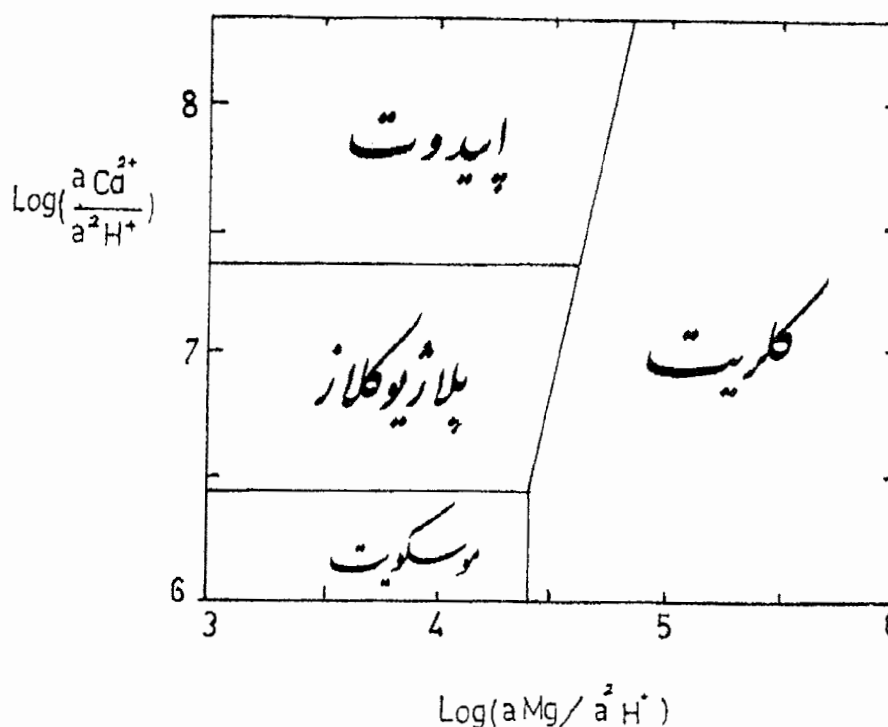
محلول های ماگمایی یا گرمابی غنی از منیزیم، آهن، کلسیم، سدیم و یا بی کربنات در سنگ های آذرین موجب تشکیل اپیدوت، کلریت، زوئیزیت و یا آلبیت می شوند. عواملی از قبیل ترکیب کانی شناسی سنگ، دما و ترکیب شیمیایی محلول، نوع کانی های زون پروپیلیتیک را کنترل می کنند [۱۳].

دگرسانی ابتدا از کانی های فرومنیزیم دار نظیر پیروکسن ها، آمفیبول و بیوتیت شروع شده و سپس پلاژیوکلاز و به ندرت پتاسیم فلدسپات دگرسان می شود. پلاژیوکلاز در زون پروپیلیتیک می تواند به کانی های زیر دگرسان شود:



کانی های مهم زون پروپیلیتیک در مرکز سیستم عبارتند از: اپیدوت- کلریت که به طرف خارج به آلبیت، کلسیت و کانی های رسی تبدیل می شوند.

در شکل (۴-۵) شرایط و نحوه تشکیل کانی های معروف زون پروپیلیتیک نشان داده شده است.



شکل ۴-۵ نمایش شرایط و چگونگی دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت، کلریت و سرسیت [۱۳].

۴-۶-۲ موقعیت زون پروپیلیتیک و اهمیت اکتشافی آن

زون پروپیلیتیک در بیشتر ذخایر ماگمایی و گرمابی یافت می شود. در ذخایر مس پورفیری واقع در جزایر قوسی بخشی از ذخیره مس در آن قرار دارد. این زون در مقایسه با زون های دیگر گسترش بیشتری دارد و در ذخایر مس پورفیری شعاع گسترش آن گاهی تا ۴ کیلومتر می رسد، در این ذخایر به عنوان خارجی ترین زون دگرسانی شناخته می شود. نظر به این که زون پروپیلیتیک در اکثر ذخایر

یافت می شود و دارای گسترش وسیعی می باشد، بنابر این در مراحل پی جویی و اکتشاف از آن می توان استفاده کرد [۱۳ و ۲۲].

۴-۷ دگرسانی سیلیسی

دگرسانی نوع سیلیسی نسبتاً زیاد یافت می شود. افزایش مقدار درصد کوارتز و یا اکسید های سیلیس (چرت، اوپال و کلسدونی) را در سنگ، اصطلاحاً سیلیسی شدن می گویند. سیلیسی شدن از دو راه صورت می گیرد:

الف- اضافه شدن SiO_2 به سنگ توسط محلول های ماگمایی یا گرمابی

ب- بالا رفتن مقدار سیلیس به دلیل انحلال مواد دیگر سنگ

۴-۷-۱ نحوه تشکیل

زون سیلیسی در بیشتر سنگ ها می تواند تشکیل شود. محلول های ماگمایی، گرمابی و یا دگرگونی غنی از سیلیس، در شرایط مناسب سیلیس خود را بر جای می گذارند. عوامل مهم و موثر در ته نشینی سیلیس کاهش فشار، حرارت و PH محلول هستند. در سنگ های کربناته سیلیسی شدن حجم به حجم انجام می شود. مطالعات انجام شده در مورد چشمه های آب گرم نشان می دهد که درصد سیلیس آن در دمای بیش از ۲۷۵ درجه سانتی گراد قابل توجه است. در صورتی که محلول گرمابی آهسته سرد شود کوارتز متبلور می شود. در محلول های گرمابی که در نزدیک سطح زمین شروع به جوشیدن می نمایند، به دلیل کاهش سریع دما و بخار آب، محلول مربوطه از سیلیس اشباع می شود که در نتیجه اکسید های کریپتو کریستالین سیلیس را بر جای می گذارد. بنا بر این شرط اساسی برای تشکیل اکسید های کریپتو کریستالین سیلیس، فوق اشباع بودن محلول از سیلیس است [۱۳ و ۲۲].

۴-۷-۲ موقعیت زون سیلیسی و اهمیت اکتشافی آن

دگرسانی سیلیسی در کانسارهای مولیبدن و قلع پورفیری تشکیل می شود. در بیشتر کانسارهای گرمابی زون سیلیسی یافت می شود. این حالت در ذخایر اپی ترمالی اکثراً به صورت کریپتو کریستالین دیده می شود که اصطلاحاً به آن ژاسپروئید^۱ می گویند. از این حالت در مراحل پی جویی و اکتشاف ذخایر گرمابی به خصوص آن هایی که در سنگ های کربناته و آتشفشانی تشکیل می شود، می توان کمک گرفت.

۴-۸-۸ دگرسانی آلونیتی

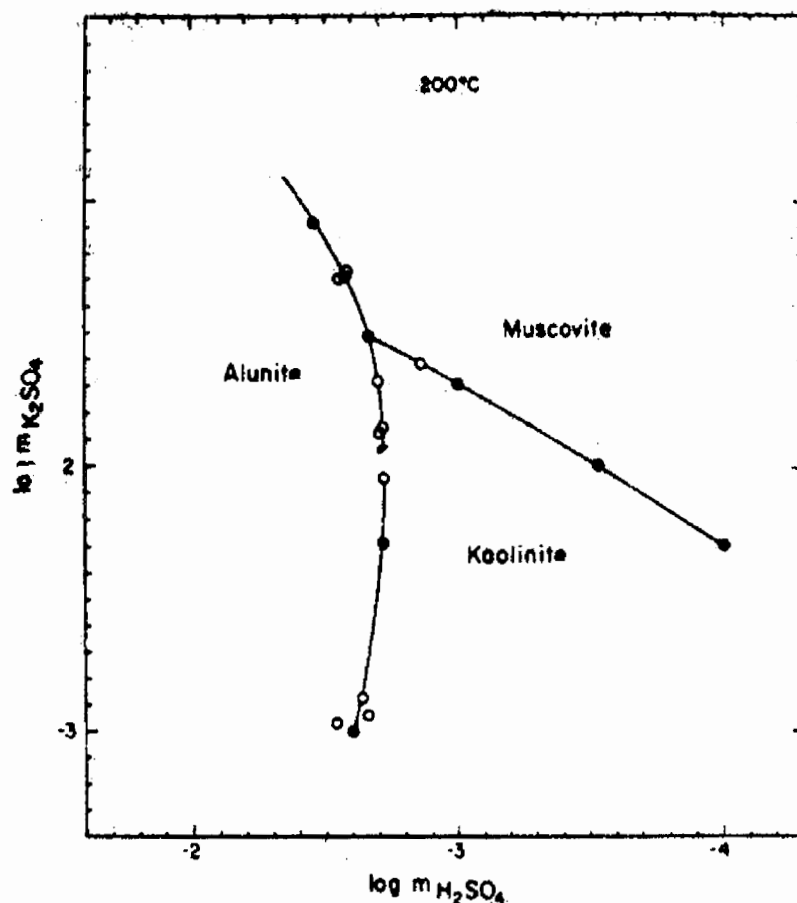
کانی های مهم زون آلونیت عبارتند از: آلونیت، کوارتز، کلسدونی و اوپال و کانی های فرعی آن عبارتند از: کائولینیت، سرسیت، دیاسپور، ژاروسیت، رتیل، پیریت، همتایت و پیروفیلیت.

۴-۸-۱ نحوه تشکیل

محلول های ماگمایی و گرمابی غنی از سولفات، در شرایط اکسیدان و در دمای کمتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد موجب هیدرولیز سنگ های غنی از Al و K شده و در نتیجه آلونیت تشکیل می شود.

آلونیت در بخش فوقانی سیستم های مس پورفیری و در بعضی از کانسارهای اپی ترمالی یافت می شود. مطابق شکل (۴-۶) آلونیت با مسکویت و کائولینیت مرز مشترک دارد، بنابر این می تواند در زون آرژیلیک و سرسیتیک یافت شود. افزایش غلظت SO_4^{2-} عامل مهم و اساسی در تشکیل آلونیت است. نظر به این که در زون آلونیت سیستم مربوطه اشباع از سیلیس است، بنابراین اکسیدهای سیلیس کریپتو کریستالین می تواند تشکیل شوند [۱۳ و ۲۶].

1- Jasperoid



شکل ۴-۶ دیاگرام نمایش محدوده پایداری موسکویت، آلونیت، کائولینیت و پتاسیم فلدسپات در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد [۲۷].

۴-۸-۲ موقعیت و اهمیت اکتشافی زون آلونیت

دگرسانی آلونیت در اکثر کانسارهای طلا و نقره نوع اپی ترمال واقع در سنگ های آتشفشانی یافت می شود. این زون از بالا به زون سیلیسی و از اطراف و پایین به آرژیلیک محدود می شود. ضمناً در بعضی از چشمه های آب گرم نیز مشاهده می شود. در زون آرژیلیک و سرسیتیک کانسارهای مس پورفیری نیز به مقدار کم آلونیت یافت می شود. دگرسانی آلونیت راهنمای مناسبی جهت اکتشاف کانسارهای طلا و نقره نوع اپی ترمالی است.

۴-۹ دگرسانی گرایزن

کانی های مهم زون گرایزن عبارتند از: توپاز، فلوریت، مسکویت، کوارتز، زینوالدیت، تورمالین کائولین.

محلول های غنی از B و F در دمای بالا با سنگ های آذرین اسیدی و حد واسط واکنش انجام می دهد و موجب تشکیل کانی های غنی از فلوئور می شوند که اصطلاحاً گرایزن نام دارند. زون گرایزن در پایین و مرکز ذخایر مولیبدن پورفیری همراه ذخایر قلع و تنگستن و همچنین در کانسار های تنتالیم، زیرکونیم، اورانیوم و نیوبیوم واقع در گرانیتهای آکالی یافت می شود [۳ و ۲۶].

فصل پنجم

تفکیک دگرسانی به وسیله تصاویر ETM

۵-۱ مقدمه

داده های ماهواره ای از قابل اعتمادترین منابع جهت استفاده در زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی می باشند. این داده ها قابلیت شناسایی عوارض مختلف روی سطح زمین که قابل تصویر برداری در محدوده مشخص از امواج الکترومغناطیس هستند را دارد. این تفکیک و تفسیر تصاویر ماهواره ای براساس سنجنده در محدوده های مختلف امواج الکترومغناطیس قابل دریافت است و تعداد باندهای قابل اخذ توسط سنجنده ها با یکدیگر تفاوت دارند. تصاویر سنجش از دور دو کاربرد عمده در اکتشاف مواد معدنی دارند [۲۹]:

الف- تهیه نقشه زمین شناسی و ساختمانی برای تعیین محل نهشته های معدنی

ب- شناسایی سنگ های دگرسان شده هیدروترمالی به وسیله اثر طیفی آنها.

این فصل به تفکیک دگرسانی ها با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست اختصاص دارد. برای این منظور ابتدا راجع به تصاویر ماهواره ای لندست و سپس به روش های تفکیک دگرسانی ها به وسیله پردازش رقومی تصاویر پرداخته شده است.

۵-۲ اطلاعات ماهواره ای منطقه

تصاویر ماهواره ای تهیه شده از منطقه مربوط به داده های ماهواره لندست ۷ می باشد که توسط سنجنده ETM تهیه شده است و شامل هشت باند در محدوده امواج مرئی تا مادون قرمز حرارتی می باشد. محدوده الکترومغناطیس تحت پوشش این سنجنده عبارتست از:

الف (باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک^۱ درپنج باند با قدرت تفکیک زمینی ۳۰ متر
 ب (مادون قرمز میانی یا حرارتی^۲ در دو باند با قدرت تفکیک زمینی ۶۰ متر
 ج (باند پانکروماتیک در محدوده مرئی با قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر
 این تصاویر در سطوح مختلف تصحیحاتی 1A,1b و در فرمت های مختلف (Geotiff,fst) قابل
 خریداری است. تصاویر مربوط به منطقه مورد مطالعه دارای فرمت های Pix ،Img می باشد
 که در نرم افزارهای Geomatica و Arview قابل پردازش است.
 منطقه مورد مطالعه با توجه به وسعتی که دارد در ۲ صحنه اطلاعاتی ETM قرار می گیرد
 که عبارتند از:

تصویر ETM باگذر ۱۵۸ و ردیف ۴۰

تصویر ETM باگذر ۱۵۹ و ردیف ۴۰

و تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه از موزائیک این دو صحنه اطلاعاتی حاصل شده است

۵-۳- پردازش تصاویر و اطلاعات ماهواره ای

با استفاده از پردازش اطلاعات ماهواره ای، می توان داده ها و اطلاعات مختلف را شناسایی کرد.
 پردازش داده های ماهواره ای به دو صورت پردازش بصری و رقومی صورت می گیرد. در پردازش
 بصری با توجه به ویژگیهای تصویر می توان عوارض مختلف را استخراج کرد. در حالی که
 در پردازش رقومی الگوی مورد نیاز به عنوان یک الگوی نمونه در نرم افزار مورد استفاده قرار
 می گیرد و به طور اتوماتیک این الگو در همه بخشهای تصویر شناسایی می گردد. با تلفیق این دو
 روش، عوارض مورد نظر با دقت بیشتری از تصاویر ماهواره ای قابل تشخیص هستند. در این تحقیق از
 تلفیق هر دو روش بصری و رقومی برای بارزسازی دگرسانی ها استفاده شده است. پردازش اطلاعات

1-Visible near iInfrared (VNIR)

2 -Thermal iInfrared (SWIR)

شامل پیش پردازش، بارزسازی، نسبت گیری باندها، آنالیز مولفه های اصلی و فیلتر کردن تصویر می باشد

۵-۳-۱ پیش پردازش اطلاعات ماهواره ای

قبل از استفاده از داده ها آنها را باید جهت ورود به مرحله پردازش آماده نمود. عملیات پیش پردازش مورد نیاز جهت آماده سازی داده ها شامل دو مرحله کلی می باشد.

۵-۳-۱-۱ تصحیح رادیومتریک^۱

این تصحیحات شامل تصحیحات سنجنده و تصحیحات اتمسفری می باشد. در تصحیحات سنجنده کالیبراسیون داخلی و نحوه عمل گیرنده های آن مورد بررسی قرار می گیرد. هدف از انجام این مرحله تبدیل درجات خاکستری تصویر به مقدار انرژی موج الکترومغناطیسی رسیده به سنجنده یا رادیانس است. روش های به کار گرفته شده در پردازش تصاویر براساس روش های نسبی بین باندها است. به دلیل یکسان بودن عملکرد آشکار سازی های سنجنده در تبدیل داده های رادیانس به مقادیر درجه خاکستری و همچنین به دلیل در دسترس بودن فایل کالیبراسیون سنجنده ETM از انجام این مرحله صرف نظر شده است. همچنین این مرحله شامل حذف خطاهای احتمالی که ناشی از کالیبره نبودن آشکار سازها نسبت به هم و خطای (dropline) که ناشی از عدم ثبت یک خط یا بیشتر از اطلاعات برداشتی است، می باشد.

۵-۳-۲ تصحیح هندسی^۲

در هنگام تصویربرداری عوامل متعددی باعث ایجاد خطاهای هندسی در تصاویر ماهواره ای می شوند که به طور مختصر عبارتند از:

1 -Radiometric correction

2 -Geometric correction

کروی بودن زمین، انحنای زمین، عدم ثبات ماهواره حین تصویربرداری، خطاهای پانورامیک و ناهمواریها.

در تصحیح هندسی تصاویر از دو روش استفاده می شود. یکی استفاده از عوامل یا عناصر مداری سنجنده و دیگری استفاده از نقاط کنترل زمینی می باشد.

به دلیل اینکه اطلاعات مربوط به عناصر مداری ماهواره در دسترس نبود، از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و با استفاده از نقاط کنترل مناسب و توابع چند جمله ای درجه دوم جهت تصحیح استفاده گردید.

این کار با دقتی در حدود ۱۵ پیکسل به کمک نرم افزار Geomatica.9.1 و بخش Orthoengine آن انجام گرفت.

۵-۳-۲ بارز سازی^۱

۵-۳-۱-۲ بارز سازی رادیومتریک

این عملیات تحت عنوان بسط تصویر^۲ مطرح بوده و بر روی هیستوگرام تصاویر اعمال می شود. در این روش به منظور ایجاد کنتراست، دامنه هیستوگرام تصویر با انواع روشهای خطی و غیرخطی بسط داده شده و ارزش عددی هر پیکسل در تصاویر تغییر می کند. انواعی از روشهای بسط تصاویر وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

۱- بسط خطی^۳: که بر روی تمامی درجات روشنایی به یک اندازه تاثیر گذاشته و به صورت خطی دامنه هیستوگرام را بین ۰ تا ۲۵۵ بسط می دهد.

1 - Enhancement
2 - Stretch
3 - Linear stretch

- ۲- روش دیگر بسط خطی انتخابی^۱ می باشد که با هدف بارز سازی عوارض خاص در تصویر به شکل خطی و به صورت انتخابی صورت می گیرد.
- ۳- روش دیگر بسط از نوع لگاریتمی است. در این روش درجات روشنایی کم به صورت خطی بارزسازی می شود و در مقابل آن روش بسط نمایی وجود دارد که برعکس نوع لگاریتمی است و درجات روشنایی زیاد را به صورت خطی بسط می دهد.
- ۴- آخرین روش متعادل سازی هیستوگرام نام دارد و عملکرد آن به گونه ای است که درجات روشنایی با فراوانی کم را در هم ادغام کرده و درجات روشنایی با فراوانی زیاد را با شدت بیشتری به صورت خطی بارز می کند. در این تحقیق از روش بسط خطی و بسط خطی انتخابی (تکه ای) برای بارز سازی تصاویر و دگرسازی ها استفاده شده است [۶،۷ و ۳۰].

۵-۳-۲-۲ بارزسازی طیفی^۲

یکی از روشهای بارزسازی طیفی استفاده از نمایش رنگی RGB (قرمز- سبز- آبی) است و معمولاً از ترکیب سه بانندی که بهتر بتوانند پدیده های مورد نظر را نشان دهند استفاده می شود. در این سیستم نمایش، سه رنگ قرمز و سبز و آبی در سه محور یک مکعب قرار گرفته و بسته به محل قرارگیری ارزش عددی هر پیکسل در این سیستم سه بعدی مکعبی یک رنگ برای آن تعریف می شود و یک ترکیب خطی از سه رنگ مذکور را نشان می دهد. این نوع بارزسازی در پردازش تصاویر مهمترین نقش را ایفا می کند. در واقع پس از این مراحل تصویر و داده های ماهواره ای برای تفسیرهای دورسنجی به منظور اکتشاف و اهداف دیگر آماده شده اند [۲].

1-Selective linear stretch
2- Spectral Enhancement

۵-۳-۳ نسبت گیری باندها^۱:

در این روش بازتاب طیفی یک یا چند باند بر یک یا چند باند دیگر تقسیم می شود. در این تحقیق برای بارزسازی دگرسانی ها از نسبت های باند ۵ به باند ۷ و باند ۴ به باند ۲ استفاده شده است

۵-۳-۴ روش تحلیل مولفه اصلی^۲:

در این روش با به دست آوردن واریانس، کواریانس و انحراف معیار بین باندهای مختلف چندین مولفه به وجود می آید که در آنها اطلاعات تکراری و پدیده های مزاحم مانند سایر اثرات توپوگرافی و زاویه خورشید حذف می شود [۲ و ۱۴].

۵-۳-۵ فیلتر کردن تصویر^۳

یکی از روشهای پردازش تصویر است که با حذف و یا آشکار سازی فراوانی های مکانی راستاها و بافتهای ویژه، تصاویر واضح تر و یا مناسب تری را به وجود می آورد. به طور مثال با استفاده از فیلترهای پایین گذر تصویر هموارتر و با بهره گیری از فیلترهای بالا گذر می توان تصویری واضح تر ایجاد کرد که پدیده های خطی را در آن به وضوح دید. براساس نوع اطلاعات مورد درخواست جهت استخراج داده ها از تصویر یکی از روشهای فوق انتخاب می شود. اطلاعات استخراج شده از تصاویر ماهواره ای ETM لندست در محدوده مورد بررسی شامل مناطق دگرسانی رس و آهن، ساختارها و گسل ها می باشد که جهت آماده سازی لایه ها از باندهای نسبتی و یا تفریقی، آنالیز مولفه های اصلی و فیلتر کردن تصاویر استفاده شده است. در تصاویر استر مناطق دگرسان شده به تفکیک زونهای دگرسانی مورد بررسی تفصیلی قرار گرفتند. در شکل (۵-۱) تصویر ماهواره ای محدوده مورد بررسی پس از پردازش های لازم نشان داده شده است

1-Band ratio

2-Principal component analysis

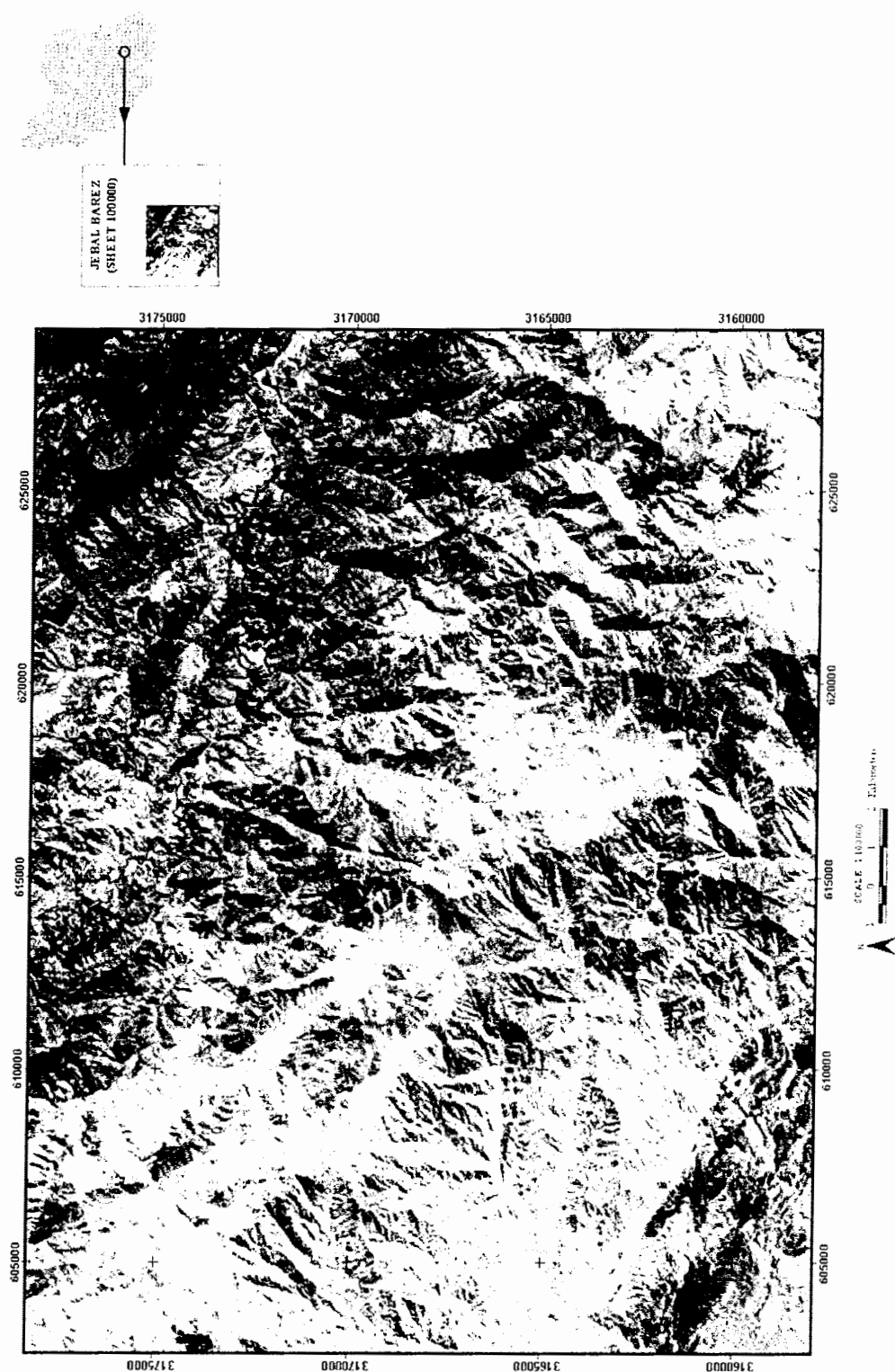
3-Image filtering

۴-۵ بررسی وضعیت ساختارهای زمین شناسی ناحیه (گسل ها، ساختارهای حلقوی)

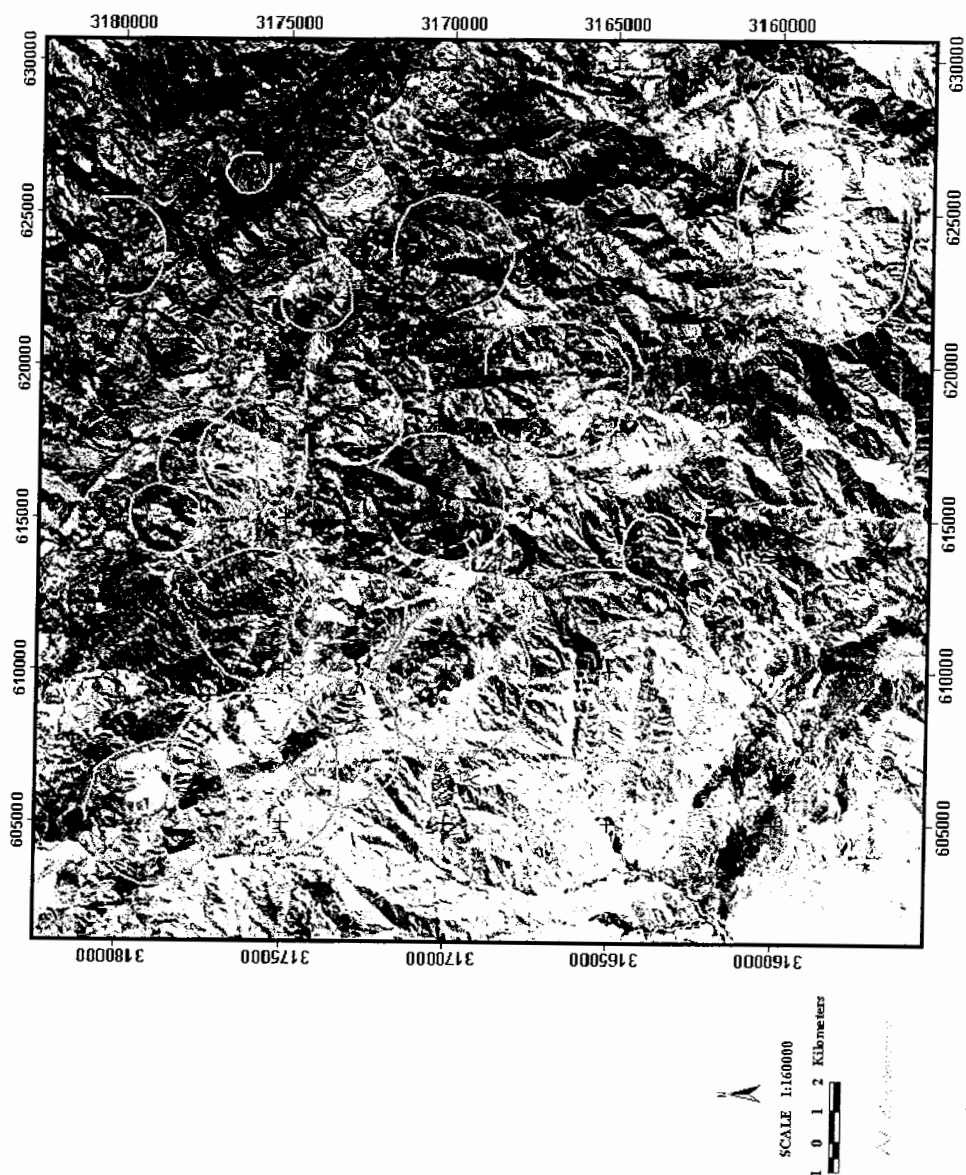
ساختارهای زمین شناسی، گسل ها و ساختارهای حلقوی در بسیاری از نواحی ارتباط قابل توجهی با کانی سازی ها دارند و ترسیم آنها می تواند به اکتشاف مواد معدنی کمک قابل توجهی کند. در شکل (۲-۵) ساختارهای حلقوی^۱ موجود در منطقه نمایش داده شده است. این ساختارها می تواند اثر توده های نفوذی باشد که به صورت حلقوی مانند خود را نشان می دهند. بسیاری از دگرسانی ها در سطح، ممکن است عاملی مثل این توده های نفوذی باشند که در سطح قابل مشاهده نیستند. از سوی دیگر مقایسه این ساختارها، با داده های ژئوفیزیک می تواند گام موثری در یافتن توده های نفوذی باشد که در سطح زمین بروزند قابل توجهی ندارد. از آنجا که بسیاری از دگرسانی ها در محل تقاطع گسل و این ساختارهای حلقوی رخ داده است، لذا شناخت و ترسیم آنها در تصویر ماهواره ای کمک قابل توجهی به اکتشاف پتانسیل های معدنی خواهد کرد.

در مرحله بعد ساختارهای گسله منطقه جهت شناسایی روند گسل های منطقه در تصویر ماهواره ای ترسیم شد. جایگیری بسیاری از مواد معدنی در امتداد گسل ها می باشد و در واقع برخی گسل ها مکانهای مناسبی برای نقل و انتقال و جایگیری مواد معدنی می باشند، لذا شناخت روند آنها نیز در اکتشاف مهم است.

1 -Ring struture



شکل ۵-۱: تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=742)



شکل ۲-۵ تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=531) - نمایش ساختار های حلقوی منطقه

منطقه مورد بررسی دنباله قسمت انتهایی بیرون زدگیهای آذرین مرکزی ایران است و قسمتی از کمر بند آتشفشانی بزمان- سهند را تشکیل می دهد که جز کمر بند آتشفشانی ارومیه- دختر تقسیم بندی می شود. در این منطقه گسل های متعددی وجود دارد که آن را به بلوک های هورست و گرابنی مختلف تقسیم کرده اند. جهت بارز سازی خطواره ها (گسل ها و ساختار های زمین شناسی) از فیلتر های مختلف استفاده گردید ولی فیلتر Edge Sharpeninig با عملگر 3×3 تصویری واضح از خطواره ها ارائه داده است. در شکل (۳-۵) گسل های اصلی و فرعی محدوده مورد بررسی با استفاده از این فیلتر ترسیم شده اند.

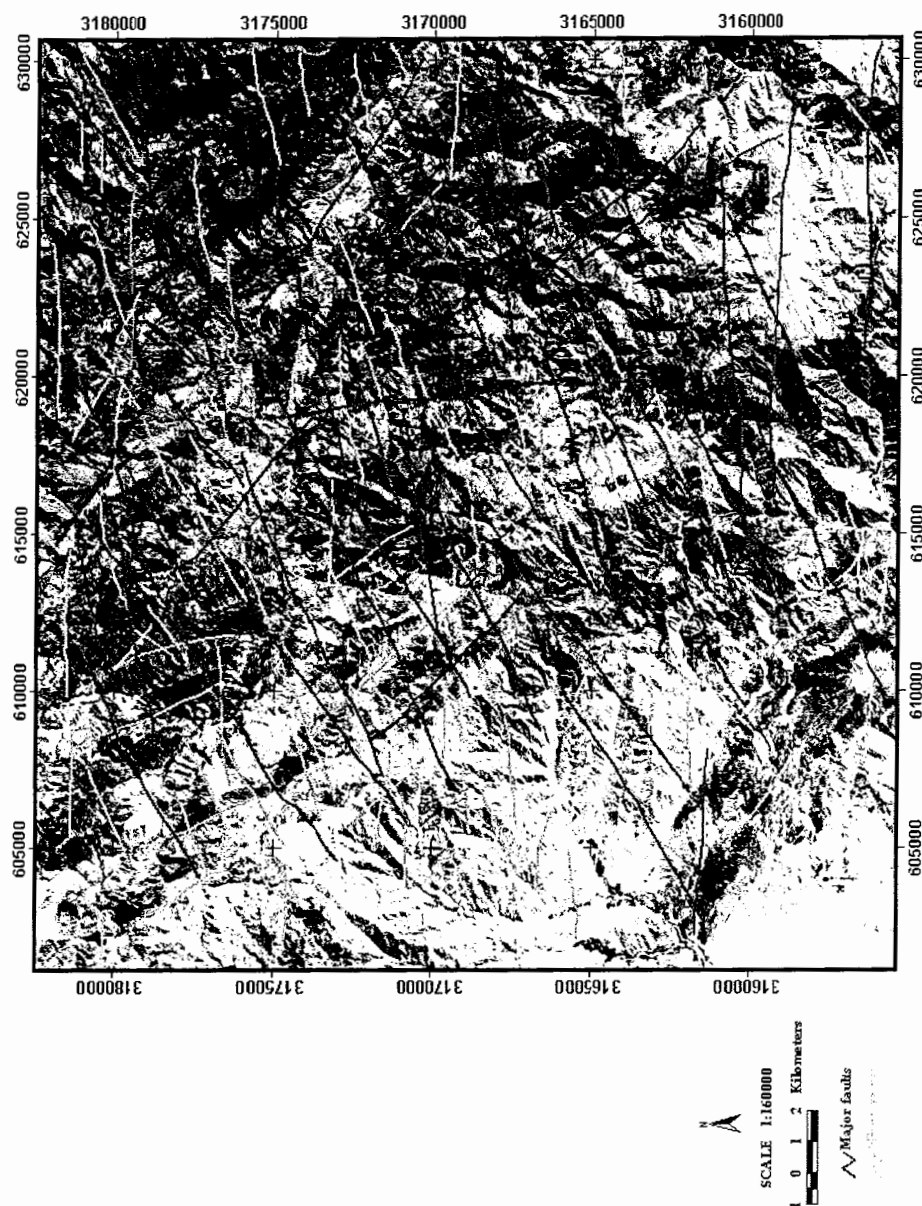
مبنای تقسیم بندی گسل ها، طول آنها بوده است. بدین ترتیب گسل های با بیش از ۵ کیلومتر طول، گسل های اصلی و گسل های کمتر از ۵ کیلومتر به عنوان گسل های فرعی منطقه معرفی شده اند. روند اصلی گسل های منطقه به ۳ دسته مهم قابل تقسیم هستند:

۱- با روند شمال باختری- جنوب خاوری

۲- با روند شمال خاوری- جنوب باختری

۳- با روند شمالی- جنوبی

در بخشهای بعد خواهیم دید که دگرسانی های مهم محدوده مورد بررسی با این گسل های اصلی و گسل های فرعی تر که گسل های اصلی را قطع می کنند، در ارتباط می باشند. در این گسل ها، انواع گسل های تراستی و امتداد لغز قابل مشاهده است. در شکل (۳-۵) گسل های اصلی با رنگ قرمز و گسل های فرعی با رنگ سبز مشخص شده اند.



شکل ۳-۵ تصویر ماهواره ای لندست از محدوده مورد مطالعه (RGB=531) - نمایش ساختار های گسله منطقه

۵-۵ تفکیک دگرسانی ها در محدوده مورد بررسی

تفکیک دگرسانی های هیدروترمالی از دیگر امتیازات و داده های مهم تصاویر ماهواره ای می باشد که اثر آن ها در سطح به خوبی قابل تفکیک و تشخیص است. دگرسانی های هیدروترمالی یک فرآیند پیچیده درگیر با تغییرات کانی شناسی، شیمیایی و بافتی هستند که از واکنش سیالات آبی داغ با منشاءهای مختلف از جمله جوی و یا ماگمایی در سنگ ها صورت می گیرد. این فرآیندها با تغییرات عمده ای در بافت، مجموعه کانی ها و ترکیب شیمیایی سنگ ها همراه است. در طی دگرسانی مهم ترین کانی های ایجاد شده کانی های با بنیان OH هستند که به صورت کانی های مختلف از جمله کانی های رسی و هیدروکسیدهای آهن و سایر عناصر ظهور می کنند. شناخت مناطق دارای کانی های مذکور می تواند با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست صورت گیرد. بدیهی است مناطق معرفی شده به عنوان دگرسانی های رسی و اکسید آهن باید مورد کنترل صحرایی قرار گیرند تا وجود یا عدم وجود کانه زایی در آنها تایید شود.

۵-۵-۱ دگرسانی های آرژیلیک در محدوده مورد بررسی

کانی های رسی دارای بازتاب زیاد در باند پنج و بازتاب کم در باند هفت می باشند. بنابر این تصویر نسبتی (تفریقی) باند پنج به باند هفت کانی های رسی را بارز کرده و با رنگ سفید نمایش می دهد. در شکل (۴-۵) پراکندگی دگرسانی های آرژیلیکی در محدوده مورد بررسی با استفاده از باند های تفریقی ۲-۴، ۲-۱ و ۵-۷ در محیط RGB نمایش داده شده است. روند این دگرسانی ها همانطور که در تصویر مشخص است روند شمال باختری- جنوب خاوری و خاوری- باختری می باشد. به نظر می رسد گسل هایی نیز که با همین روند در منطقه معرفی شدند در تشکیل دگرسانی ها نقش داشته باشند. عمده دگرسانی های آرژیلیک در محدوده مورد بررسی در سه بخش زیر قابل مشاهده است:

الف- بخش جنوب شرقی محدوده مورد بررسی در غرب روستای ده درک:

این دگرسانی ها در واحدهای پرفیری قرار گرفته اند که سن آن ها ائوسن بالایی است و در مجاورت واحدهای گرانیتی ، گرانودیوریتی و کوارتز دیوریتی جوان واقع شده اند.

این امکان وجود دارد که این واحدهای گرانیتی ، گرانودیوریتی و کوارتز دیوریتی در داخل توف ها و ولکانیک های حد واسط قدیمی تر در منطقه نفوذ کرده باشند (در شکل (۵-۵) موقعیت دگرسانی ها نسبت به روستای ده درک نشان داده شده است)

ب- بخش مرکزی محدوده مورد بررسی در شرق روستای سرطاغین و در محل کوه گازو

این دگرسانی ها در داخل ولکانیک های حد واسط و توف های سیلیسی شده که قدیمی تر از نفوذی های موجود در منطقه هستند واقع شده است.

ج- بخش شمال و شمال غربی محدوده مورد بررسی در غرب روستای پاگدار، روداب و**شمال بیدشک**

این دگرسانی ها در توده های دیوریتی که در داخل گرانیت ها، گرانودیوریت ها و کوارتز دیوریت های جبال بارز نفوذ کرده اند و جدیدتر از گرانیت ها هستند، قرار گرفته اند.

۵-۶ روشهای اعمال شده جهت استخراج دگرسانی ها**۵-۶-۱ روش بصری**

همانطور که در بخش مربوط به پردازش تصاویر و اطلاعات ماهواره ای بیان شد، پردازش داده های ماهواره ای به صورت بصری و رقومی می باشد که در پردازش بصری با توجه به ویژگیهای تصویر می توان عوارض و یا پدیده های مورد نظر را تفکیک نمود. در این روش می توان از ترکیب باندی (۵۳۱) در محیط RGB جهت شناسایی دگرسانی های آرژیلیکی و اکسید آهن استفاده کرد، که در محدوده مورد بررسی از همین ترکیب استفاده شده است. با توجه به واحدهای لیتولوژیک در ناحیه

مورد بررسی و بازتاب مربوط به دگرسانی ها در این ترکیب باندی نواحی دگرسانی جهت کنترل های صحرایی معرفی گردید که در شکل (۴-۵) پراکندگی آنها مشاهده می شود. این کار در نرم افزار Geomatica در بخش Image work صورت گرفت.

۵-۶-۲ روش رقومی-بصری با استفاده از نرم افزار (Geomatca.9.1)

همان طور که بیان شد در پردازش داده های ماهواره ای از دو روش بصری و رقومی استفاده می شود که در روش رقومی از الگو برداری استفاده می شود. از تلفیق این دو روش و خصوصاً روش نسبت گیری باندها جهت استخراج دگرسانی های آرژیلیکی و اکسید آهن در این محدوده استفاده گردید در این روش باندهای تفریقی (۱-۲ و ۴-۵ و ۷-۵) در محیط RGB مورد استفاده قرار گرفت.

در شکل (۵-۶) استفاده از روش رقومی-بصری تفریق باندها نمایش داده شده است. در این روش نواحی دگرسانی آرژیلیکی به رنگ صورتی تا بنفش و دگرسانی های اکسید آهن به رنگ آبی که در زیر پوششی از دگرسانی های آرژیلیک قرار گرفته اند مشخص است. هم چنین دگرسانی های سیلیسی به رنگ سبز همراه با دگرسانی های اکسید آهن و آرژیلیکی مشاهده می شود. در تصویر موقعیت روستای ده درک نسبت دگرسانی ها مشخص شده است.

در شکل (۵-۷) یکی دیگر از روشهای رقومی-بصری استفاده شده است. این روش تحلیل مولفه های اصلی (PCA) نام دارد. ترکیب باندی مورد استفاده در این روش ترکیب تفریقی باندی ۷-۵، (۳ و ۱: PC2) و (۵ و ۴ و ۳ و ۱: PC4) می باشد از این روش برای استخراج نواحی دگرسانی اکسید آهن استفاده شد که به رنگ سفید تا زرد رنگ در شکل دیده می شوند. خلاصه تمام محاسبات PC به صورت یک رابطه عددی بین هر مولفه اصلی با باند های طیفی ارائه می شود که با توجه به نوع هدف از PC های مناسب استفاده می شود. نتایج حاصل از عملیات تحلیل مولفه اصلی مربوط به ۶ باند طیفی سنجنده ETM در صفحه بعد آورده شده است.

Input Channels: 1 2 3 4 5 7
Output Channels: 10 11 12 13 14 15
Eigenchannels : 1 2 3 4 5 6

Sampling Window: 0 0 3611 3947 Sample size :1783834

Channel	Mean	Deviation
1	90.9070	12.3115
2	77.2111	13.2246
3	84.3239	17.9333
4	47.5145	11.7089
5	65.7461	21.3152
7	56.9126	17.3807

Covariance matrix for input channels:

	1	2	3	4	5	7
1	151.574					
2	151.374	174.889				
3	193.836	230.100	321.604			
4	61.335	102.021	144.832	137.097		
5	96.565	179.745	263.158	214.403	454.339	
7	107.636	166.691	241.351	158.569	352.444	302.089

Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	%Variance
1	1230.8063	35.0828	79.84%
2	248.0669	15.7501	16.09%
3	41.0204	6.4047	2.66%
4	11.1177	3.3343	0.72%
5	7.9786	2.8246	0.52%
6	2.6025	1.6132	0.17%

Eigenvectors of covariance matrix (arranged by rows):

0.24346	0.33311	0.46730	0.28389	0.55721	0.46938
0.54523	0.37886	0.43315	-0.16837	-0.52750	-0.25487
0.04528	-0.05536	-0.01280	-0.84753	0.01310	0.52559
-0.60557	-0.22163	0.74556	-0.09484	-0.09256	-0.10363
0.01501	0.20725	0.00860	-0.40425	0.61279	-0.64639
-0.52388	0.80645	-0.19471	-0.01852	-0.16437	0.09957

Scaling Information:

Eigen Channl	Output Channl	Unscaled Min	Unscaled Max	Deviation Range	Midpoint	Scale Factor
1	10	-137.455	436.266	all	127.500	1.000
2	11	-95.729	212.509	all	127.500	1.000
3	12	-91.159	67.600	all	127.500	1.000
4	13	-78.887	34.797	all	127.500	1.000
5	14	-59.249	41.319	all	127.500	1.000
6	15	-14.077	22.914	all	127.500	1.000



شکل ۴-۵ تصویر ماهواره ای لندست (RGB=531) از محدوده مورد مطالعه- نمای کلی دگرسانی های آرژیلیکی منطقه که به وسیله یک لایه وکتوری سبز رنگ نشان داده شده است

۵-۶-۳ روش رقومی- بصری با استفاده از نرم افزار (ENVI 4.0)

این روش نیز روش رقومی- بصری دیگری است که در محیط نرم افزار ENVI صورت می گیرد. این تکنیک ¹LS-Fit نام دارد. به عبارتی دیگر الگوریتم LS-Fit با استفاده از روش پیش بینی خطی باند و به کارگیری حداقل مربعات به پیش بینی یک باند براساس سایر باندها می پردازد. خروجی این

الگوریتم دو باند می باشد که عبارتند از : **Residual Image** و **predicton Image**

تصویر **predicton** چون براساس پیش بینی سایر باندها بوده بنابراین بیشترین شباهت را با سایر باندها دارا می باشد. اما در مقابل تصویر **Residual** چون خطای پیش بینی می باشد نشان دهنده اختلاف باند مذکور با سایر باندهاست. از این باند می توان جهت بارزسازی و استخراج عوارض مشخص استفاده کرد. در محدوده مورد بررسی از باند پنج تصویر ETM ماهواره لندست در روش LS-Fit استفاده شد، زیرا دگرسانیهای آرژیلیکی در این باند با سایر باندها رفتار متفاوتی دارد و لذا در تصویر **Residual** کاملاً بارز می گردد و می توان با اعمال روش آستانه نواحی دگرسان شده را تفکیک نمود. امتیاز این روش نسبت به سایر روشهای رقومی مثل تفریق باندها و روش تحلیل مولفه های اصلی که قبلاً به آنها اشاره شد کاهش نویزها در تصویر می باشد.

در محدوده مورد بررسی از باند ۳ تصویر ETM ماهواره لندست نیز جهت استخراج دگرسانیهای اکسید آهن به روش LS-Fit استفاده شده است. امتیاز مهم این روش پس از اعمال آستانه روی تصویری که با روش فوق بدست آمده این است که شدت دگرسانی را از دگرسانی شدید تا ضعیف نشان می دهد

در شکل (۵-۸) روش LS-Fit در نرم افزار (ENVI) بر روی محدوده مورد بررسی اعمال شد. در این تصویر از باند ۵ تصویر ETM ماهواره لندست به عنوان باند انتخابی برای دگرسانی های آرژیلیکی

1- Least square filtering technique

استفاده شده است. به کمک این روشها ضمن کاهش نویز و اطلاعات مزاحم، می توان شدت دگرسانیها را از شدید تا ضعیف مشاهده کرد.

در شکل (۵-۸) مناطقی که شدت دگرسانی آرژیلیکی در آنها بیشتر است با رنگ قرمز و به تدریج که از شدت آن کاسته می شود رنگ ها بصورت سبز و در ضعیف ترین حالت به رنگ آبی دیده می شود.

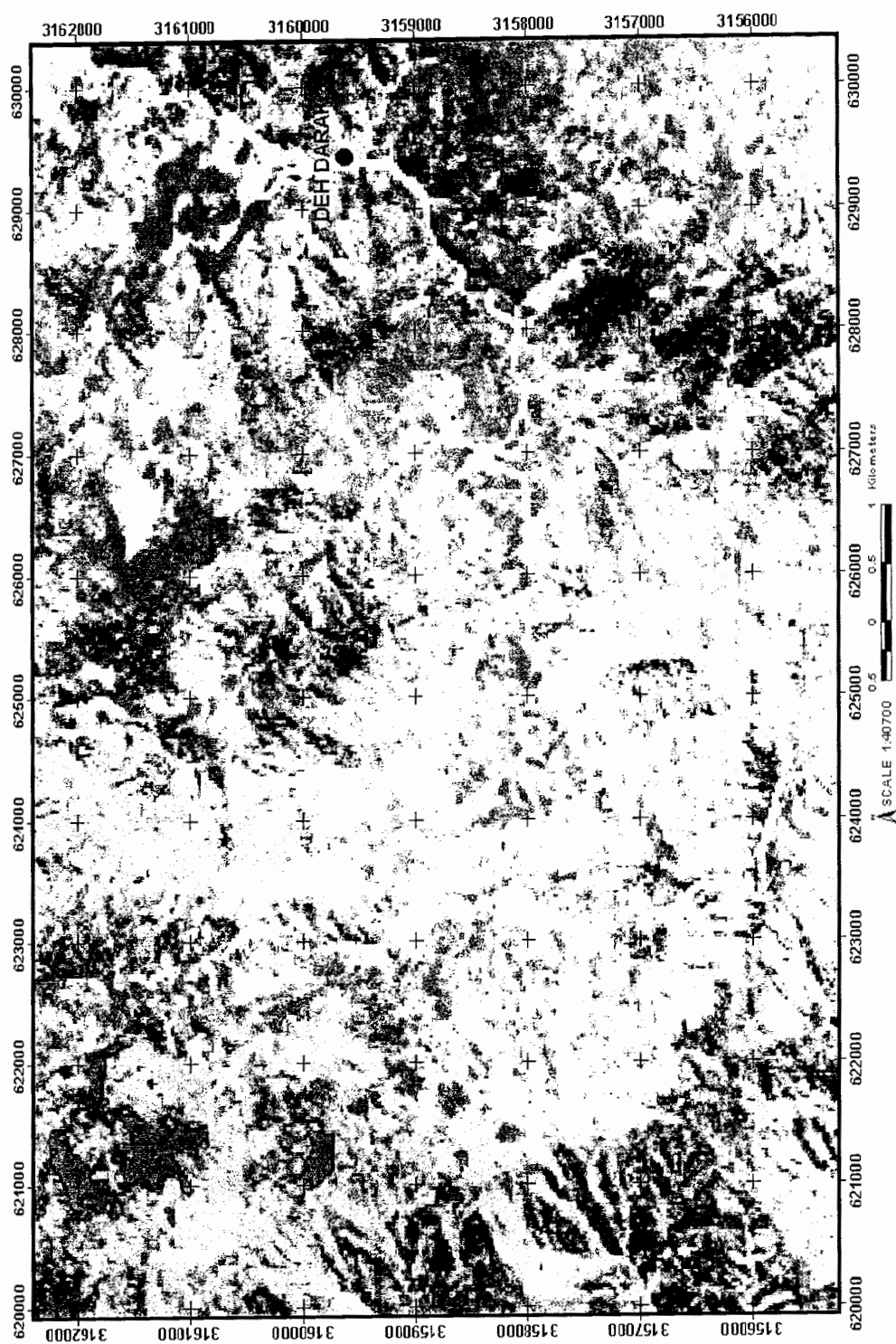
با مقایسه این روش ها با یکدیگر (روشهای رقومی- بصری با بصری) مجموعاً محدوده های دگرسانی آرژیلیکی و اکسید آهن در تصویر لندست استخراج گردید که در شکل (۵-۴) مشخص شده است. باید توجه داشت، در استخراج دگرسانی ها، جنس واحدهای زمین شناختی محدوده و داده های زمین شناسی نقش بسیار مهمی ایفا می کنند که در نهایت با مقایسه داده های زمین شناسی با داده های دورسنجی، مناطقی به عنوان مناطق امیدبخش از لحاظ کانه زائی معرفی می گردد.

آنچه که تاکنون بدان اشاره شد پردازش داده های دورسنجی در تصاویر ماهواره ای لندست و سنجنده ETM بود. به وسیله داده های لندست می توان محدوده های دگرسانی خصوصاً از نوع آرژیلیکی را به خوبی تشخیص داد. اما با پیشرفت فن آوری تصاویر ماهواره ای این امکان فراهم شده است که بتوان انواع دگرسانی ها را نیز از یکدیگر تفکیک نمود.

پس از مرحله تشخیص دگرسانی ها در تصاویر ماهواره ای لندست به کمک تصاویر ASTER زون های دگرسانی نیز قابل تفکیک هستند که در امر اکتشاف نقش قابل توجهی را ایفا می کنند. تفکیک زون های دگرسانی در تصاویر استر با مقایسه محدوده های دگرسانی در تصاویر لندست صورت گرفته است که در فصل بعدی به آنها اشاره می گردد.



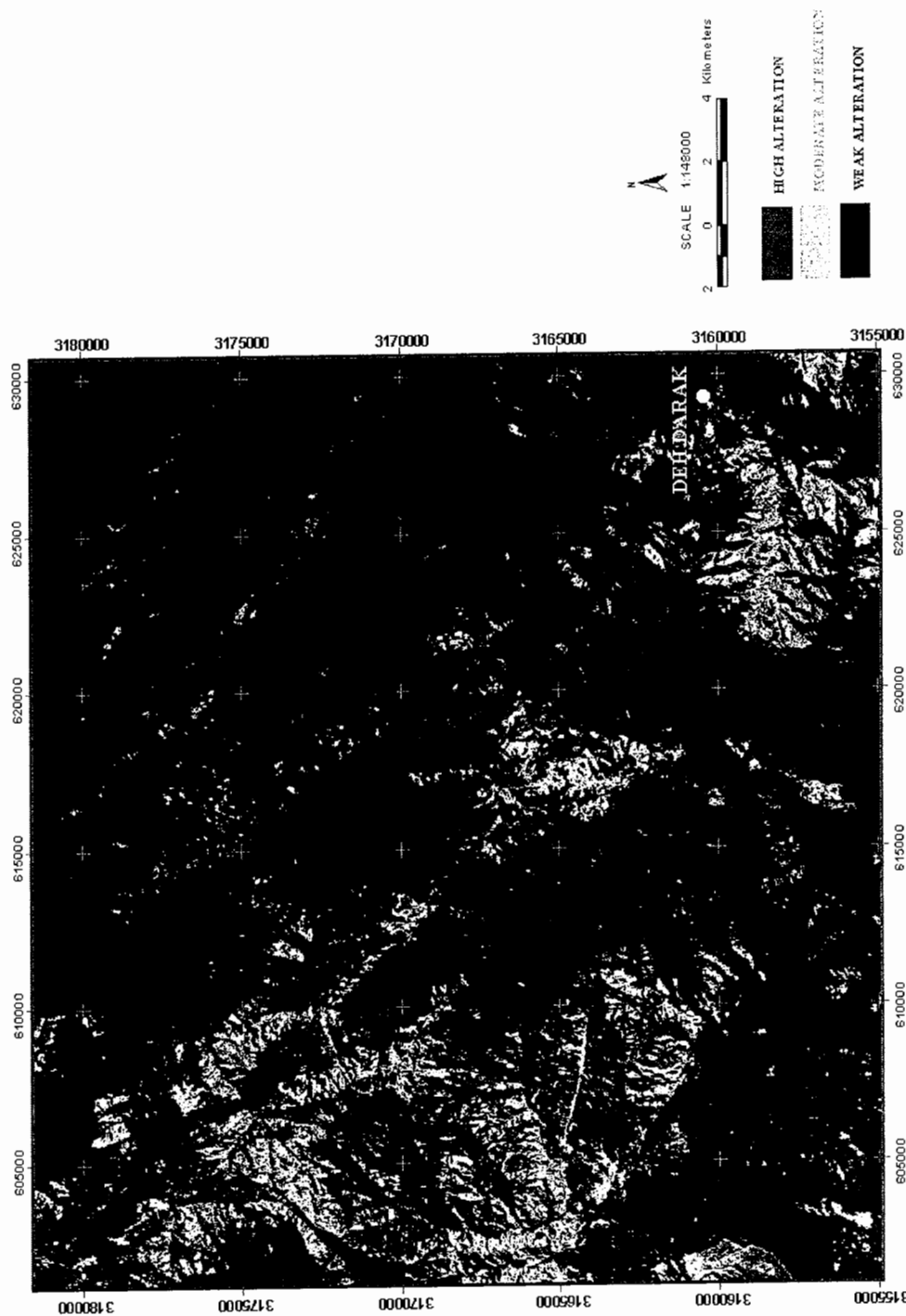
شکل ۵-۵ موقعیت دگرسانی‌های آرژیلیکی در بخش جنوب غربی محدوده مورد مطالعه نسبت به روستای ده درک نشان داده شده است



شکل ۵-۶ استفاده از روش رقومی - بصری تفريق باند ها برای نمایش دگرسانی های آریلیکی، اکسید آهن و سیلیسی در اطراف روستای ده درک



شکل ۷-۵ استفاده از روش رقومی - بصری تحلیل مولفه های اصلی برای نمایش دگرسانی اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه



شکل ۸-۵ استفاده از روش رقومی - بصری Prediction B and مشاهده شدت دگرسانی های ارزیابی از قوی تا ضعیف در محدوده مورد مطالعه

فصل ششم

تفکیک دگرسانی به وسیله تصاویر ASTER

۶-۱ مقدمه

تصاویر ماهواره ترا (استر) در جداسازی زون های دگرسانی دارای قابلیت بیشتری نسبت به تصاویر ماهواره لندست (ETM) می باشند و بالطبع نتایج بهتری را در اختیار کاربران قرار می دهند. ماهواره ترا به عنوان بخشی از پروژه مشاهدات زمینی سازمان فضایی آمریکا و وزارت اقتصاد ژاپن در دسامبر ۱۹۹۹ به فضا فرستاده شد. این ماهواره در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری سطح زمین در یک مدار خورشید آهنگ هر ۹۸ دقیقه یک بار به دور زمین می چرخد. زاویه قرارگیری آن نسبت به استوا ۹۸ درجه می باشد و پوشش کامل زمین ۱۶ روز طول می کشد. کلمه **ASTER** مخفف عبارت زیر است:

Advanced Space born Thermal Emission And Reflection Radiometer

که مفهوم آن بازتاب و پخش یا انتشار حرارتی طیف ها به صورت پیشرفته می باشد. این تصاویر کاربرد های مختلفی دارد که از آن جمله می توان به شناخت آب و هوای سطح زمین، نحوه تغییرات اکوسیستم و پوشش های گیاهی، نمایش فعالیت های آتشفشانی، نمایش بلایای طبیعی، آب شناسی و شناسایی تغییرات سطح زمین اشاره کرد. یکی از کاربرد های مهم آن، شناسایی دگرسانی ها در اکتشاف می باشد [۱۷].

تصاویر استر در ۲ سطح 1a,1b قابل دسترسی است. در سطح 1a داده ها به صورت خام و در سطح 1b داده ها به صورت پردازش شده و تصحیح شده در اختیار کاربر قرار می گیرد که تصاویر استفاده شده در این تحقیق نیز دارای همین سطح اطلاعاتی می باشد.

داده های قابل استخراج از تصاویر استر بر اساس بازتاب طیفی کانی ها می باشد. از آنجا که هر کانی بازتاب طیفی خاصی دارد، می توان کانی های مرتبط با دگرسانی ها را در تصاویر استر تشخیص داد.

در کتابخانه طیفی تصاویر استر که توسط سازمان زمین شناسی آمریکا و دانشگاه جان هاپکینز ایجاد شده است، داده های مربوط به طیف های بازتابی از کانی های مختلف آورده شده است [۲۳]. پردازش و تفسیر داده های استر در محدوده مورد بررسی، به کمک نرم افزار های **Geomatica** و **ENVI** انجام شد.

۶-۲ سنجنده استر

این سنجنده اطلاعات طیفی منابع زمینی را در ۱۴ باند مجزا، سه باند در محدوده مرئی و فروسرخ نزدیک^۱ (۰/۵۲ - ۰/۸۶ میکرومتر) با تفکیک مکانی ۱۵ متر، شش باند در محدوده فروسرخ موج کوتاه^۲ (۰/۴۳ - ۱/۶ میکرومتر) با تفکیک مکانی ۳۰ متر و پنج باند در محدوده فروسرخ گرمایی^۳ (۰/۱۱/۶۵ - ۸/۱۲۵ میکرومتر) با تفکیک مکانی ۹۰ متر در اختیار کاربران قرار می دهد (جدول ۶-۱). داده های فروسرخ موج کوتاه سنجنده استر در محدوده باند ۷ سنجنده ETM ماهواره لندست می باشد، با این تفاوت که در طیف سنج استر، ۶ باند پیوسته توان تفکیک طیفی بزرگتری را نسبت به لندست ETM در این محدوده طیفی به نمایش می گذارد [۱۷].

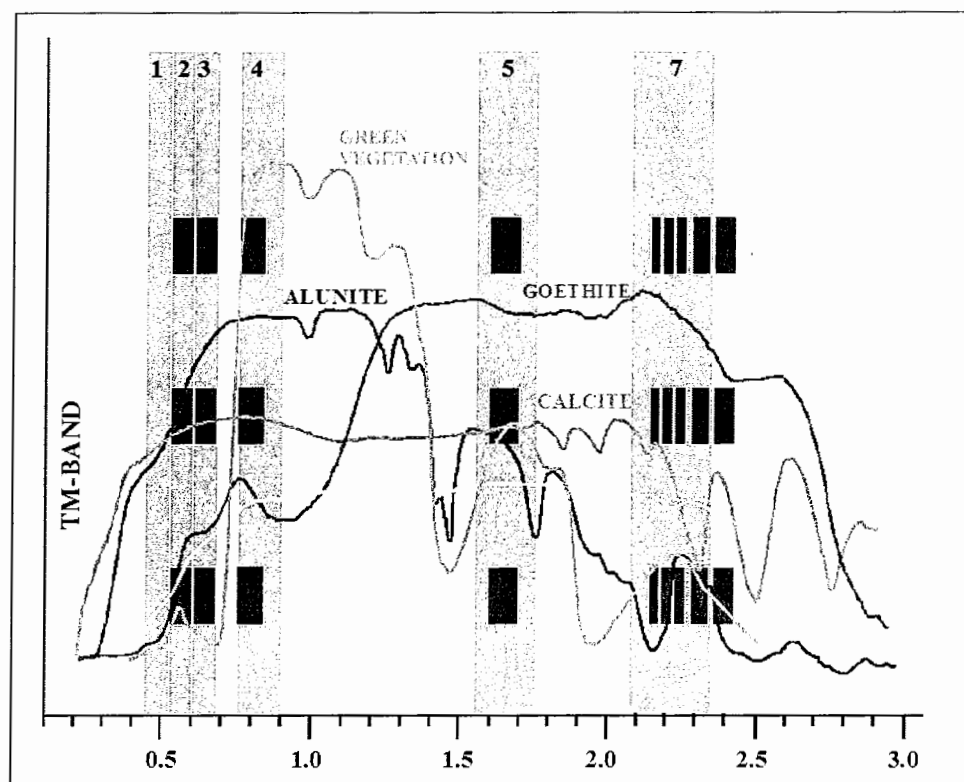
محدوده فروسرخ موج کوتاه دارای بیشترین پتانسیل برای بررسی ترکیب شیمیایی مواد زمینی است. با توجه به وجود ۶ باند مجزا در محدوده فروسرخ موج کوتاه طیف الکترومغناطیس، سنجنده استر امکان جداسازی و تفکیک انواع کانی های موجود در زون های دگرسانی مس پورفیری را فراهم می سازد. در شکل (۶-۱) مقایسه ای بین باند های طیفی لندست و باند های طیفی استر صورت گرفته که در آن باند های استر به رنگ تیره تر مشخص شده است. در این شکل، باند های طیفی حرارتی خارج از محدوده طیفی نمایش داده شده قرار دارند و لذا فقط باند های مرئی و کوتاه مادون قرمز قابل مشاهده هستند. با توجه به شکل مذکور داده های ETM فقط دگرسانی ها را می توانند

1-Visible near infrared
2- Short wave infrared
3- Thermal infrared

تشخیص دهند و قادر به تفکیک زون های دگرسانی نیستند. ولی به کمک داده های استر زون های دگرسانی مختلفی را به شرح ذیل می توان شناسایی کرد:

جدول ۶-۱ مشخصات سنجنده ASTER

توان تفکیک مکانی (متر)	توان تفکیک رادیومتری (بیت)	محدوده باند (میکرومتر)	باند	طیف سنج
۱۵	۸	۰/۵۲ - ۰/۶۰	۱	VNIR
۱۵	۸	۰/۶۳ - ۰/۶۹	۲	
۱۵	۸	۰/۷۸ - ۰/۸۶	۳N	
۱۵	۸	۰/۷۸ - ۰/۸۶	۳B	
۳۰	۸	۱/۶۰۰ - ۱/۷۰۰	۴	SWIR
۳۰	۸	۲/۱۴۵ - ۲/۱۸۵	۵	
۳۰	۸	۲/۱۸۵ - ۲/۲۲۵	۶	
۳۰	۸	۲/۲۳۵ - ۲/۲۸۵	۷	
۳۰	۸	۲/۲۹۵ - ۲/۳۶۵	۸	
۳۰	۸	۲/۳۶۰ - ۲/۴۳۰	۹	
۹۰	۱۲	۸/۱۲۵ - ۸/۴۷۵	۱۰	TIR
۹۰	۱۲	۸/۴۷۵ - ۸/۸۲۵	۱۱	
۹۰	۱۲	۸/۹۲۵ - ۹/۲۷۵	۱۲	
۹۰	۱۲	۱۰/۲۵ - ۱۰/۹۵	۱۳	
۹۰	۱۲	۱۰/۹۵ - ۱۱/۶۵	۱۴	



شکل ۶-۱ مقایسه بین باند های طیفی لندست و استر [۱۷].

۱- **زون دگرسانی اکسید آهن:** که به وسیله تشکیل گوتیت و لیمونیت مشخص می گردد و در سیستم های آبی ترمال، پرفیری و سیستم های مس و طلا همراه با اکسید آهن می تواند حائز اهمیت باشد. که با توجه به شکل فوق این زون در محدوده باندهای (۱۲۳) استر و باند های مرئی ETM قابل شناسایی است.

۲- **زون دگرسانی پتاسیک:** این نوع دگرسانی به وسیله تشکیل کوارتز، بیوتیت، فلدسپار پتاسیم، سرسیت و کلریت مشخص می گردد. بیوتیت گرمابی به آسانی از ورقه های بزرگ بیوتیت ماگمایی با فراوانی کمتر قابل تشخیص است این زون دگرسانی در سیستم های پورفیری در مرکز سیستم قرار دارد و بخش عمده ای از ذخیره در آن قرار گرفته است.

۳- **زون دگرسانی فلیک:** این نوع دگرسانی به وسیله ظاهر سفید و براقی که کوارتز، سرسیت و پیریت به سنگ می دهد آشکار است. این زون در سیستم های پورفیری و اپی ترمال بسیار حائز اهمیت است

۴- **زون دگرسانی پروپیلیتیک:** درون این زون کانی های اپیدوت، کلریت، کلسیت، سرسیت، کانی های رسی، بیوتیت، هماتیت و پیریت مشاهده می شود. این زون راهنمای بسیار خوبی در سیستم های اپی ترمال و پورفیری می باشد.

۵- **زون دگرسانی آرژیلیک:** این زون به وسیله وجود کانی های رسی همراه با سرسیت مشخص می گردد. این دگرسانی بیشتر همراه با دگرسانی های سرسیتی و سیلیسی دیده می شود. با توجه به شکل این زون در محدوده باندهای (۴۵۶) سنجنده استر قابل شناسایی است.

۶- **زون دگرسانی سیلیسی:** این زون در سیستم های اپی ترمال بسیار مهم است و سولفید غالب این نوع دگرسانی، پیریت است.

همانطور که در شکل (۶-۱۰) مشخص شده است بازتاب طیفی کانیهای رسی بیشتر در محدوده (۲/۵-۲ میکرومتر) صورت می گیرد که معادل باند ۷ سنجنده ETM می باشد که این باند به ۵ باند در سنجنده استر تقسیم شده است. بنابراین قدرت تفکیک طیفی سنجنده استر در مورد کانیهای رسی بسیار بیشتر از سنجنده ETM است

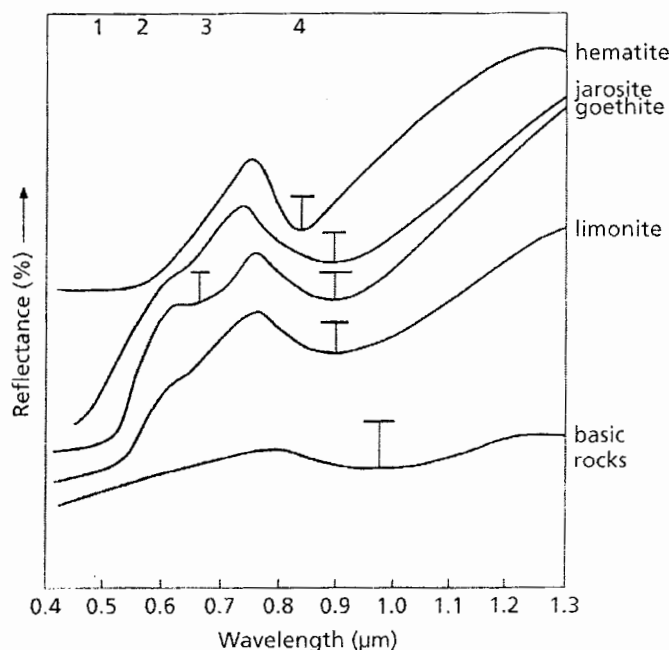
با توجه به اینکه در محدوده مورد بررسی احتمال وجود سیستم های کانی زایی از نوع پورفیری و اپی ترمال بسیار زیاد است، لذا توجه خاصی به این زون های دگرسانی در محدوده مورد بررسی شده است. هر یک از کانی های فوق الذکر دارای بازتاب طیفی و رنگی مشخصی می باشد که این داده ها از طریق تصاویر استر قابل استخراج می باشد. بیشترین پدیده جذب طیفی در طول موج های مادون قرمز کوتاه صورت می گیرد. کانی هایی که طول موج طیفی آن ها در این محدوده قرار دارند عمدتاً دارای بنیان های هیدروکسیل (OH) و آب می باشند.

پدیده جذب طیفی در این کانی ها از طریق باند های شیمیایی که در سیستم تبلور کانی ها وجود دارد صورت می گیرد.

۳-۶ تفکیک دگرسانی های اکسید آهن

از آنجا که دگرسانی های از نوع اکسید آهن در روند کانه زایی ها نقش مهمی را ایفاء می کنند و می توانند راهنمای خوبی برای یافتن کانسار ها به خصوص مس پورفیری و طلای اپی ترمال باشند، به کمک تصاویر استر ابتدا این زون دگرسانی تفکیک می گردد.

بیشترین جذب طیفی کانی های دگرسانی اکسید آهن (گوتیت و لیمونیت) همان طور که در شکل (۲-۶) مشخص است در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک مرئی (۰/۸ - ۰/۵ میکرومتر) صورت می گیرد، لذا در این تحقیق از ترکیب باندی (۱۲۳) در محیط RGB برای استخراج دگرسانی های اکسید آهن استفاده شد. چنانچه در شکل مشاهده می شود، بیشترین تغییرات منحنی بین ۰/۸ - ۰/۷ میکرومتر صورت می گیرد. در ترکیب باندی (۱۲۳) بازتاب کانی های اکسید آهن بین تن های رنگی سفید تا زرد رنگ تغییر می کند.



شکل ۲-۶ بازتاب طیفی کانی های اکسید آهن [۲۰].

در شکل (۳-۶) تفکیک نواحی اکسید آهن در محدوده مورد بررسی قابل مشاهده است که به صورت محدوده های با رنگ سبز در تصویر نمایش داده شده اند. همچنین این نواحی با دو روش رقومی دیگر نیز تفکیک گردید:

۱- استفاده از روش رقومی **Interactive Stretching** و روش بارز سازی **Piecewise Linear** در

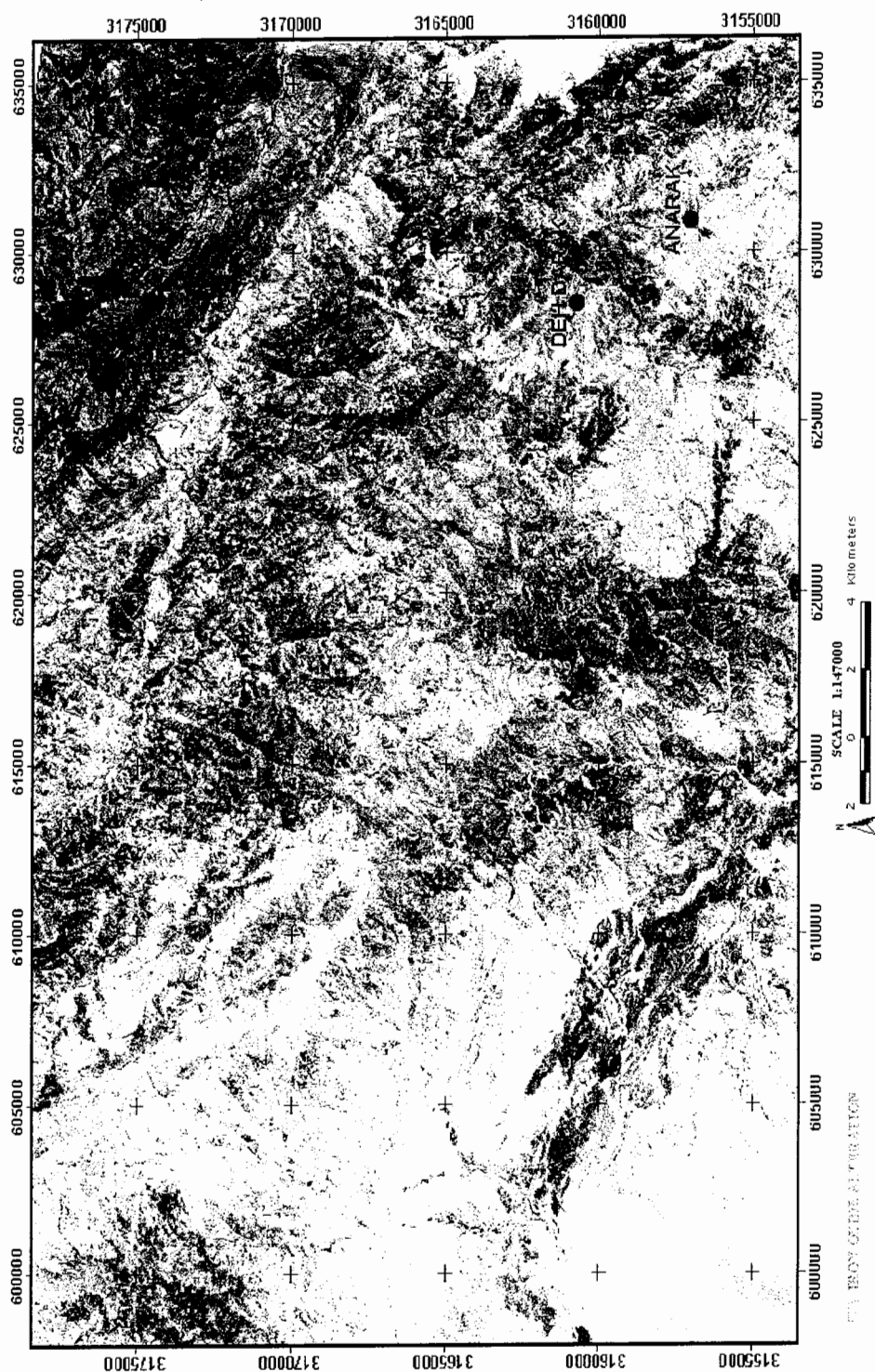
نرم افزار **ENVI** که نتایج آن در شکل (۴-۶) نشان داده شده است.

۲- استفاده از روش رقومی **Prediction Band** در نرم افزار **ENVI** که نتایج آن در شکل (۵-۶)

نشان داده شده است.

از ترکیب روش های رقومی- بصری با یکدیگر تصویر نهائی دگرسانی های اکسید آهن تهیه گردید

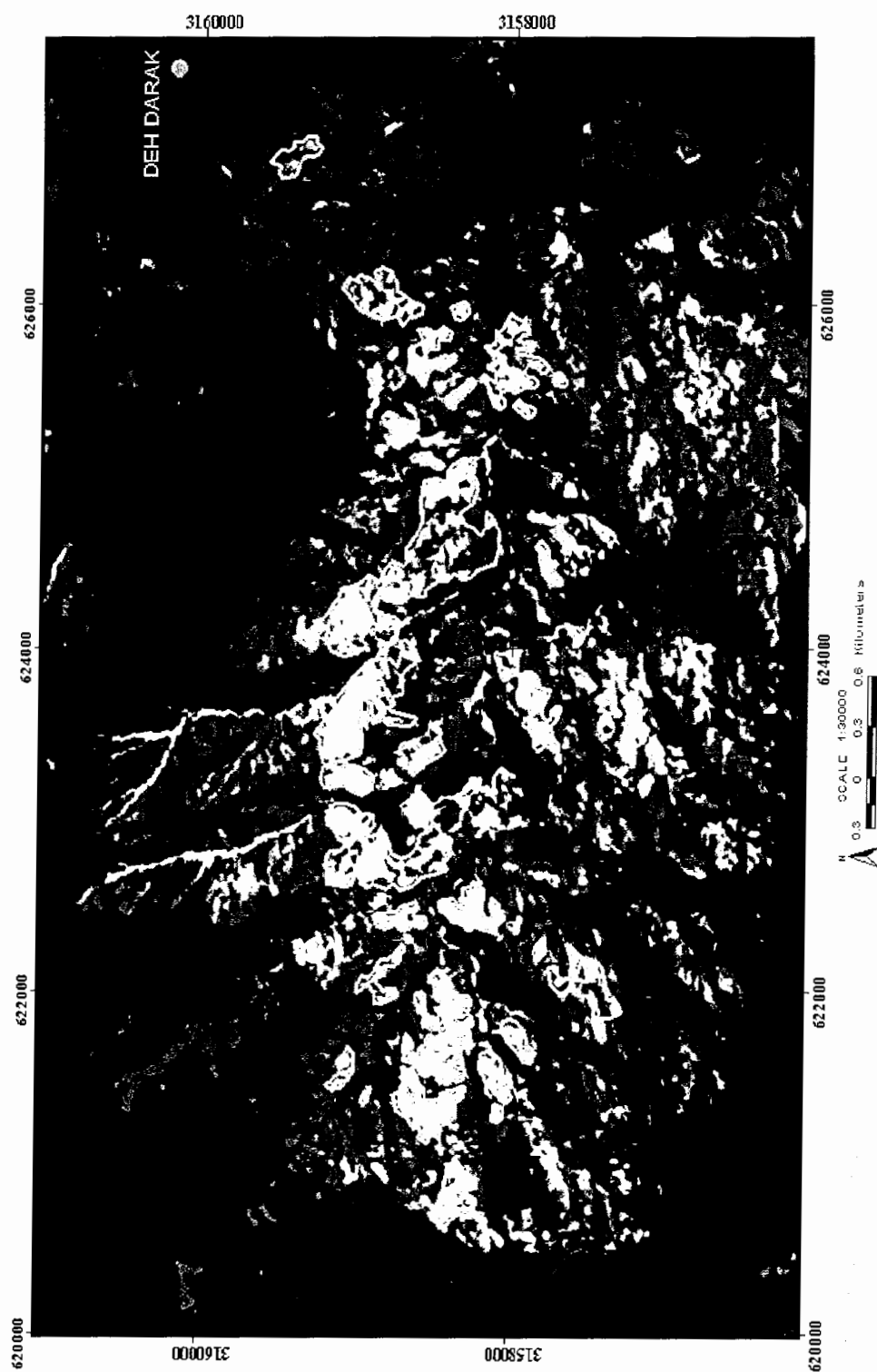
که در شکل (۳-۶) قابل مشاهده است.



شکل ۶-۳ تصویر ماهواره ای استر (123=RGB) - تفکیک نواحی اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه



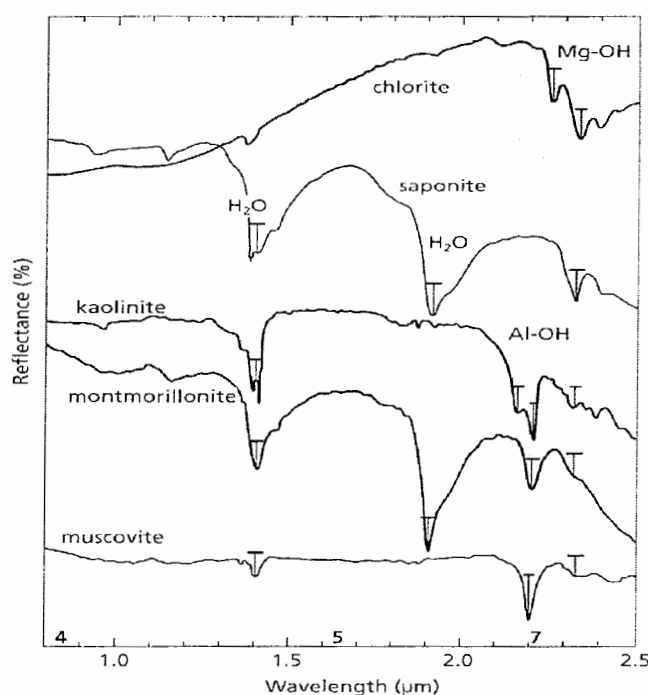
شکل ۴-۶ اعمال روش رقومی Interactive Stretching برای استخراج نواحی دگرسانی اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه



شکل ۵-۶ اعمال روش رقومی Prediction Band برای استخراج نواحی دگرسانی اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه

۴-۶ تفکیک دگرسانی های آرژیلیک، پتاسیک و فیلیک

شاید بتوان گفت بهترین راهنما برای دستیابی به کانسار های مس پورفیری و طلای اپی ترمال که در محدوده مورد بررسی موارد متعددی از آنها گزارش شده است، وجود دگرسانی های آرژیلیک، پتاسیک و فیلیک است. به کمک داده های تصاویر استر می توان کانی های موجود در این دگرسانی ها را شناسایی نمود. این کانی ها شامل مجموعه ایلیت و سرسیت و همچنین کائولینیت و آلونیت می باشد. بدیهی است تفکیک این کانی ها از یکدیگر بدون کنترل های صحرایی امکان پذیر نمی باشد، اما به کمک تصاویر ماهواره ای استر می توان محدوده های احتمالی این کانی ها را مشخص کرد. با توجه به منحنی های طیفی جذبی- بازتابی کانی های رسی که در شکل (۶-۶) نشان داده شده است، تفکیک این کانی ها در محدوده امواج مادون قرمز کوتاه (۲/۴ - ۱/۶ میکرومتر) صورت می گیرد. به همین دلیل از ترکیب باندی (۴۵۶) در محیط RGB برای تفکیک کانی های کائولینیت و همین طور ایلیت و سرسیت استفاده می شود.



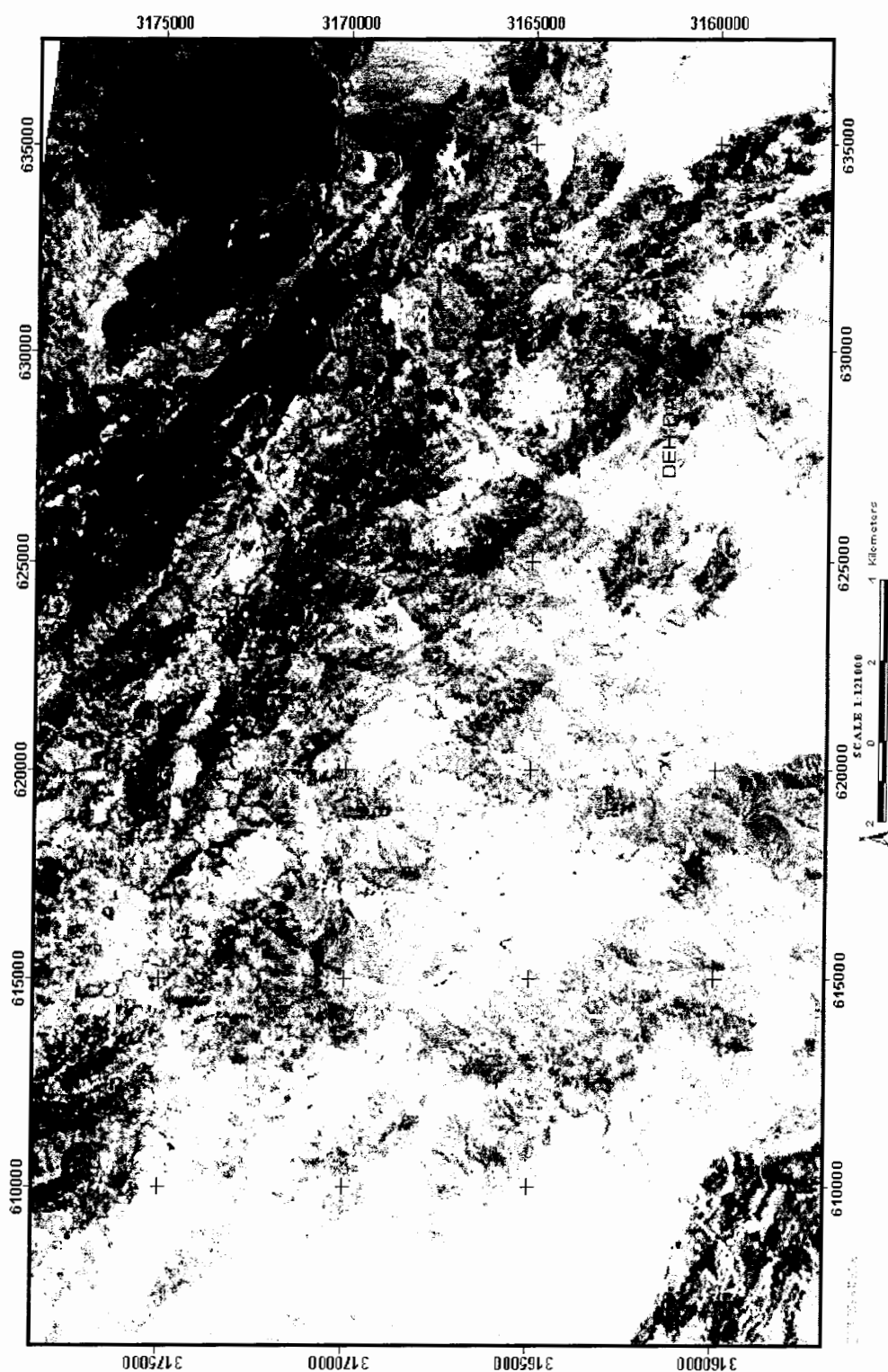
شکل ۶-۶ بازتاب طیفی کانی های رسی [۲۰].

در این ترکیب باندی مجموعه کانی های ایلیت و سرسیت دارای بازتاب های نارنجی، زرد تا سفید رنگ هستند و کانی های کائولینیت و آلونیت باز تاب های تیره رنگ تری نسبت به آن ها دارند که از صورتی تا قرمز رنگ تغییر می کنند. در شکل (۶-۹) دگرسانی های کائولینیتی از سرسیتی با توجه به تن رنگی آنها تفکیک شده اند.

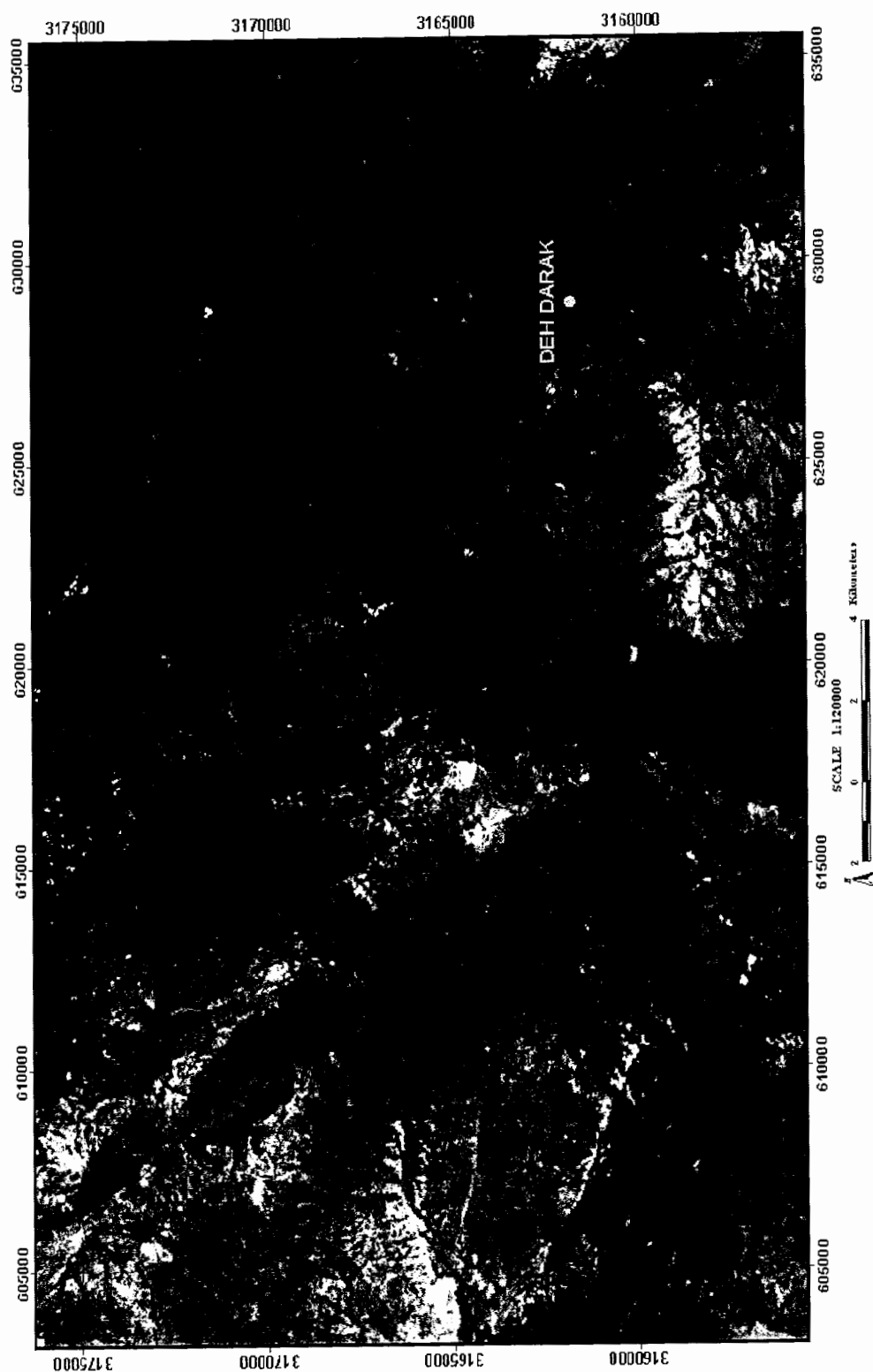
با توجه به ماهیت زمین شناسی این دگرسانی ها و حضور زون های دگرسانی در کنار یکدیگر، داده های تصاویر استر، راهنمای خوبی برای مشاهده زون های دگرسانی در محدوده مورد بررسی می باشند. همان طور که در شکل (۶-۷) دیده می شود، ارتباط نزدیکی بین زون دگرسانی آرژلیک و زون دگرسانی پتاسیک- فلیک وجود دارد. این زون های دگرسانی دارای روند یکسانی نیز می باشند که با روند گسل های منطقه نیز مطابقت خوبی دارند. محدوده های زرد رنگ در تصویر دگرسانی ایلیت- سرسیت و محدوده های سبز رنگ دگرسانی کائولینیت- آلونیت را نشان می دهد.

به وسیله نرم افزار ENVI و با استفاده از روش رقومی Interactive Stretching نیز، نواحی دگرسان شده کائولینیتی و سرسیتی تفکیک گردید که نتایج آن در شکل (۶-۸) نشان داده شده است. در این روش از بارز سازی Piecewise Linear استفاده شده است. در شکل نواحی دگرسان شده سرسیتی به رنگ زرد تا نارنجی و نواحی دگرسان شده کائولینیتی به رنگ صورتی دیده می شوند.

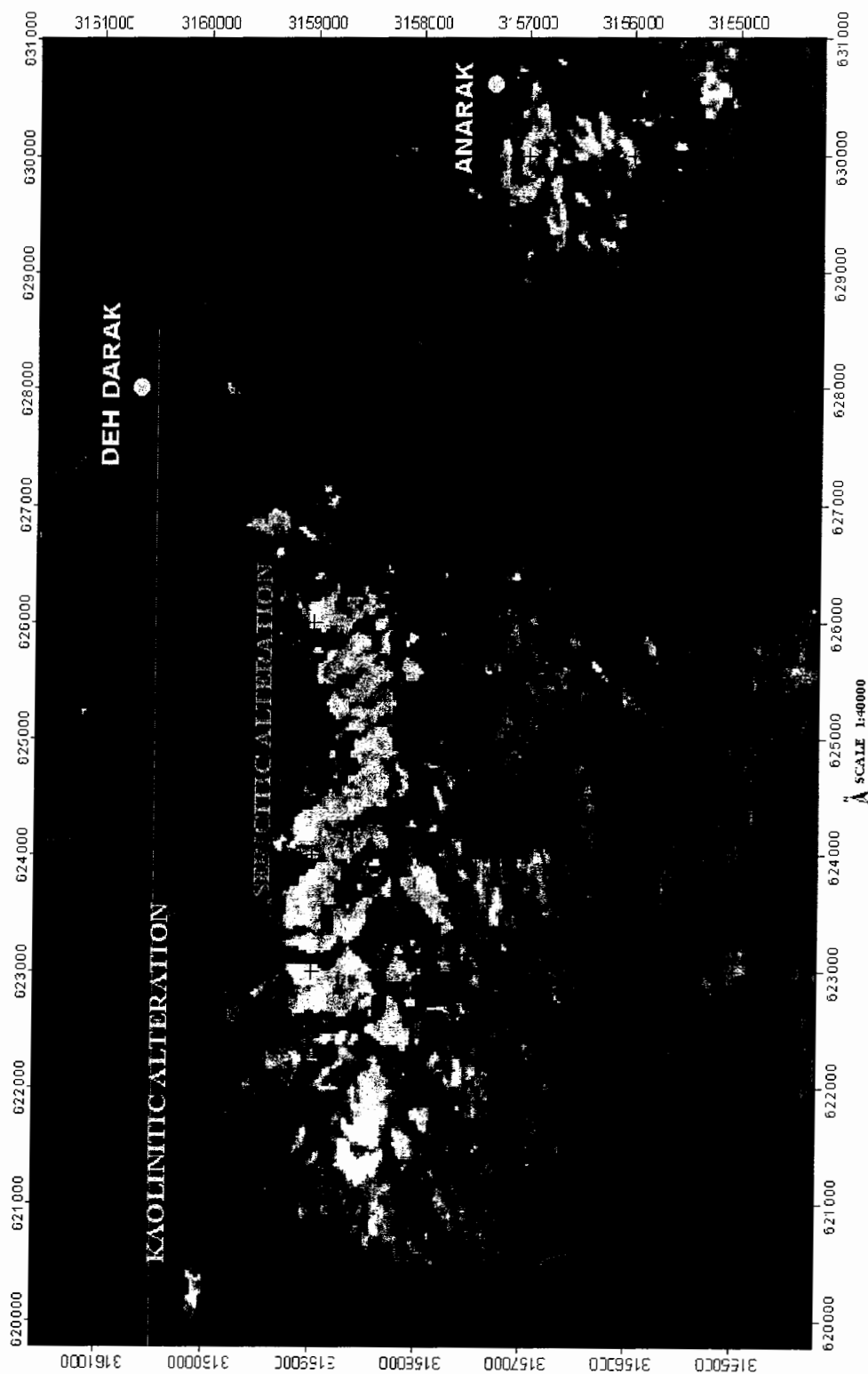
اساس کار روش رقومی Interactive Stretching بر تغییرات هیستوگرام ارزش های طیفی تصویر مورد نظر استوار است. بدین ترتیب که با ایجاد تغییرات در هیستوگرام تصویر ورودی، تصویری به وجود می آید که در آن محدوده های دگرسانی کائولینیتی و سرسیتی به صورت واضح دیده می شوند. در شکل (۶-۱۰) هیستوگرام ارزش های طیفی در تصویر مورد نظر قبل از انجام روش رقومی Interactive Stretching و پس از بارزسازی آن با این روش نشان داده شده است.



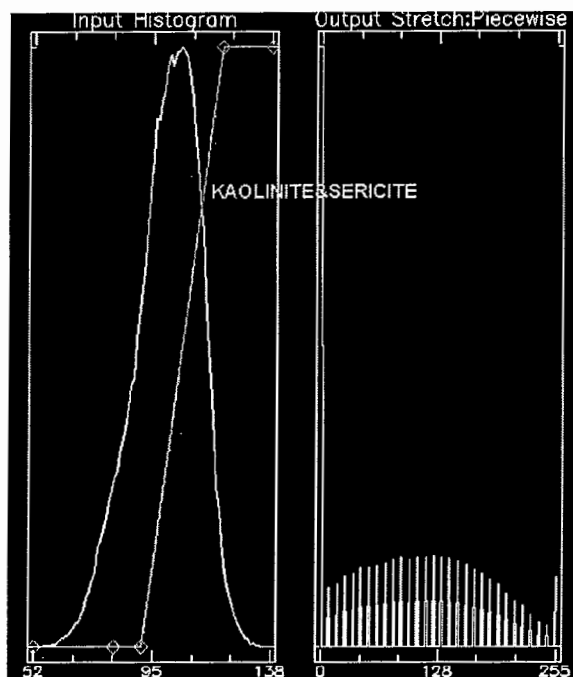
شکل ۷-۶ تصویر ماهواره ای استر (RGB=456) - نمایش دگرسانی های سرسیتی و کائولینیتی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۸-۶ اعمال روش رقومی Interactive Stretching برای استخراج نواحی دگرسانی کائولینیتی و سرسیتی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۹-۶ جداسازی دگرسانی های کائولینیتی از سرسیتی با توجه به تن رنگی آن ها در نرم افزار ENVI



شکل ۶-۱۰ هیستوگرام ارزش های طیفی تصویر قبل و بعد از بارز سازی به روش Interactive Stretching

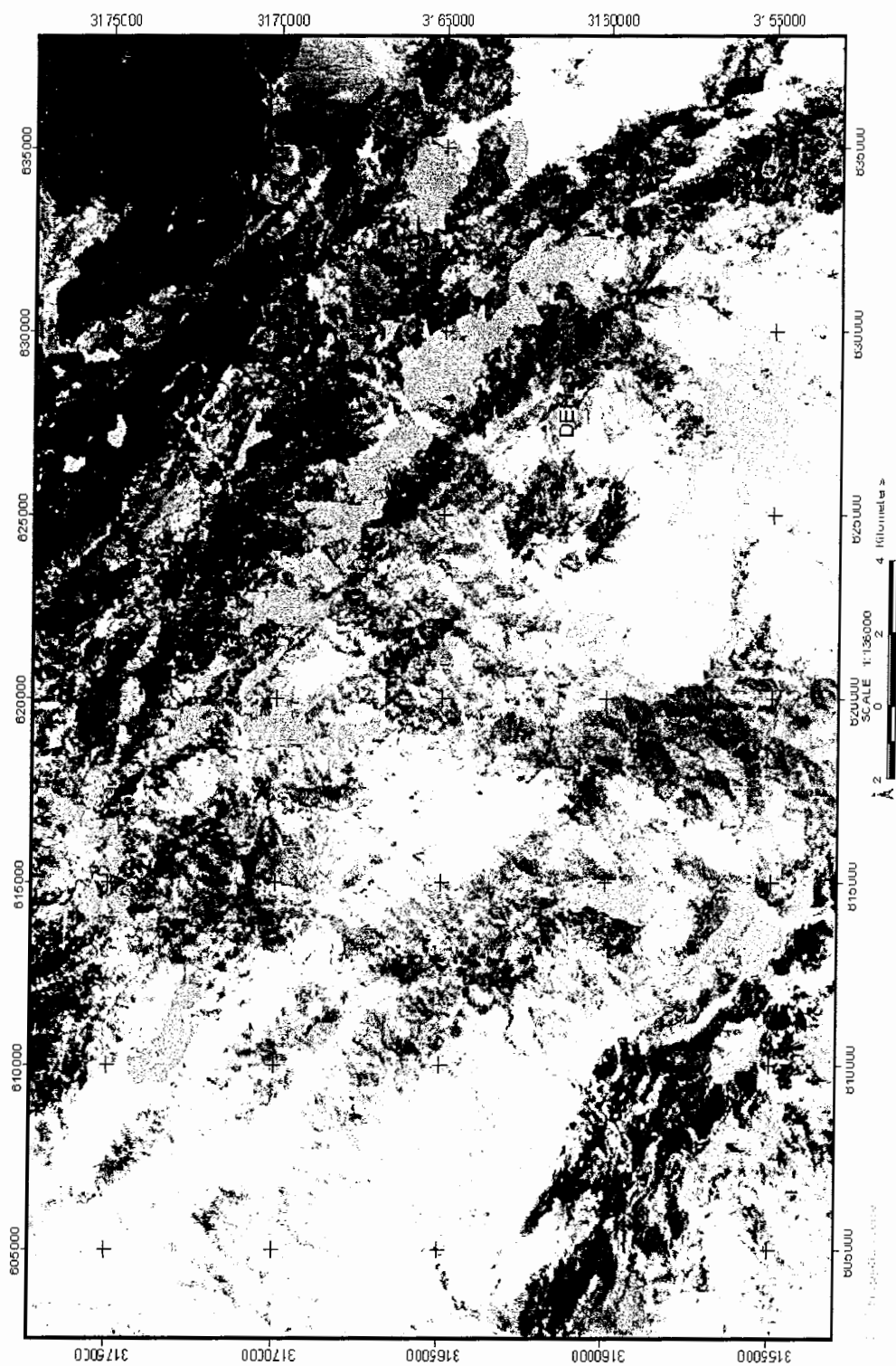
۵-۶ تفکیک دگرسانی های پروپیلیتیکی در محدوده مورد بررسی

زون دگرسانی پروپیلیتیکی (کلریت و اپیدوت) خارجی ترین زون دگرسانی بر اساس مدل لاول-گیلبرت است که معمولاً محدوده های وسیع تری را نسبت به زون های دگرسانی دیگر تشکیل می دهد. این زون از لحاظ شرایط فیزیکی و شیمیایی در درجات حرارت پایین تشکیل می شود. زون مذکور معمولاً در وسعت زیاد می تواند سایر دگرسانی هایی را که قبلاً بررسی شد، احاطه نماید. بنابراین می توان گفت از لحاظ اکتشافی راهنمای بسیار خوبی برای دستیابی به دگرسانی های آرژیلیک و پتاسیک می باشد که کانی سازی در آنها قابل توجه است. از لحاظ زمین شناسی گاهی زون های آرژیلیک و پتاسیک در سطح زمین رخنمون ندارند ولی با استفاده از زون پروپیلیتیکی به دلیل وسعت زیاد و تشخیص کانی های مختلف در آن، می توان کانه زایی های احتمالی در دگرسانی های آرژیلیک و پتاسیک را در نواحی عمیق تشخیص داد، که برای اثبات آن انجام بازدید های صحرائی و حفاری ضروری است.

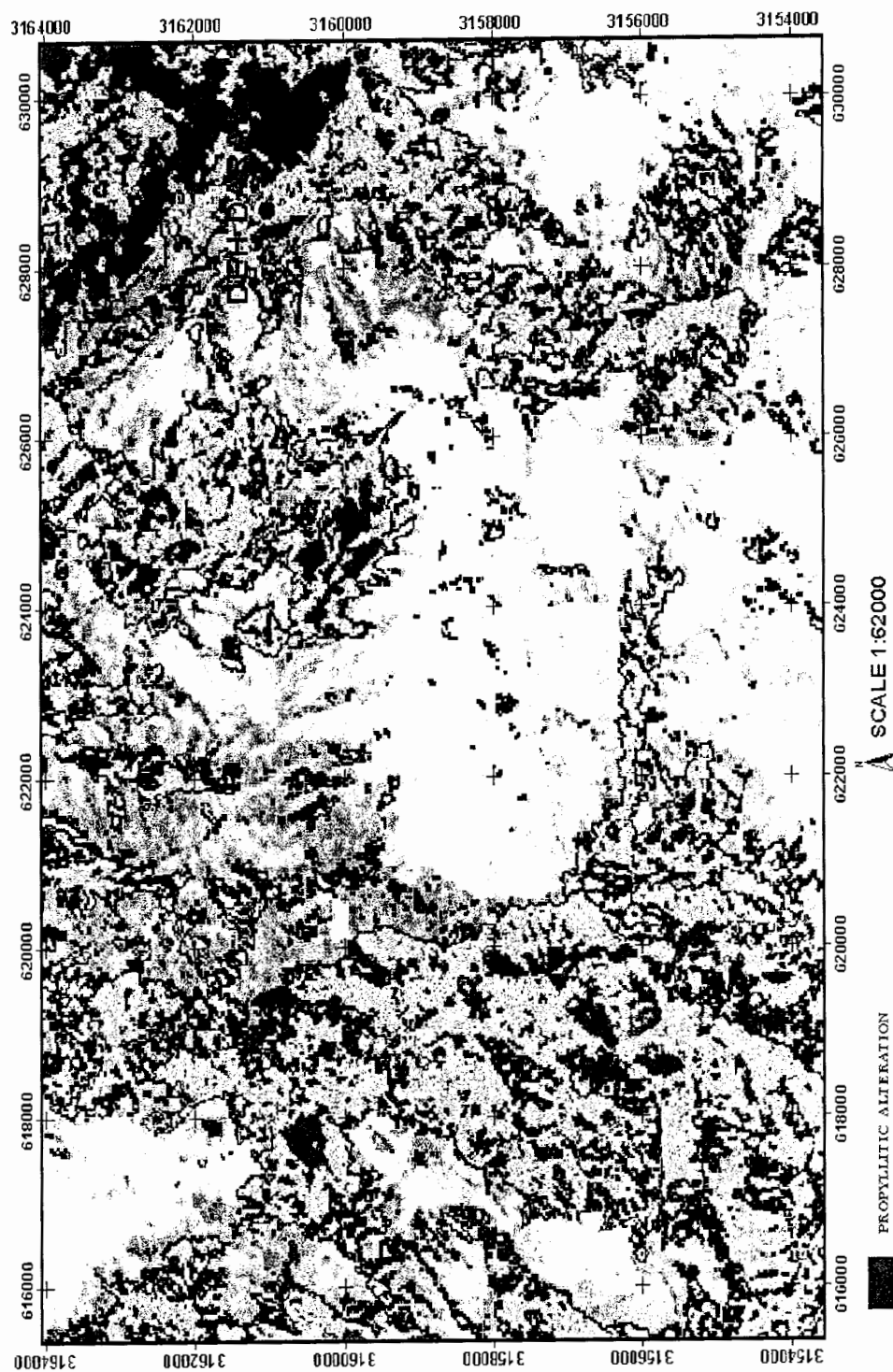
با توجه به موارد مذکور تشخیص زون های پروپیلیتیک در اکتشاف بسیار حائز اهمیت می باشد و تصاویر استر این قابلیت را دارند که این زون را از سایر زون های دگرسانی تفکیک سازند.

تفکیک زون دگرسانی پروپیلیتیک (کلریت، اپیدوت) با توجه به منحنی های طیفی جذبی - بازتابی کانی های شاخص آن (شکل ۶-۶) در محدوده امواج مادون قرمز کوتاه ($2/4 - 1/6$ میکرومتر) انجام می گیرد. به همین دلیل از ترکیب باندی (۴۶۸) در محیط RGB برای تشخیص کانی های کلریت و اپیدوت استفاده شده است.

در این ترکیب باندی زون پروپیلیتیکی دارای بازتاب رنگی سبز روشن تا تیره می باشد که در شکل (۶-۱۱) نشان داده شده است. در همین ترکیب باندی، بخش های آرژیلیکی همان طور که در شکل (۶-۹) مشخص است، بازتاب رنگی صورتی روشن تا تیره دارند. با توجه به وسعت زون پروپیلیتیک، در واحد های مختلف زمین شناسی بازتاب این زون در محدوده طیف بازتابی سبز رنگ، از سبز بسیار روشن تا سبز بسیار تیره تغییر می کند. لذا از روش دیگری در نرم افزار ENVI استفاده گردید تا این زون به طور واضح تری از سایر زون ها تفکیک گردد. این روش Color Mapping نام دارد. با استفاده از این روش تصاویر رنگی کاذبی به دست می آید که اگر روش رقومی Interactive Stretch را اعمال کنیم، محدوده هایی که دگرسانی پروپیلیتیکی در آنها وجود دارد، بارز می گردد در شکل (۶-۱۲) محدوده های دگرسانی پروپیلیتیکی با استفاده از این روش آشکار شده اند



شکل ۱۱-۶ تصویر ماهواره ای ASTER (RGB468) - تفکیک نواحی دگرسانی پروپیلیتیک در محدوده مورد مطالعه



شکل ۱۲-۶ اعمال روش رقومی Color Mapping برای استخراج نواحی دگرسانی پروپیلیتیک در نرم افزار ENVI

۵-۷ نتایج دور سنجی

همان گونه که پیش تر ذکر گردید، منطقه مورد مطالعه به عنوان بخشی کوچک از نوار ولکانیکی ارومیه-دختر به شمار می آید. از این رو به سبب وجود رخداد های ماگمایی و فاز های گرمایی انتهایی مربوط به آن که باعث تشکیل محدوده های دگرسانی می شوند، منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت خاصی است. کانسار های مس پرفیری با توجه به ویژگی های دگرسانی خود، محتمل ترین نوع کانی سازی در ارتباط با دگرسانی ها در این منطقه هستند. بنابراین با توجه به نتایج پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای محدوده های دگرسانی شاخص در منطقه مورد مطالعه به شرح ذیل آورده شده است که این محدوده ها در شکل (۶-۱۳) با شماره مشخص شده اند.

۱- محدوده دگرسانی دره زیرکان (کرور):

این محدوده در کنار روستای کرور در نزدیکی مرز جنوبی منطقه مورد مطالعه جای گرفته است. نزدیکترین شهر به این محدوده سبزواران است که در فاصله ۴۸ کیلومتری شمال باختر آن واقع شده است. مجموعه رخساره های سنگی در این منطقه شامل ردیف های ولکانیکی ائوسن مشتمل بر توف های سبز مایل به خاکستری و آندزیت های پرفیری است. در این محل تعدادی گسل با امتداد شمالی- جنوبی و همچنین شمال باختر- جنوب خاور دیده می شود. دگرسانی های سیلیسی، آرژیلیتی، سرسیتی، لیمونیتی، پیریتی، کلریتی و اپیدوتی در مقیاس صحرایی قابل مشاهده هستند.

۲- محدوده دگرسانی ده درک

این محدوده در جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه و در فاصله ۵۵ کیلومتری خاور شهر سبزواران جای گرفته است. رخساره های سنگی نمایان شده در محدوده، به طور عمده شامل ولکانیک های ائوسن با ترکیب متوسط و همچنین توف های سیلیسی شده است. واحدهای یاد شده توسط

توده های نفوذی با بافت پرفیری و ترکیب دیوریتی و همچنین توسط توده بزرگ گرانودیوریتی جبال بارز قطع شده اند. دگرسانی های مختلفی مانند سیلیسی، آرژیلیتی، سرسیتی، کلریتی، اپیدوتی و کلسیتی در منطقه قابل مشاهده است.

۳- محدوده دگرسانی کراه

این محدوده در ۴۵ کیلومتری خاور شهر سبزواران و در حدود ۴۲ کیلومتری جنوب بم قرار گرفته است. از دیدگاه زمین شناسی منطقه شامل سنگ های رسوبی- ولکانیک وابسته به ائوسن است که توسط استوک های گرانودیوریتی، دیوریتی و دیوریت پرفیری بریده شده اند. گسل های با روند شمال باختری- جنوب خاوری و هم چنین گسل های با امتداد شمال خاوری- جنوب باختری در این منطقه دیده می شوند. در این محدوده، سنگها به شدت پیریتی شده، سرسیتی، اپیدوتی و لیمونیتی هستند.

۴- محدوده دگرسانی شده رودآب

کانی سازی مس در مجاورت روستای رودآب واقع در بخش های مرکزی منطقه مورد مطالعه دیده شده است. گسل های متعددی در منطقه اثر کرده اند که به طور غالب روند شمالی-جنوبی دارند. ولی بعضی گسل های منطقه نیز دارای امتداد شمال باختر- جنوب خاور هستند. دگرسانی های سرسیتی، اپیدوتی و کلریتی در این محدوده قابل مشاهده است.

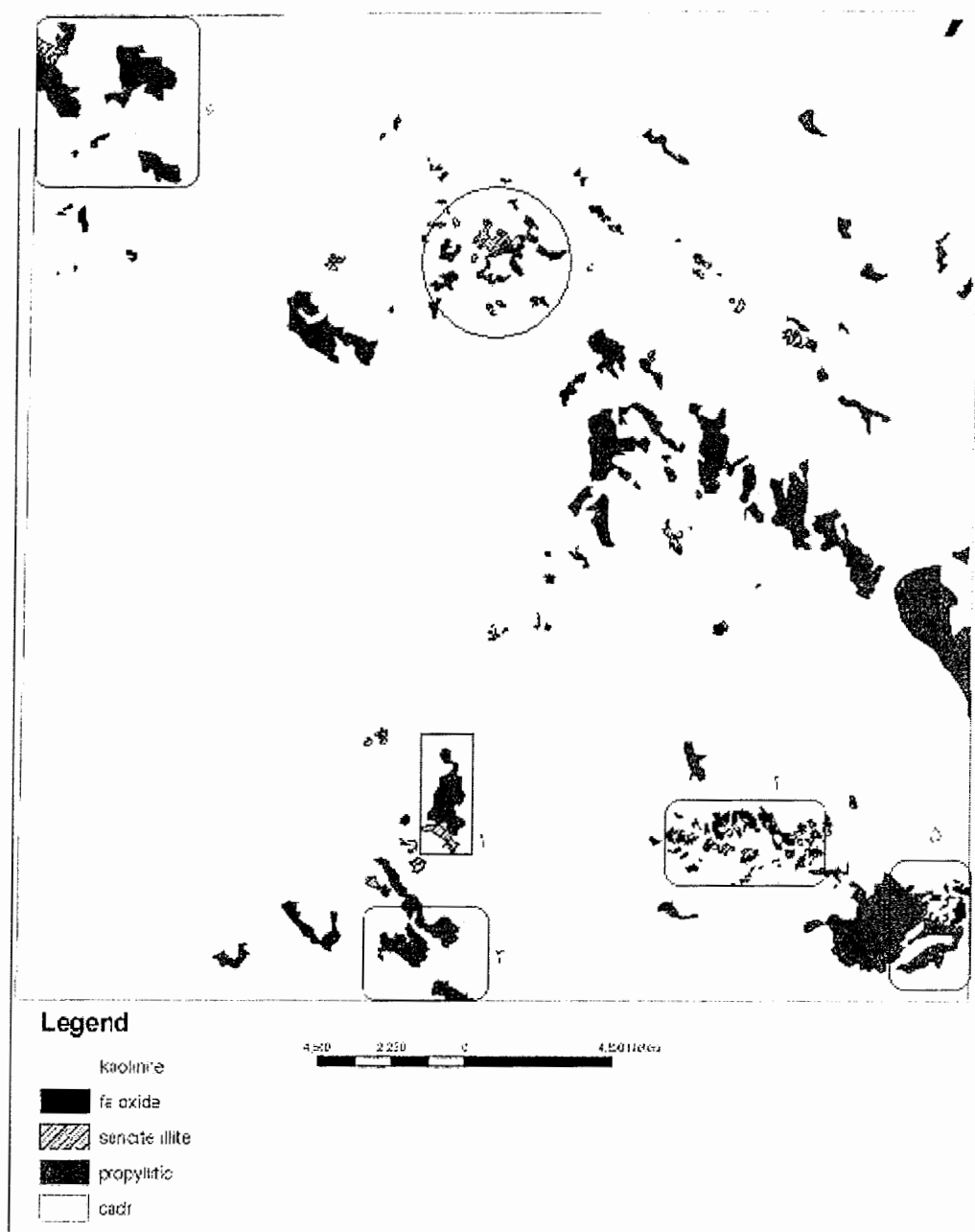
۵- محدوده دگرسانی انارک بالا

این محدوده در خاور روستای انارک بالا در فاصله ۵۸ کیلومتری خاور شهر سبزواران قرار دارد. رخساره های سنگی منطقه شامل سری های رسوبی- آواری متعلق به ائوسن هستند که ترکیب ریولیتی دارند. دو گسل با امتدادهای شمال باختری- جنوب خاوری و خاور- باختر در این محدوده

همدیگر را قطع کرده اند. شدت دگرسانی در این محدوده زیاد است و دگرسانی های آرژیلیتی، سرسیتی، کلریتی، اپیدوتی در منطقه قابل تشخیص هستند.

۶- محدوده دگرسانی گدار بیدشک

این محدوده در فاصله ۲ کیلومتری شمال روستای بیدشک و ۳۲ کیلومتری جنوب باختری سبزواران قرار گرفته است. رخساره های سنگی ترکیبی از سنگهای آذرآواری و داسیتی و ریو داسیتی هستند که تحت تاثیر توده های نفوذی قرار گرفته و دگرسان شده اند. دو سیستم گسلی با امتدادهای شمالی-جنوبی و شمال باختر- جنوب خاور در این محدوده همدیگر را قطع کرده اند که تشکیل زون دگرسانی دقیقاً در محل تلاقی است. نوع دگرسانی ها بیشتر سرسیتی، اپیدوتی و سیلیسی شدید است.



شکل ۶-۱۳ نقشه دگرسانی‌های محدوده مورد مطالعه

فصل هفتم

تلفیق داده ها و معرفی مناطق امید بخش

۷-۱ مقدمه

با توجه به امکان به روز در آوردن و رقومی سازی داده ها، می توان بخش عمده ای از اطلاعات را توسط سیستم های کامپیوتری مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و الویت های اکتشافی را مشخص نمود. نظر به اهمیت کانه زایی مس در ورقه جبال بارز این امر در مورد منطقه مورد مطالعه به کار گرفته شد و برای اولین گام اقدام به جمع آوری اطلاعات و وارد کردن آنها به سیستم کامپیوتری گردیده است. در این فصل با تلفیق داده های مختلف در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابتدا نقشه های دوتایی و سپس نقشه نهایی تلفیق داده ها تهیه گردید تا به وسیله آنها تصمیم گیری در مورد مناطق امید بخش بهتر صورت گیرد. مهمترین داده های مورد استفاده برای تعیین مناطق امیدبخش در محدوده مورد بررسی به شرح ذیل است:

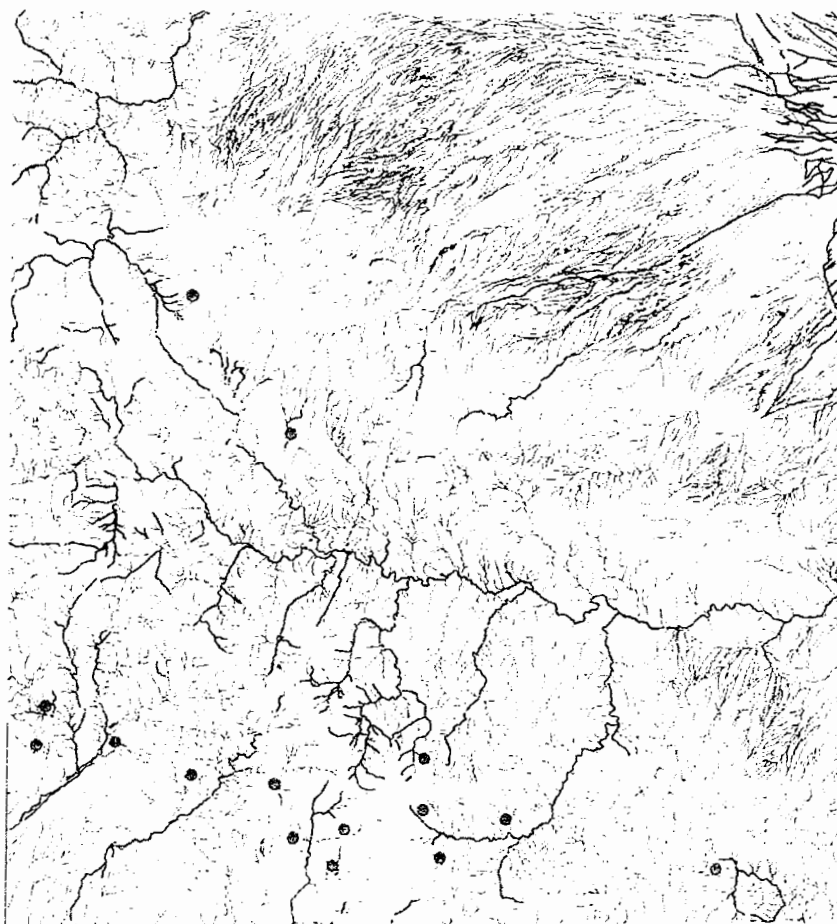
۷-۲ نقشه نهایی تلفیق داده ها

برای تعیین مناطق امیدبخش لایه های اطلاعاتی حاصل از پردازش داده های ماهواره ای و همچنین داده های تهیه شده به وسیله سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به شرح ذیل مورد استفاده قرار گرفت.

الف - داده های اکتشاف چکشی

این منطقه به دلیل موقعیت خاص قرارگیری خود در یکی از زونهای مهم اکتشافی (ارومیه- دختر)، از جمله مناطق دارای اهمیت از لحاظ ذخایر مس- مولیبدن پرفیری است. طبق

بررسی های اکتشافی به عمل آمده توسط آقای قمیان از سازمان زمین شناسی، تعدادی اندیس و مناطق قابل توجه از نظر کانه زایی معرفی شده اند که نقشه پراکندگی آنها در شکل (۷-۱) نشان داده شده است. بسیاری از اندیسها در مناطق دگرسانی واقع هستند و عمدتاً مربوط به مس می باشند.



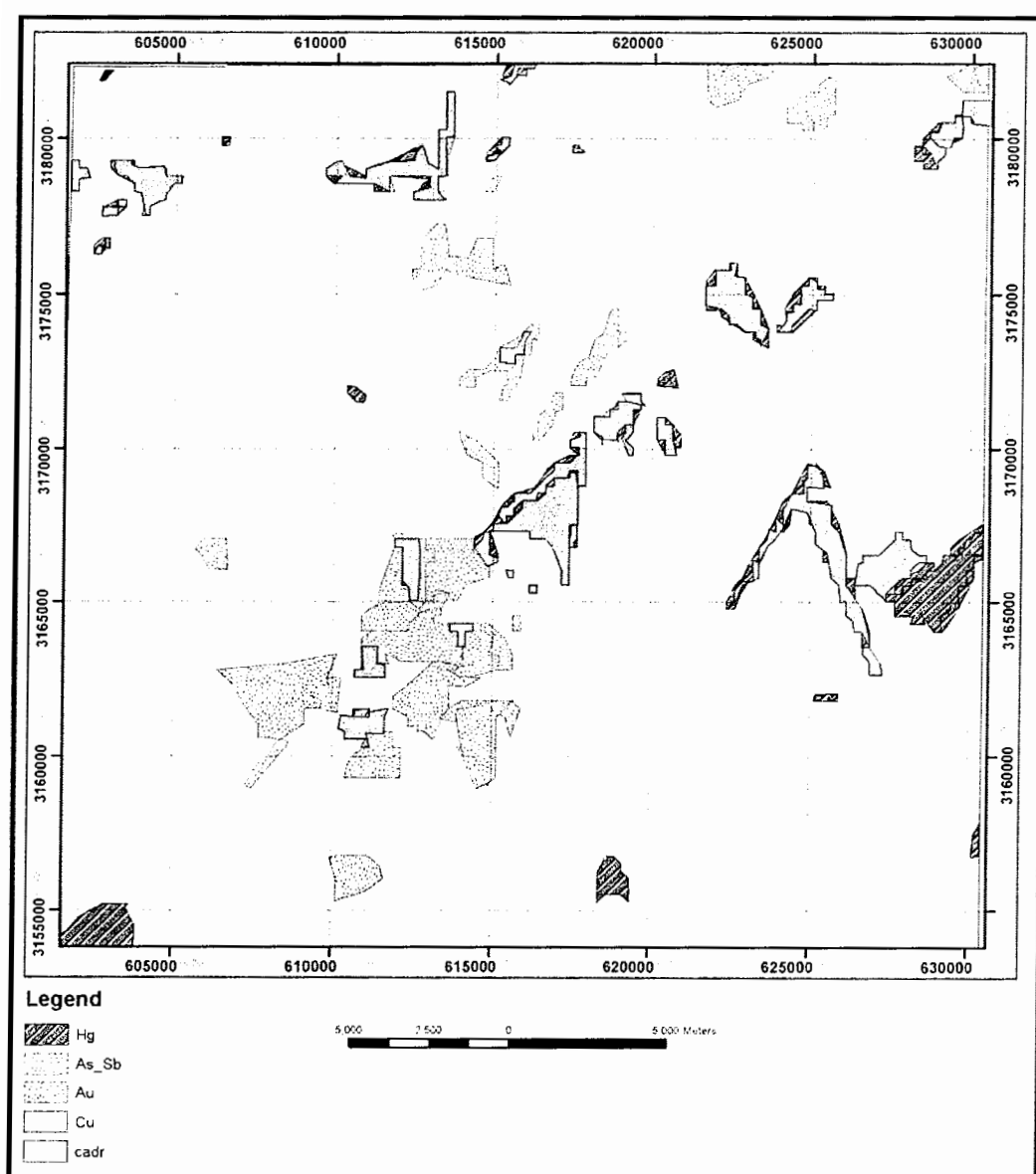
شکل ۷-۱ اندیس های اکتشافی منطقه مورد مطالعه [۵].

ب- داده های زمین شناسی

این لایه اطلاعاتی دارای اهمیت زیادی در تهیه نقشه های پتانسیل معدنی می باشد. داده های زمین شناسی شامل نقشه رقومی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه جبال بارز است که در آن واحدهای زمین شناسی، گسل های اصلی و فرعی مشخص شده است و توسط سازمان زمین شناسی تهیه گردیده است.

ج- داده های ژئوشیمی اکتشافی

این داده ها به طور عمده با تکیه بر داده های رسوبات رودخانه ای و به کارگیری روشهای آماری تهیه شده است. که بر اساس آن مناطقی بر پایه داده های ژئوشیمی به عنوان مناطق امید بخش در محدوده مورد مطالعه معرفی شده است. لازم به ذکر است که داده های ژئوشیمی به وسیله سازمان زمین شناسی تهیه شده است. در شکل (۲-۷) مناطق امیدبخش ژئوشیمیایی نشان داده شده است.



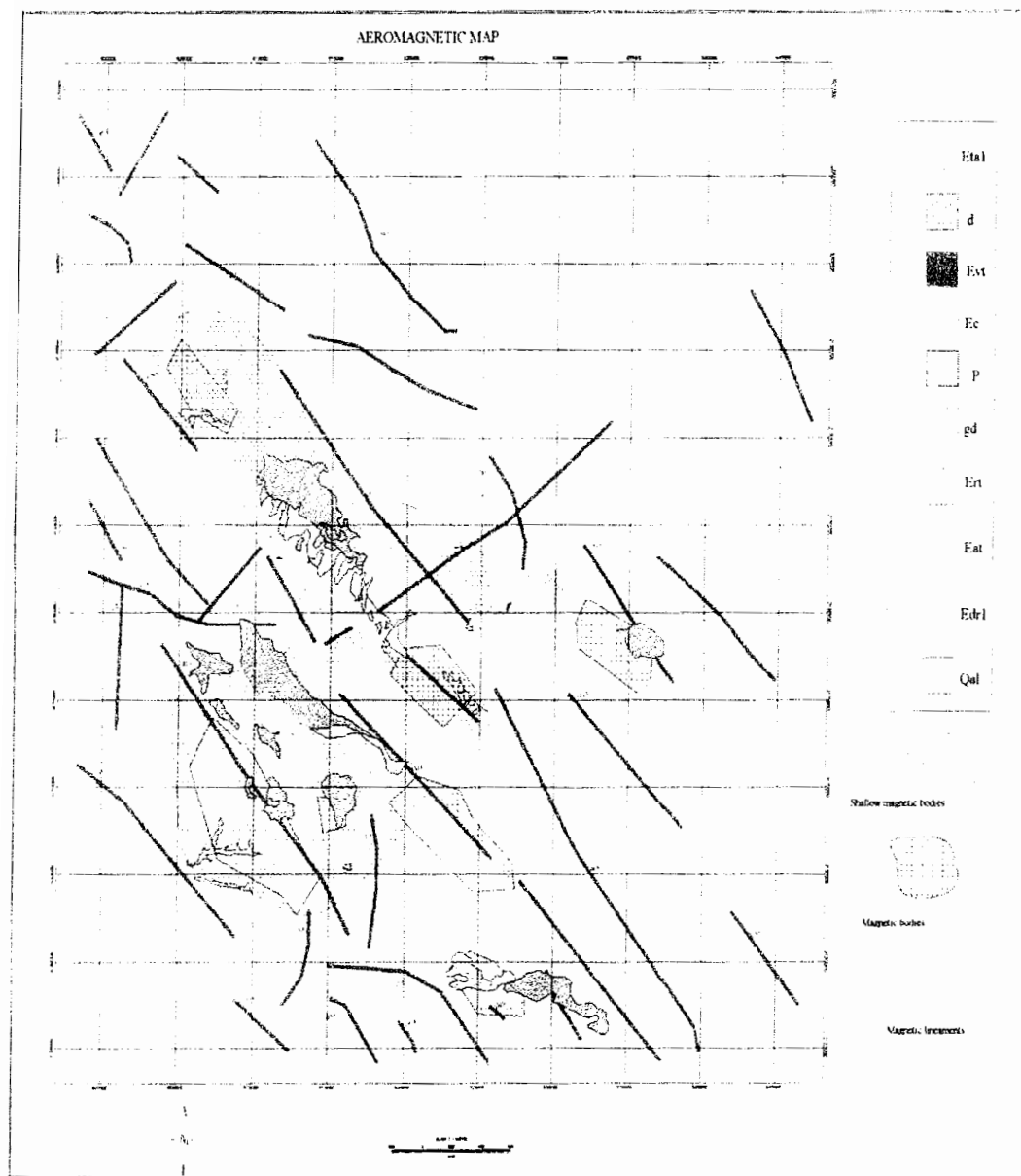
شکل ۲-۷ نقشه مناطق امید بخش ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه

د- داده های ژئوفیزیک هوایی

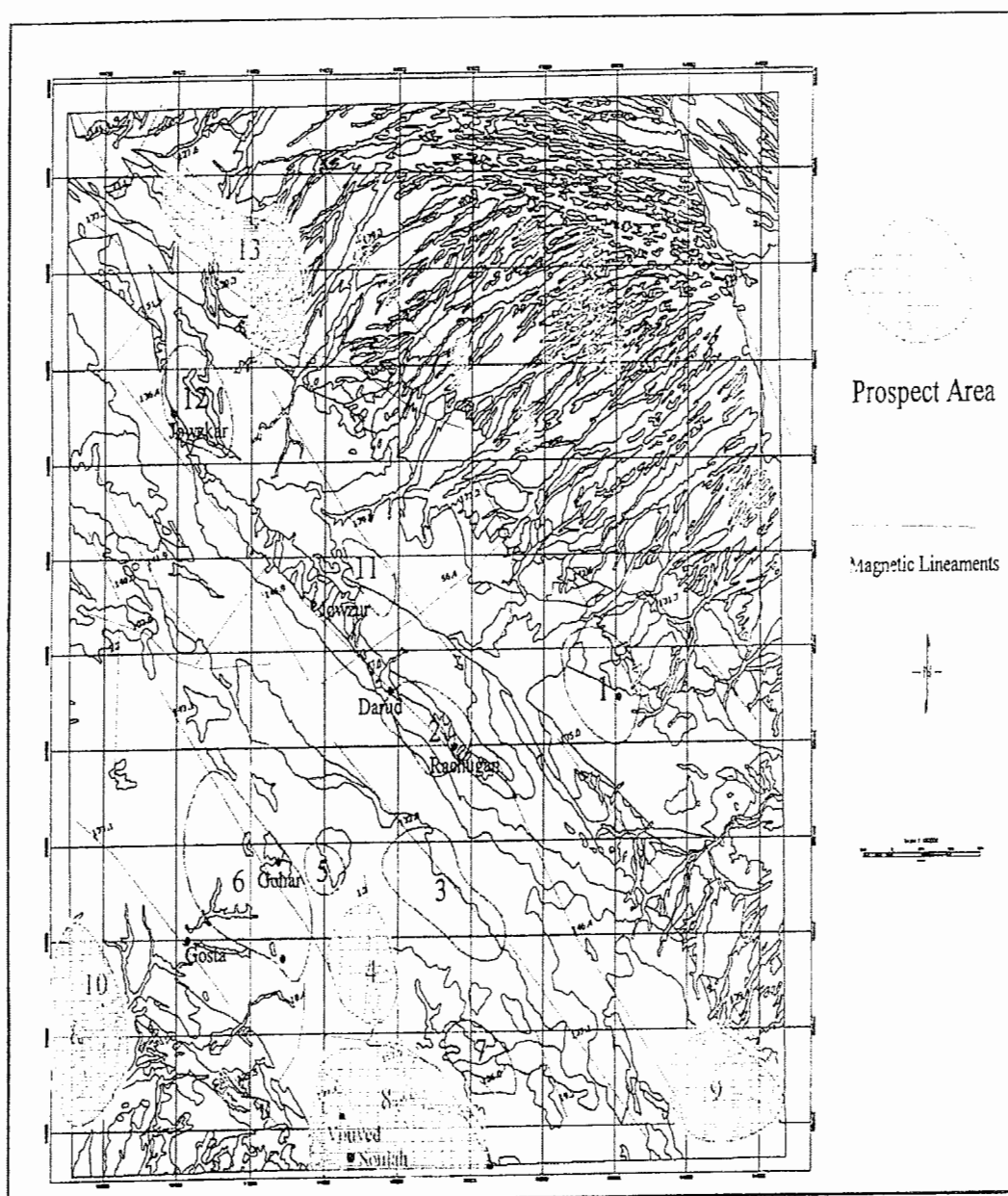
بررسی های ژئوفیزیک هوایی سبب می شود تا علاوه بر شناخت توده های نفوذی، گسل های عمقی و مناطق مهم از نظر کانه زایی مورد شناسایی قرار گیرند. نقشه شدت کل میدان مغناطیسی منطقه جبال بارز، پس از بررسی ناهنجاریها و به کار گیری نتایج حاصل، برای بدست آوردن نتایج تکمیلی توسط سازمان زمین شناسی مورد پردازش قرار گرفته است. حاصل تمام این پردازش ها نقشه تفسیری-تکمیلی ژئوفیزیک هوایی منطقه مورد مطالعه است که در شکل (۷-۳) این نقشه همراه با چند واحد زمین شناسی مهم نشان داده شده است. در این نقشه توده های نفوذی و بعضی از توده های مغناطیسی مهم و خطواره های مغناطیسی مشخص می باشد. هم چنین نقشه مناطق امید بخش با تکیه بر داده های ژئوفیزیک هوایی در شکل (۷-۴) نشان داده شده است. نقشه توده های نفوذی عمیق و نیمه عمیق محدوده مورد مطالعه به صورت یک لایه اطلاعاتی در شکل (۷-۵) نشان داده شده است [۱۵].

ه- داده های دور سنجی

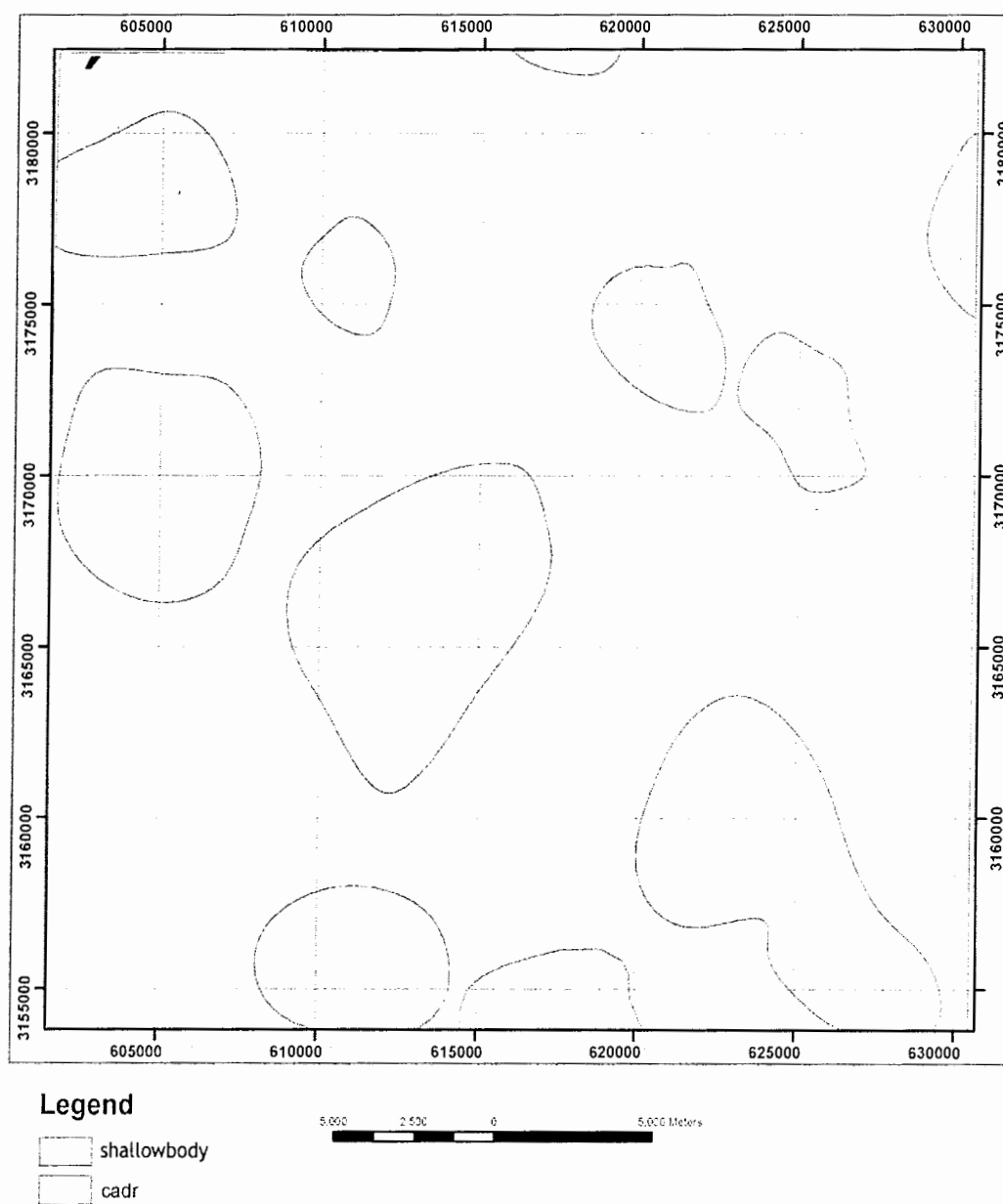
این داده ها حاصل پردازش تصاویر ماهواره ای سنجنده ETM ماهواره لندست و سنجنده ASTER ماهواره ترا می باشند که در فصل های قبلی به تفصیل در مورد آن بحث گردید. این داده ها شامل لایه های اطلاعاتی گسل ها و مناطق دگرسان شده هستند. در شکل (۶-۱۳) نقشه مناطق دگرسانی محدوده مورد نظر نشان داده شده است. همچنین در اشکال (۷-۶ و ۷-۷) نقشه گسل های دورسنجی و بافر گسل ها نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نقشه بافر گسل ها با در نظر گرفتن شعاع تاثیر ۴۰۰ متر به وسیله نرم افزار ArcViewGis تهیه شده است.



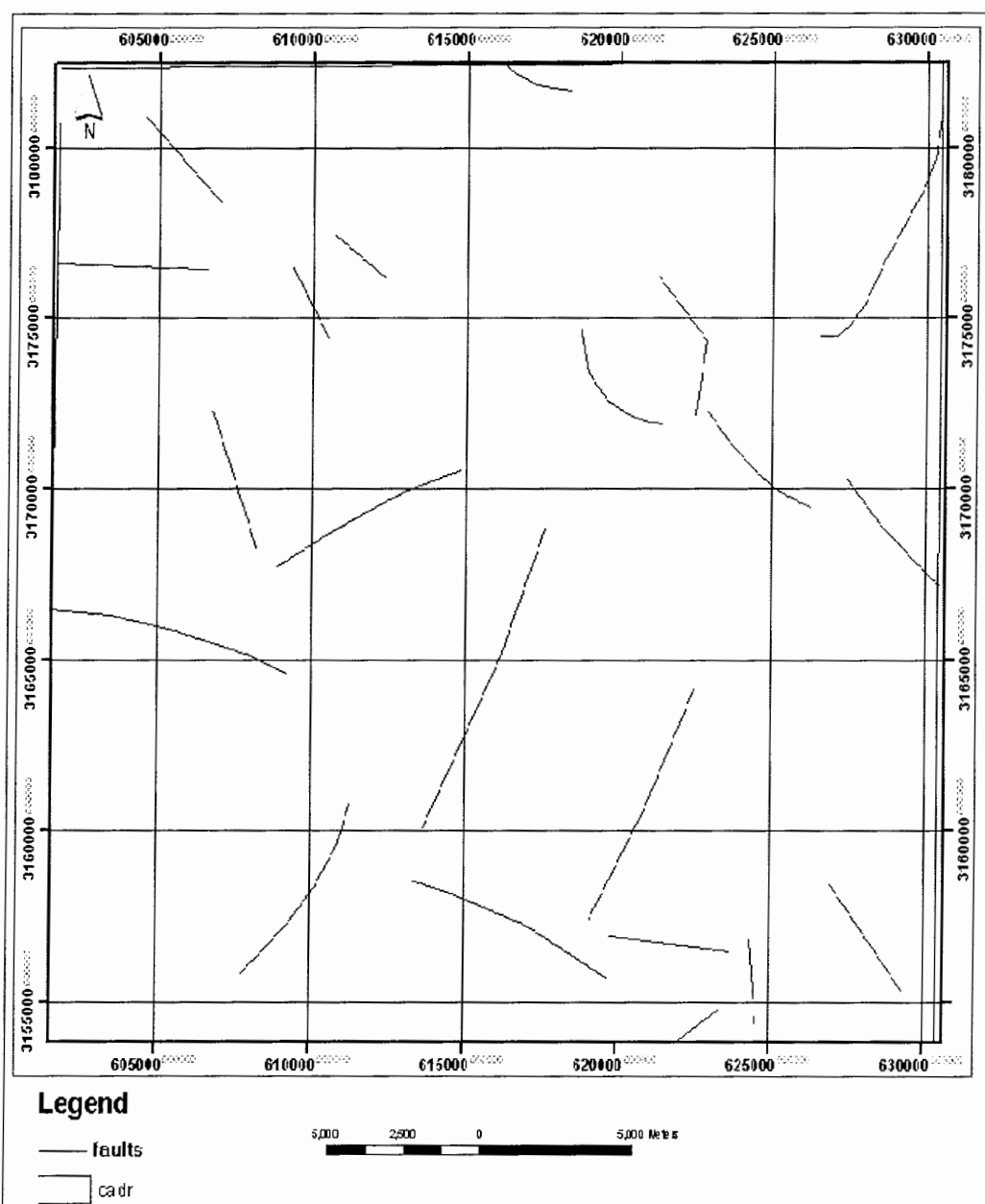
شکل ۷-۳ نقشه تفسیری- تکمیلی ژئوفیزیک هوایی محدوده مورد مطالعه [۱۵].



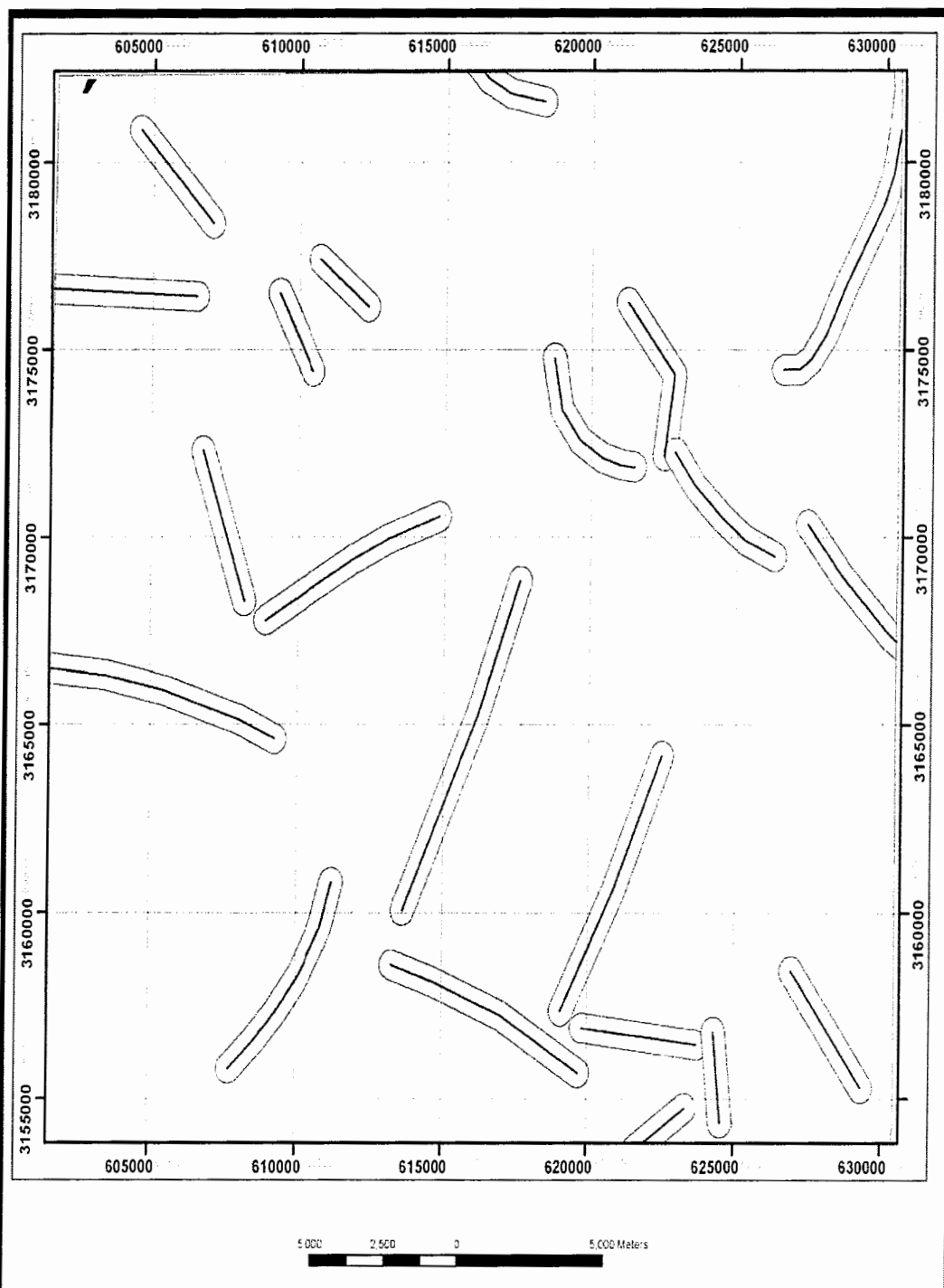
شکل ۷-۴ نقشه مناطق امیدبخش ژئوفیزیکی محدوده مورد مطالعه [۱۵].



شکل ۵-۷ نقشه توده های نفوذی محدوده مورد مطالعه



شکل ۶-۷ نقشه گسل های دورسنجی



شکل ۷-۷ نقشه بافر گسل های دورسنجی

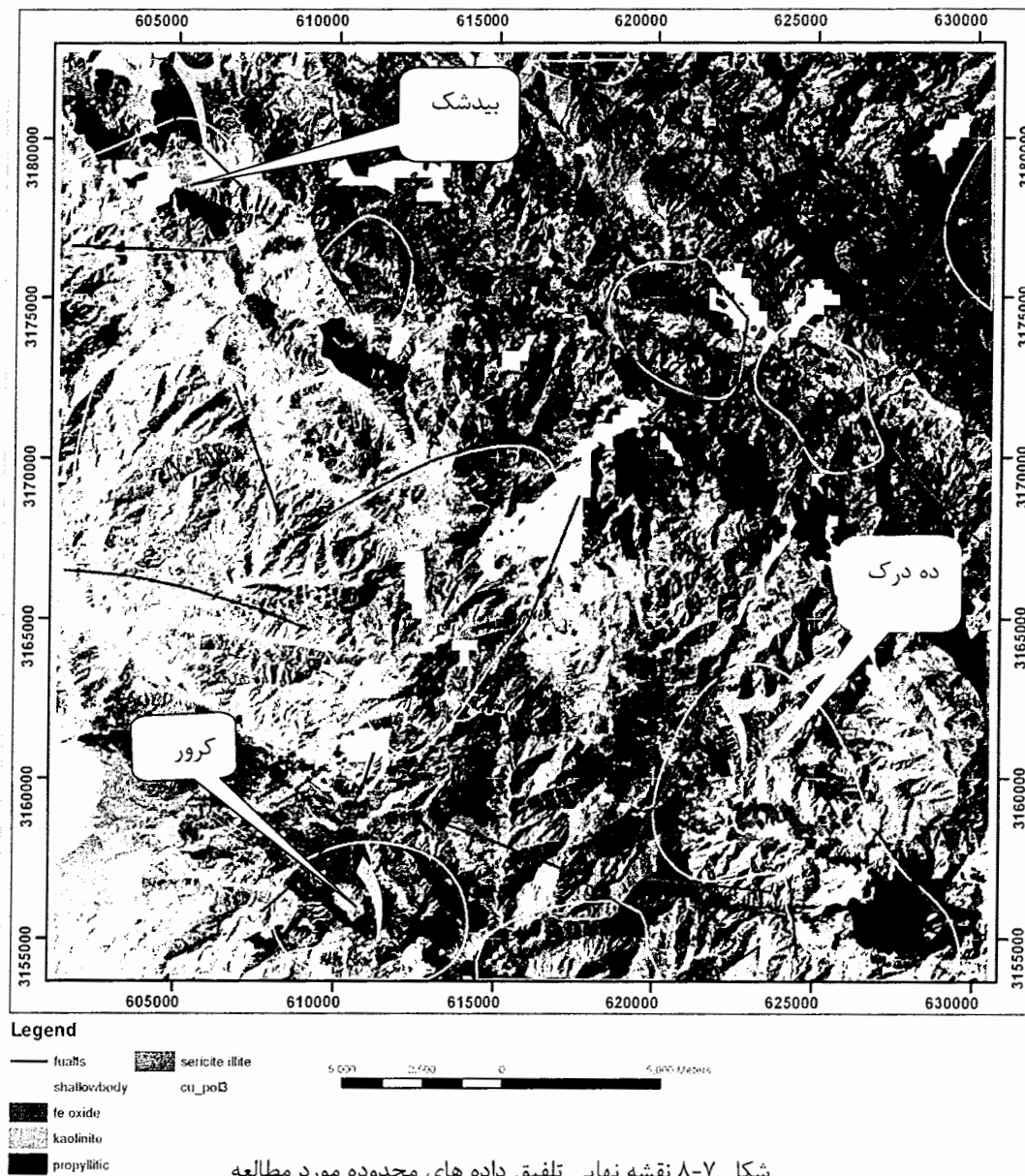
در نهایت با تلفیق تمام داده ها (ژئوشیمی، ژئوفیزیک، زمین شناسی، اکتشاف چکشی و دورسنجی) همراه با تصویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه نقشه نهایی مناطق امیدبخش تهیه شد که در شکل (۸-۷) نشان داده شده است. همانطور که از نقشه نهایی مشخص است سه محدوده به عنوان مناطق امیدبخش نهایی جهت مطالعات بعدی به شرح ذیل معرفی می گردد.

الف- محدوده دره زیرکان (کرور)

این محدوده که در شکل (۸-۷) با شماره ۱ مشخص است به دلیل داشتن دگرسانی شدید و کلاسیک از نوع کانسار های مس پرفیری (آرژیلیکی، سرسیتی، لیمونیتی و کلریتی) و همچنین کانی سازی خوب مس، بهترین منطقه برای انجام مراحل اکتشافی نیمه تفصیلی می باشد. در این محدوده رخساره های سنگی ائوسن مشتمل بر توف های سبز و آندزیت های پرفیری و همچنین یک توده گرانودیوریتی در محل تلاقی دو گسل با امتداد های شمالی- جنوبی و شمال باختر- جنوب خاور دیده می شود.

ب- محدوده گدار بیدشک

این محدوده که در شکل (۸-۷) با شماره ۲ مشخص است، به دلیل داشتن دگرسانی های شدید سرسیتی و اپیدوتی، رخساره های سنگی آذرآواری و ریوداسیتی، توده نفوذی، تلاقی دو سیستم گسله شمالی- جنوبی و شمال باختر- جنوب خاور، برای انجام نمونه برداری های دقیق تر و تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰ و مطالعات ژئوفیزیکی IP پیشنهاد می گردد.



شکل ۷-۸ نقشه نهایی تلفیق داده های محدوده مورد مطالعه

ج- محدوده جنوب باختری ده درک و باختر انارک بالا

این محدوده که در شکل (۷-۸) با شماره ۳ مشخص شده است، به دلیل داشتن دگرسانی شدید و کلاسیک از نوع کانسار های مس پرفیری (آرژیلیکی، سرسیتی، کلریتی و اپیدوتی) و همچنین کانی سازی قابل توجه مس از مناطق پر پتانسیل می باشد. محدوده مذکور جهت مطالعات ژئوفیزیکی IP برای تعیین کانی سازی سولفوری و همچنین تهیه نقشه زمین شناسی بزرگ مقیاس برای بررسی بیشتر پیشنهاد می شود.

فصل هشتم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۸-۱ نتیجه گیری:

مس از جمله فلزات گرانبها و استراتژیک است و اکتشاف و استخراج آن از جنبه های اقتصادی حائز اهمیت می باشد. یکی از روش های مهم در اکتشاف کانسار های مس استفاده از روش سنجش از دور می باشد که این کار با بررسی محدوده های دگرسانی هیدروترمال انجام می شود. در این تحقیق از داده های ماهواره ای سنجنده ETM ماهواره لندست ۷ و داده های سنجنده ASTER ماهواره ترا به منظور تعیین و تفکیک مناطق دگرسانی استفاده شد که نتایج حاصل از این تحقیق به شرح ذیل می باشد.

- بهترین ترکیب باندی برای بارزسازی دگرسانی ها در تصاویر ماهواره ای ETM، ترکیب باندی

تفریقی ۲-۱، ۲-۴ و ۵-۷ در محیط RGB می باشد.

- بهترین مولفه از آنالیز مولفه های اصلی برای بارزسازی دگرسانی های اکسید آهن در تصویر

ETM، مولفه چهارم حاصل از باندهای (۵، ۴، ۳، ۱) می باشد.

- تصاویر ماهواره ای ASTER به دلیل دارا بودن قدرت تفکیک طیفی بالا، از قابلیت خوبی جهت

شناسایی زون های دگرسانی برخوردار هستند. به طوریکه در این پژوهش به وسیله این تصاویر

زون های دگرسانی مختلفی نظیر آرژیلیک، پتاسیک و اکسید آهن شناسایی گردید.

- با توجه به نتایج پردازش داده های ماهواره ای شش محدوده ده درک، انارک بالا، کرور،

بیدشک، رودآب و کراه به عنوان محدوده های دگرسانی و با تلفیق داده های حاصل از

دورسنجی با داده های ژئوشیمی، ژئوفیزیک و زمین شناسی سه محدوده دره زیرکان (کرور)،

ده درک و بیدشک به عنوان مناطق امیدبخش محدوده مورد مطالعه معرفی می شود.

۸-۲ پیشنهادات

- انجام اکتشافات نیمه تفضیلی و مطالعات ژئوفیزیکی IP و تهیه نقشه های بزرگ مقیاس زمین شناسی در مناطق امیدبخش به منظور بررسی های دقیق تر پیشنهاد می گردد.
- به دلیل اینکه بازتاب طیفی اکثر کانیهها در محدوده مادون قرمز موج کوتاه (۲/۵-۲ میکرومتر) قرار دارد، استفاده از سنجنده های ابرطیف سنج نظیر AVIRIS برای تفکیک بهتر کانیهها پیشنهاد می شود.
- برای تلفیق داده ها به علت کمبود وقت و با توجه به اینکه جزء اهداف پایان نامه نبود از روش ساده رویهم گذاری داده ها استفاده شد. پیشنهاد می گردد از روشهای دیگر نظیر وزنهای نشانگر و منطق فازی برای تعیین مناطق امیدبخش استفاده شود.

فهرست منابع

الف - منابع فارسی:

- ۱- آرنوف، اس.، ۱۳۷۵، مقدمه ای بر GIS، ترجمه مدیریت سیستم های اطلاعات جغرافیایی سازمان نقشه برداری کشور، ۳۱۳ صفحه.
- ۲- آقاجانی، ح و رفاهی، د.، ۱۳۷۸، بررسی های دورسنجی در محدوده برکه های یکصد هزارم منطقه جبال بارز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۶ صفحه.
- ۳- اوانز، ام.آ.، ترجمه مر، ف و مقدسی، س.ج.، ۱۳۷۳، مقدمه ای بر زمین شناسی کانسنگ ها، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۹۵ صفحه.
- ۴- جهانی.ع و مسگری، س.، ۱۳۸۰، GIS به زبان ساده، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع، تهران، ۱۱۹ صفحه.
- ۵- رحیمی، م.، ۱۳۸۰، تهیه نقشه های پتانسیل مواد معدنی در گستره ورقه جبال بارز با بهره گیری از سیستم های اطلاعات جغرافیایی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۶- زبیری، م.، و مجد، ع.، ۱۳۸۰، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۷ صفحه.
- ۷- طاهرکیا، ح.، ۱۳۷۵، اصول و کاربرد سنجش از دور، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۴۸۰ صفحه.
- ۸- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.
- ۹- عزیزاده رفیعی، ح.، ۱۳۷۴، سنجش از دور (اصول و کاربرد)، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، ۲۸۷ صفحه.

- ۱۰- قمیان، ی.، ۱۳۷۹، اکتشافات معدنی در ورقه یکصد هزارم زمین شناسی جبال بارز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۶ صفحه.
- ۱۱- کارشناسان کشور یوگسلاوی، ۱۳۵۳، شرح نقشه زمین شناسی یکصد هزار جبال بارز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۲- کریستوفر، ای. ل.، ترجمه مر، ف.، و هاشمی تنگستانی، م.، ۱۳۸۲، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مرکز نشر دانشگاه تهران، ۲۲۰ صفحه.
- ۱۳- کریم پور، م. ج.، ۱۳۷۶، زمین شناسی اقتصادی، انتشارات صالح (مشهد)، ۴۲۲ صفحه.
- ۱۴- میذر، پ.، ترجمه نجفی دیسفانی، م.، ۱۳۷۷، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، ۴۲۷ صفحه.
- ۱۵- ها شمی، آ.، ۱۳۷۹، پردازش و تفسیر ژئوفیزیک هوایی به روش مغناطیس سنجی در برکه جبال بارز، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۰ صفحه.

ب - منابع لاتین:

- 16- Abrams. M. J, Brown. D, Lepley. L. and Sadowski. R., 1983, **Remote sensing for porphyry copper deposits in southern arezona**, Economic Geology, no78, pp 591-604.
- 17- Asrer user guideT v.3.1T 2001., [www.Aster web jpl.Nasa.Gov](http://www.Aster.web.jpl.Nasa.Gov).
- 18- Atkinson. M., and Nicholas. J. T., 1999, **Advances in remote sensing and GIS analysis**, New york, John willy & sons, 420p.
- 19- Curran.P.J., 1986, **Principles of remote sensing**, Longman, 282p.
- 20- Drury.S., 2001, **Image interpretation in geology**, 3rd ed., Black well science, 279p.
- 21- Gibson.P.J., 2000, **Introductory remote sensing: digital image processing and applications**, Rout ledge, 249p.
- 22- Ellis.A.J., 1970, **Qantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems**, volume2.0, pp 516- 528.
- 23- ENVI Tutorial,v3.0,www.itvis.com.
- 24-Lillesand.T.M., and Kiefer.R.W., 2000, **Remote sensing and image interpretation**, pp.724.
- 25- Lo.C.p., 1939, **Applied remote sensing**, Longman, 393p.
- 26- Mc Millan.W.J., and Panteleyev.A., 1980, **Ore deposits model porphyry copper deposits**: Geosciences Canada, volume.07, no2.0, pp 51- 63.
- 27- Montoya.J.W., and Hemeley.J., 1975, **Activity relations and stabilities in a alifeldespar and mica reactions**: EconomicGeology volume7.0, pp 557- 594.
- 28- Rowan.L.C., and Mars.J.C., 2003, **Lithological mapping in the mountaincalifornia, area using advanced space born thermal emission and reflection radiometer data**; **Remote sensing of environment**, v.82, pp 350- 366.
- 29- Rowan .L.C., and Goetz.A.F.H., 1979, **Discrimination of hydrothermally altered and unaltered rocks in visible and near infrared**, Geophysics 42, pp 533- 535.
- 30- Sabinz.F.F., 1997, **Remote sensing: Principles and interpretation**, 3rd ed, Freeman, Newyork, Ny, 494p.

31- Spatz.d.m., and Wilson.R.T., 1994, **Exploration remote sensing for porphyry copper deposits, Western America cordillera**, Environmental research institute of Michigan, pp. 1227

Abstract

Application of remote sensing in different studies such as exploration has been increased in recent years. Using this method in geology and mineral exploration studies causes to reduce the cost and time involved. In addition successful application of satellite data to determine of alteration areas, to produce litology map and to study geological studies has been caused to use this technique in exploration studies.

The main aim of this research is to determine alteration areas with relation to the copper mineralization in Jebal Barez region with the use of remote sensing data. This region in which there are some indexes of copper mineralization is located in Ormieh- Dokhtar zone.

The study area is located in 58° - $58^{\circ} 30'$ longitude and $28^{\circ} 30'$ - 29° latitude. For determination of alteration areas in the region, 8 spectrum bands of ETM sensor of Landsat 7 and 14 spectrum bands of ASTER have been used. ETM data have been processed by band subtract, principal components analysis and prediction band methods. As a result, 2-1, 2-4, and 5-7 band subtract compound was found, as a best band compound for distinguishing alteration area. Then, the data of 14 spectrum bands of ASTER sensor have been processed for separating alteration zones by interactive stretch, color mapping and digital methods. At the end, the results of processing satellite data were unified with geochemistry, geophysical and geology data and final map of prospecting area was produced in which three areas including Dehdarak, Kerver and Bideshk were introduced for later exploration studies.

Key words: Jebal barez, Alteration, Satellite data, ASTER, ETM, Prospect area