



دانشگاه صنعتی شاهرود

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

عنوان:

تعیین مناطق امیدبخش برای اکتشاف فلورین با استفاده از روش

سنجش از دور و GIS در جنوب استان مازندران

تهیه و تدوین

حمزه طهماسب پور

اساتید راهنما

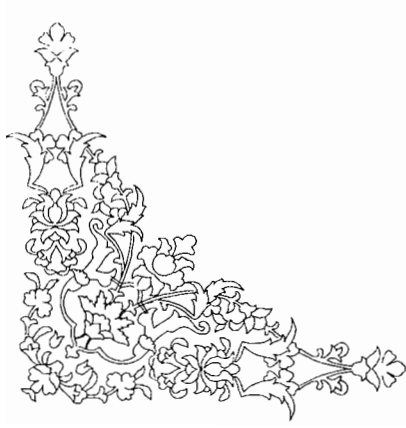
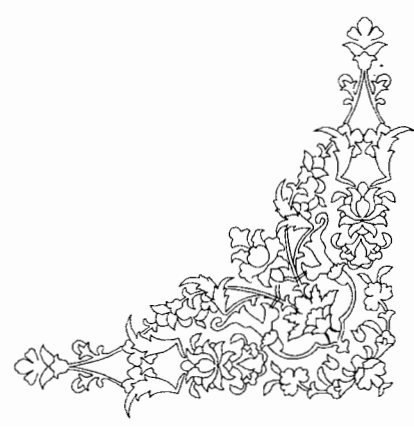
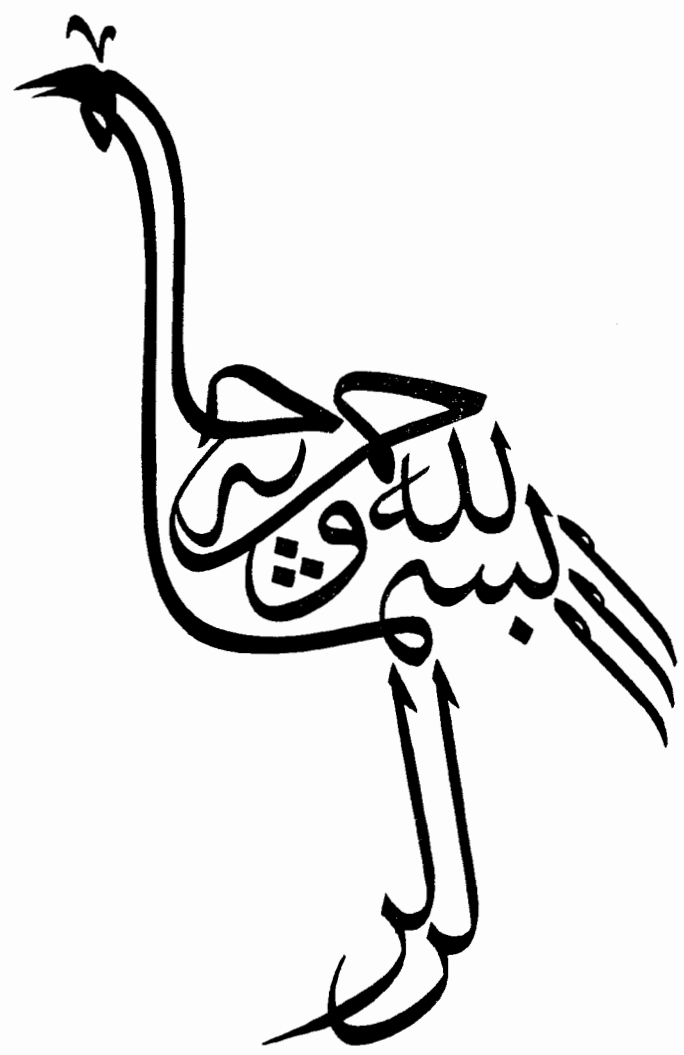
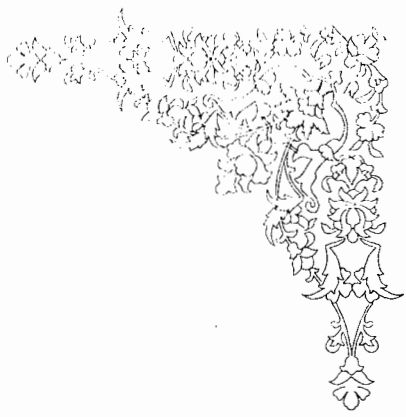
دکتر رضا خالوکاکائی

دکتر آرزو عابدی

استاد مشاور

مهندس مهیار یوسفی

تابستان ۱۳۸۶



تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که خمیدند تا راست قامت بمانم

آنان که هوس سپید کردند تا روست سپید بمانم

تقدیم به همسرم

که با صبر و همدلیش بزرگترین کمک را در به انجام رساندن این

مجموعه به من نموده است.

تقدیم به همه آنان که در رشد و تعالی حقیر قدمی برداشته‌اند.

تشکر و قدر دانس

بر خود لازم می دانم که از تمامی عزیزانی که در طول انجام پایان نامه از راهنمایی های ایشان استفاده کرده ام تشکر کنم. از اساتید راهنمای عزیز جناب آقای دکتر رضا خالوکاکائی و خانم دکتر آرزو عابدی و نیز استاد مشاور عزیزم جناب آقای مهندس مهیار یوسفی که در بسیاری از مواقع از راهنمایی های ارزنده ایشان استفاده نمودم کمال تشکر و امتنان را دارم. همچنین از دوستان عزیزی که همواره بنده را مورد لطف خود قرار دادند نیز کمال تشکر را دارم.

چکیده

فلورین مهمترین منبع تأمین فلورین در طبیعت است که در طیف وسیعی از شرایط زمین‌شناسی به وجود می‌آید و در تمام شرایط رسوبی، آذرین و دگرگونی می‌تواند یافت شود. نظر به اینکه ذخایر مهم فلورین کشور در جنوب استان مازندران قرار دارد هدف از مطالعه حاضر شناسایی ذخایر جدید این ماده با کمک مدلسازی ذخایر شناخته شده فلورین در این منطقه، به عنوان یک معیار اکتشافی و نیز استفاده از داده‌های Aster و بکارگیری تکنیک سنجش از دور و در نهایت مشخص نمودن بهترین نواحی امیدبخش برای جستجوی این مواد می‌باشد. از آنجائی که عملیات اکتشافی در شرایط ریسک‌پذیر و سرمایه‌بر انجام می‌شود، یکی از اهداف برنامه‌های اکتشافات شناسایی و مقدماتی، انتخاب بهینه مناطق امیدبخش و کوچک نمودن محدوده مورد مطالعه به منظور پی‌جویی ماده مورد اکتشاف و نیز کاهش پارامترهای زمان، هزینه و ریسک می‌باشد. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین مناطق امیدبخش یکی از مراحل است که باید با دقت مناسب و با استفاده از روش‌های سریع و کم‌هزینه در واحد سطح صورت گیرد. در این راستا هدف از مطالعه حاضر معرفی مناطق امیدبخش اکتشافی فلورین در جنوب استان مازندران با توجه به پتانسیل بالای این منطقه می‌باشد. به منظور دسترسی به هدف فوق از بررسی‌های سنجش از دور با نگرشی ویژه به روش تشخیص الگو استفاده شده است. اساس این روش این است که شناخت مشخصات یک تیپ کانسار خاص، در یک محیط زمین‌شناسی معلوم و مدل‌سازی اندیس‌های شناخته‌شده از یک ماده معدنی می‌تواند راهنمای مناسبی

برای دستیابی به کانسارهای مشابه باشد. بنابراین پس از جمع‌آوری اطلاعات و مشخصات اندیس‌های شناخته شده فلورین در منطقه، از طریق به دست آوردن مدل توصیفی این اندیس‌ها و کاربرد روش شواهد وزنی و نیز اجرای طبقه‌بندی نظارت شده و سایر پردازش‌های لازم برای تصاویر سنجنده ASTER و در نهایت تلفیق نتایج حاصل از کلیه بررسی‌ها، هشت منطقه امیدبخش به ترتیب اولویت و به صورت یک نقشه معرفی شده است. پراکندگی مناطق امیدبخش بر روی این نقشه به گونه‌ای است که می‌توان دو نوار فلورین‌زایی را در راستای شمال شرق - جنوب غرب در آن شناسایی نمود. بنابراین با تمرکز بر روی این مناطق و اجرای عملیات اکتشاف سیستماتیک می‌توان به ذخایر جدید فلورین دست یافت.

کلمات کلیدی : سنجش از دور (R.S) ، سیم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ،
فلورین ، جنوب مازندران

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
آ	چکیده
	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- مروری بر مطالعات انجام شده
۴	۳-۱- انتخاب روش مطالعه
۴	۴-۱- ضرورت انجام تحقیق و اهداف پایان نامه
۵	۵-۱- سازماندهی پایان نامه
	فصل دوم: منطقه مورد مطالعه
۷	۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه
۷	۲-۲- آب و هوای محدوده مورد مطالعه
۹	۳-۲- پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی
۹	۴-۲- زمین شناسی عمومی منطقه مطالعاتی
۱۳	۵-۲- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه
۱۳	۱-۵-۲- سازند الیکا
۱۴	۲-۵-۲- سازند شمشک
۱۵	۶-۲- زمین شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه
۱۶	۷-۲- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک محدوده مورد مطالعه
	فصل سوم: اصول سنجش از دور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای
۲۰	۱-۳- مقدمه

- ۲۰-۳-۲- تعریف سنجش از دور ۲۰
- ۲۱-۳-۳- مهمترین قابلیت‌ها و مزایای داده‌های سنجش از دور ۲۱
- ۲۱-۳-۴- کاربردهای مهم سنجش از دور ۲۱
- ۲۲-۳-۵- انرژی الکترومغناطیس ۲۲
- ۲۲-۳-۶- فعل و انفعال انرژی در اتمسفر ۲۲
- ۲۳-۳-۱-۶- جذب اتمسفری ۲۳
- ۲۳-۳-۲-۶- پراکنش (پخش) اتمسفری ۲۳
- ۲۳-۳-۱-۲-۶- پراکنش انتخابی ۲۳
- ۲۴-۳-۲-۲-۶- پراکنش غیرانتخابی ۲۴
- ۲۵-۳-۷- فعل و انفعال انرژی در سطح زمین ۲۵
- ۲۶-۳-۸- تفسیر رقومی اطلاعات ماهواره‌ای ۲۶
- ۲۶-۳-۹- پیش‌پردازش ۲۶
- ۲۷-۳-۱۰-۱-۰-۳- بارزسازی تصویر ۲۷
- ۲۷-۳-۱-۱۰-۱-۰-۳- بسط تباین ۲۷
- ۲۸-۳-۲-۱۰-۰-۳- تعدیل خطی هیستوگرام ۲۸
- ۲۹-۳-۳-۱۰-۰-۳- فیلترگذاری ۲۹
- ۳۱-۳-۴-۱۰-۰-۳- محاسبات تصویری ۳۱
- ۳۱-۳-۱-۴-۱۰-۰-۳- تفریق تصاویر ۳۱
- ۳۱-۳-۲-۴-۱۰-۰-۳- تقسیم تصاویر ۳۱
- ۳۲-۳-۵-۱۰-۰-۳- تبدیل مؤلفه‌های اصلی ۳۲
- ۳۳-۳-۱۱-۱-۱-۰-۳- طبقه‌بندی ۳۳
- ۳۳-۳-۱۲-۱-۱-۰-۳- روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده ۳۳
- ۳۳-۳-۱-۱۲-۱-۰-۳- روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده ۳۳
- ۳۴-۳-۲-۱۲-۱-۰-۳- روش طبقه‌بندی نظارت‌شده ۳۴
- ۳۴-۳-۱-۲-۱۲-۱-۰-۳- عملیات میدانی و انتخاب مناطق آموزشی نمونه ۳۴

۳۵	..... مرحله تمرینی ۲-۲-۱۲-۳
۳۶	..... الگوریتم‌های طبقه‌بندی ۱۳-۳
۳۶	..... الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده ۱-۱۳-۳
۳۶	..... طبقه‌بندی کوتاه‌ترین فاصله ۱-۱-۱۳-۳
۳۶	..... طبقه‌بندی بیشترین شباهت ۲-۱-۱۳-۳
۳۸	..... الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده ۲-۱۳-۳
۳۹	..... Iso Data Clustering روش ۱-۲-۱۳-۳
۳۹	..... K Means Clustering روش ۲-۲-۱۳-۳
۳۹	..... پس‌پردازش‌های طبقه‌بندی ۱۴-۳

فصل چهارم: مشخصات ذخائر فلورین منطقه از نظر زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و

زمین‌شناسی اقتصادی

۴۱	..... مقدمه ۱-۴
۴۱	..... اندیس‌های فلورین منطقه مورد مطالعه ۲-۴
۴۲	..... منشأ کانسارهای فلورین منطقه ۴-۴
۴۳	..... مشخصات کانسارهای فلورین شناخته‌شده در منطقه ۳-۴
۴۴	..... معدن آراء ۱-۳-۴
۴۴	..... معدن پاچی میانا ۲-۳-۴
۴۵	..... معدن امافت ۳-۳-۴
۴۶	..... معدن کمرپشت ۴-۳-۴
۴۷	..... معدن شش رودبار ۵-۳-۴
۴۹	..... معدن اشچال ۶-۳-۴
۵۰	..... معدن دراسله ۷-۳-۴
۵۰	..... مدل کانسارهای فلورین منطقه ۵-۴

فصل پنجم : تهیه نقشه پتانسیل معدنی با استفاده از روش شواهد وزنی

۵۴	۱-۵- مقدمه
۵۴	۲-۵- احتمال مشروط و روش شواهد وزنی
۵۹	۳-۵- تجزیه و تحلیل شواهد وزنی بر روی گسل‌های منطقه
۶۳	۴-۵- تجزیه و تحلیل رقومی بر روی واحدهای نقشه زمین‌شناسی
۶۵	۵-۵- ترکیب نقشه‌ها و مدل پیش‌بینی مناطق امیدبخش

فصل ششم : پردازش تصاویر ASTER منطقه و استخراج مناطق امیدبخش

۶۸	۱-۶- مقدمه
۶۸	۲-۶- پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضا برد پیشرفته ASTER
۷۱	۳-۶- مختصری در مورد نرم‌افزار ENVI
۷۲	۴-۶- موزائیک و آماده‌سازی تصاویر ASTER منطقه مورد مطالعه
۷۸	۵-۶- ایجاد زیرمجموعه مکانی منطقه مطالعاتی از کل داده های ASTER
۸۴	۶-۶- تشخیص واحدهای سنگی و لیتولوژیکی سنگ میزبان
۸۶	۷-۶- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی
۸۹	۸-۶- ترکیبات رنگی
۹۰	۹-۶- طبقه‌بندی نظارت شده
۹۰	۱-۹-۶- طبقه‌بندی با استفاده از واحدهای الیکای کنترل شده
۹۱	۲-۹-۶- طبقه‌بندی با استفاده از اندیس‌های معدنی شناخته شده
۹۲	۱۰-۶- استفاده از محاسبات باندی برای شناسائی مناطق آلتراسیون کائولینیتی
۹۳	۱۱-۶- بازدید و پیمایش مقدماتی انجام شده در منطقه
۹۴	۱۲-۶- نتیجه‌گیری

فصل هفتم : تلفیق، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۹۶	۱-۷- مقدمه
۹۶	۲-۷- تلفیق نتایج و ارائه نقشه پیش‌بینی مناطق امیدبخش در اولویت
۹۸	۲-۷- نتیجه‌گیری
۱۰۱	۴-۷- پیشنهادات
۱۰۲	منابع و مراجع

فهرست تصاویر

- شکل ۱-۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه و مختصات گوشه‌های آن..... ۸
- شکل ۲-۲: راه‌های ارتباطی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰..... ۹
- شکل ۳-۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ جنوب ساری و شمال سمنان)..... ۱۱
- شکل ۱-۳: انرژی الکترومغناطیس..... ۲۲
- شکل ۲-۳: اثر پراکنش ری‌لی، طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر دچار پراکندگی می‌شوند..... ۲۴
- شکل ۳-۳: پیدایش رنگ قرمز غروب و رنگ آبی آسمان در اثر پراکنش ری‌لی..... ۲۴
- شکل ۴-۳: اثر ابر بر روی انرژی الکترومغناطیس و ایجاد پراکنش..... ۲۴
- شکل ۵-۳: مفهوم تعدیل هیستوگرام..... ۲۸
- شکل ۶-۳: تبدیل نقطه ای و تبدیل همسایگی..... ۲۹
- شکل ۷-۳: اعمال یک تبدیل به داده‌های اصلی (X) برای کاهش و حذف همبستگی میان داده‌ها (Y)..... ۳۲
- شکل ۸-۳: توزیع نرمال چند بعدی..... ۳۷
- شکل ۹-۳: اثر اعمال حد آستانه..... ۳۸
- شکل ۱۰-۳: دو نوع دسته بندی قابل قبول برای یک دسته داده..... ۳۸
- شکل ۱-۴: موقعیت مکانی معادن فلورین موجود در منطقه و مختصات UTM آنها..... ۴۲
- شکل ۱-۵: نقشه توزیع گسل‌های منطقه مورد مطالعه رقومی شده از نقشه زمین‌شناسی..... ۵۹
- شکل ۲-۵: نقشه حریم‌بندی گسل‌های منطقه مورد مطالعه..... ۶۰
- شکل ۳-۵: پراکندگی اندیس‌های شناخته شده در منطقه مورد مطالعه..... ۶۱
- شکل ۴-۵: نقشه دوتایی فواصل ۰ تا ۱۵۰ و ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متری اطراف گسل‌های منطقه..... ۶۳
- شکل ۵-۵: واحدهای زمین‌شناسی مناسب به عنوان لیتولوژی سنگ میزبان..... ۶۴
- شکل ۶-۵: نقشه دوتایی واحدهای زمین‌شناسی..... ۶۵

- شکل ۵-۷: نقشه دوتایی نشان‌دهنده نواحی امیدبخش بر اساس دو معیار اکتشافی گسل‌ها و واحدهای زمین‌شناسی ۶۶
- شکل ۶-۱: مقایسه باندهای Aster و TM ۷۰
- شکل ۶-۲: نرم افزار ENVI و منوهای آن به همراه محیط IDL ۷۲
- شکل ۶-۳: تصویر Aster شماره ۱ ۷۳
- شکل ۶-۴: تصویر Aster شماره ۲ ۷۴
- شکل ۶-۵: تصویر Aster شماره ۳ ۷۵
- شکل ۶-۶: فراخوانی ایجاد موزائیک ۷۶
- شکل ۶-۷: پنجره ایجاد موزائیک ۷۶
- شکل ۶-۸: نمایش موزائیک سه تصویر Aster ۷۷
- شکل ۶-۹: انتخاب تصویر به همراه گزینه‌های انتخاب زیرمجموعه‌ها ۷۸
- شکل ۶-۱۰: پنجره ایجاد زیرمجموعه مکانی از تصویر ۷۹
- شکل ۶-۱۱: پنجره انتخاب زیرمجموعه مکانی از تصویر به وسیله مختصات زمینی ۷۹
- شکل ۶-۱۲: تبدیل یک فایل برداری به یک ناحیه ۸۰
- شکل ۶-۱۳: پنجره انتخاب نوع ROI ۸۱
- شکل ۶-۱۴: انتخاب گزینه Subset Data Via ROIs ۸۱
- شکل ۶-۱۵: انتخاب فایل ROI مورد نظر برای انجام Subset ۸۲
- شکل ۶-۱۶: فایل برداری محدوده مورد مطالعه ۸۳
- شکل ۶-۱۷: تصویر Aster منطقه مورد مطالعه با $RGB=2, 3, 1$ ۸۳
- شکل ۶-۱۸: نمایش تصویر ترکیبی $RGB: 2/1, 2, 1$ ۸۵
- شکل ۶-۱۹: نمودار مقادیر ویژه مربوط به هر باند از فایل SWIR ۸۶
- شکل ۶-۲۰: نمایش تصویر با $RGB: PC4, PC6, PC9$ ۸۷
- شکل ۶-۲۱: نمایش تصویر با $RGB: PC5, PC8, PC9$ ۸۸
- شکل ۶-۲۲: نمایش تصویر با $RGB: PC7, PC5, PC9$ ۸۸
- شکل ۶-۲۳: نمایش تصویر با $RGB: 4, 6, 9$ ۸۹

- شکل ۶-۲۴ : طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم Maximum Likelihood بر روی تصویر
۹۰..... RGB :4, 6, 9
- شکل ۶-۲۵ : تصویر باینری شده آهک‌های سازند الیکا بر اساس شکل ۶-۲۴.....
۹۱.....
- شکل ۶-۲۶ : نتیجه طبقه بندی با الگوریتم Minimum Distance با اندیس‌های معدنی
شناخته شده
۹۲.....
- شکل ۶-۲۷ : مناطق معرفی شده به عنوان آلتراسیون کائولینیتی
۹۳.....
- شکل ۷-۱ : نقشه امید بخش حاصل از تلفیق نتایج وزنه‌های نشانگر و شناسایی واحدهای الیکا
۹۷.....
- شکل ۷-۲ : نقشه امید بخش حاصل از تلفیق نتایج شناسایی واحدهای الیکا و نقاط معدنی
۹۸.....
- شکل ۷-۳ : نقشه نهائی معرف مناطق امیدبخش به ترتیب اولویت
۹۹.....

فهرست جداول

- جدول ۱-۵ : نتایج محاسبات شواهد وزنی برای گسل‌های منطقه ۶۲
- جدول ۲-۵ : ترکیب‌های منطقی and ۶۵
- جدول ۱-۶ : اطلاعاتی مربوط به باندهای سنجنده ASTER ۶۹
- جدول ۲-۶ : فایل‌های هر تصویر Aster در دو سطح L۱A و L۱B ۷۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

عملیات اکتشاف مواد معدنی در محدوده‌های وسیع همواره مستلزم صرف هزینه و زمان زیاد بوده است. بنابراین بکارگیری روشی که بتواند هزینه و زمان مصرفی را کاهش دهد، ضروری می‌باشد. اهمیت استفاده از تکنولوژی سنجش از دور (Remote Sensing) این است که با استفاده از آن می‌توان مجموعه اطلاعات جامع‌تری را در زمان کوتاه‌تر و با هزینه کمتر نسبت به روش‌های مرسوم، پردازش نمود. گاهی نیز برای یافتن مناطق مناسب‌تر برای پتانسیل یابی معدنی، قابلیت ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را نیز دارا می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعه حاضر در مرحله شناسایی و در منطقه‌ای وسیع (حدود ۴۳۰۰ کیلومتر مربع) در جنوب استان مازندران انجام می‌گیرد، استفاده از روش سنجش از دور به عنوان یک روش پی‌جویی و کم‌هزینه ترجیح داده شد. این روش در زمینه‌های مختلفی همچون زمین‌شناسی، آب‌شناسی، معدن، محیط‌زیست و ... کاربرد دارد. در گذشته روش‌های اکتشاف معمول فلورین شامل پیمایش‌های محلی، نمونه‌گیری‌های ژئوشیمیایی، تحقیقات ژئوفیزیکی و حفاریات کوچک بوده است. از نمونه‌های اکتشاف فلورین در دنیا نیز می‌توان به اکتشاف کانساری از فلورین در شمال نیومکزیکو اشاره کرد. این کانسار از تیپ دره می‌سی‌سی‌پی بوده و با فلزات گرانبها همراه بوده که توسط روش‌های ژئوشیمیایی اکتشاف شده است [۳۳]. از آنجائی که پتانسیل‌یابی فلورین در ایران توسط روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت نگرفته، این مطالعه برای اولین بار انجام خواهد شد.

۱-۲- مروری بر مطالعات انجام شده

کارهای انجام شده قبلی در منطقه در حد اکتشافات محلی در اطراف معادن موجود می باشد. این مطالعات اکثراً در خود محدوده معدنی به منظور تعیین ذخیره و دریافت گواهی کشف و طرح بهره برداری صورت گرفته است. ولی تاکنون هیچ گونه مطالعات اکتشافی جامعی در این رابطه در منطقه انجام نشده است. در این راستا شناسایی فلورین با استفاده از مشخصات اندیس های شناخته شده و بهره گیری از تکنیک سنجش از دور برای اولین بار در منطقه بررسی خواهد شد. البته چندین مطالعه نیز به صورت طرح پژوهشی و یا پایان نامه دانشجویی خصوصاً دانشجویان زمین شناسی برای تعیین ژنز معادن شناخته شده صورت گرفته است که در ذیل به چند مورد از این مطالعات و نتایج حاصل از آنها اشاره خواهد شد.

- مطالعه ای توسط رجبی در سال ۱۳۶۸، تحت عنوان " گزارش اکتشاف معدن فلورین پاچی میانا" انجام گرفت که از این مطالعه سنگ میزبان این کانسار، میکرایت توده ای، آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی نتیجه شده است. البته وابستگی اصلی آن با رخساره آهک سیلیسی می باشد. همچنین کانی زایی در امتداد مناطق گسله و یا به شکل عدسی های بزرگ تشکیل گردیده است.

- "پایان نامه کارشناسی ارشد گرجی زاده در سال ۱۳۷۴ تحت عنوان مطالعه زمین شناسی، کانی شناسی، آنالیز رخساره ای و ژنز کانسار فلورین پاچی میانا در دانشگاه تربیت مدرس" مبین این مطلب است که هر جا که آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی وجود دارد ماده معدنی بیشتر انباشته شده است. کانی سازی اولیه با هیچ گسل و توده نفوذی در ارتباط نیست بلکه به افق ها و لایه های خاص وابسته است و در مرحله دپاژنز تشکیل گردید.

- نتایج حاصل از مقاله وهاب زاده و خاکزاد در سیزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی کرمان در سال ۱۳۸۴ با عنوان "مطالعات کانی شناسی در دو معدن فلورین شش رودبار و پاچی میانا در البرز مرکزی" این است که در این کانسار دو نوع کانی سازی یکی به صورت عدسی دپاژنتیک هم شیب با لایه های الیکا (فلورین به صورت اصلی و گالن و اسفالریت به صورت فرعی) و دیگری در گسل ها و شکستگی ها (فلورین، باریت به صورت اصلی و سولفورهای مس به صورت فرعی)، وجود دارد.

۱-۳- انتخاب روش مطالعه

با توجه به اینکه ذخایر مهم فلورین کشور در جنوب استان مازندران قرار دارند پایان نامه حاضر به منظور شناسائی مناطق امیدبخش اکتشافی جدید این ماده در این منطقه تعریف شد. برای اینکه کل محدوده‌ای که در آن ذخایر فلورین مشاهده شده است تحت عملیات اکتشافی قرار گیرد منطقه‌ای با مساحت حدود ۴۳۰۰ کیلومتر مربع و در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ طراحی شد تا ضمن بهره‌گیری از خصوصیات کل اندیس‌های شناخته شده و استفاده از روش تشخیص الگو، جهت مدل‌سازی و شناسائی ذخایر جدید اقدام گردد. با توجه به وجود اندیس‌های معدنی شناخته شده در منطقه مورد مطالعه، فرضیه وجود اندیس‌های مشابه قوت می‌گیرد یعنی امکان وجود اندیس‌های دیگر مشابه این ذخایر در منطقه وجود دارد. نظر به اینکه مطالعه حاضر در مرحله شناسایی اجرا می‌شود و منطقه مورد مطالعه بزرگ می‌باشد از سنجش از دور به عنوان یک روش اکتشافی کم هزینه استفاده شده است تا پس از شناسائی و معرفی مناطق امیدبخش، عملیات اکتشافی بعدی بر روی این نقاط معرفی شده، متمرکز شوند. یکی از مسائلی که در کاربرد سنجش از دور مطرح است عدم امکان استفاده از این روش در مناطق جنگلی می‌باشد. در این خصوص لازم به ذکر است با توجه به اینکه بیش از نیمی از محدوده فاقد پوشش گیاهی است لذا استفاده از این روش توجیه‌پذیر می‌باشد. علاوه بر این در جنوب و شرق محدوده که دارای ارتفاع بالای ۱۵۰۰ متر و فاقد پوشش گیاهی می‌باشد، به خاطر وضعیت توپوگرافی شدید و عدم دسترسی آسان، تاکنون عملیات اکتشافی صورت نگرفته و با توجه به شواهد دارای پتانسیل بالائی از لحاظ ذخائر فلورین می‌باشد.

۱-۴- ضرورت انجام تحقیق و اهداف پایان نامه

نظر به اینکه ماده معدنی فلورین جزء موادی می‌باشد که در حال حاضر از لحاظ کاربرد از بازار مناسبی برخوردار است و می‌تواند از لحاظ صادرات نیز مورد توجه قرار گیرد و نیز با توجه به اینکه ذخایر مهم فلورین کشور در جنوب استان مازندران قرار دارد، لذا انجام این مطالعه در جنوب استان مازندران حائز اهمیت می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر شناسایی مناطق امیدبخش ذخایر فلورین با کمک مدل‌سازی ذخایر شناخته شده فلورین در این منطقه و نیز استفاده از داده‌های Aster و

فصل دوم

منطقه مورد مطالعه

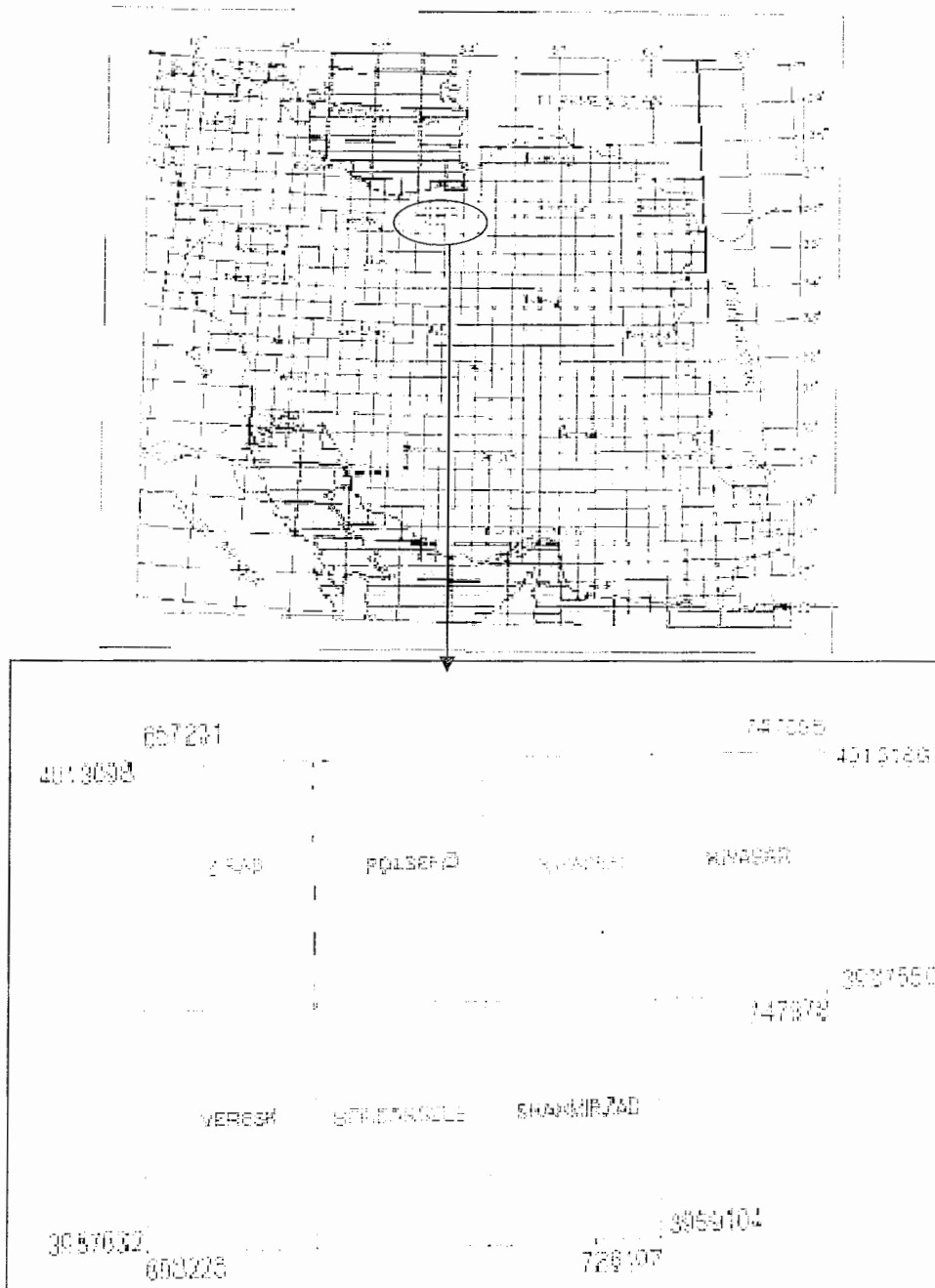
۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در جنوب استان مازندران در شهرستان سوادکوه و بر روی ورقه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ساری و سمنان و نیز بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ کیاسر، کیاده، پل سفید، زیرآب، شه میرزاد، سفیدارگله و ورسک قرار دارد. مختصات گوشه‌های این محدوده در سیستم UTM به ترتیب ساعت‌گرد و با شروع از بالاترین نقطه سمت چپ به صورت (۴۰۱۳۰۹۸، ۶۵۷۲۳۱)، (۴۰۱۵۱۸۵، ۷۴۷۰۹۸)، (۳۹۸۷۵۵۰، ۷۴۷۸۷۸)، (۳۹۵۹۱۰۴، ۷۲۶۱۰۷)، (۳۹۵۷۸۳۲، ۶۵۸۲۲۸) می‌باشد. در شکل شماره ۱-۲ موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه مختصات گوشه‌های آن و در شکل شماره ۲-۲ نیز راه‌های ارتباطی منطقه نشان داده شده است.

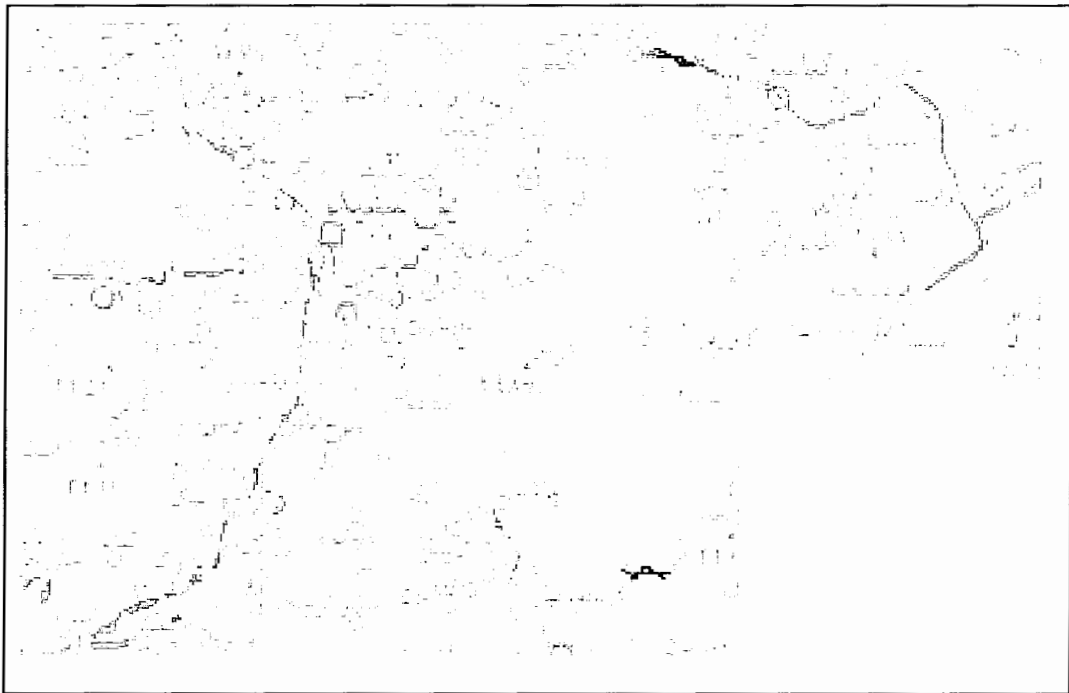
۲-۲- آب و هوای محدوده مورد مطالعه

این محدوده در استان مازندران و در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز، در یک منطقه مرتفع قرار گرفته است. از نظر اقلیم دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نیمه‌گرم و مرطوب است. با توجه به مرتفع بودن منطقه، بارش در آن بسیار زیاد می‌باشد به طوری که در اکثر فصول سال بارندگی وجود دارد. بارندگی در فصول معتدله به صورت باران و در فصل سرد سال به صورت برف می‌باشد. متوسط مقدار بارندگی سالیانه (در یک دوره ۱۴ ساله) ۴۶۴/۳ میلیمتر است، که بیشترین مقدار بارش در دی ماه و کمترین آن در مرداد ماه می‌باشد. میانگین حداکثر دمای گزارش شده در گرمترین ماه

سال ۲۸/۶ درجه سانتیگراد می باشد که مربوط به تیرماه است. میانگین حداقل دمای گزارش شده در سردترین ماه سال حدود ۷/۷- درجه سانتیگراد می باشد که مربوط به ماه های دی و بهمن است [۲۶].



شکل ۱-۲: موقعیت منطقه مورد مطالعه و مختصات گوشه های آن



شکل ۲-۲: راه‌های ارتباطی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ [۱]

۲-۳- پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی

این محدوده به خاطر نزدیکی به سواحل شمالی کشور و داشتن آب و هوایی تقریباً مرطوب، دارای پوشش جنگلی می‌باشد. ولی این پوشش در همه جا یکسان نیست در بعضی از مناطق خیلی پرپشت و انبوه و در مناطق دیگر خیلی تنک می‌باشد. از نظر نوع پوشش می‌توان منطقه را به دو قسمت تقسیم کرد. نوع اول مناطقی است که پوشش آنها عمدتاً از درختان جنگلی می‌باشد و مناطق بعدی دارای پوششی از نوع بوته‌ای است.

۲-۴- زمین‌شناسی عمومی منطقه مطالعاتی

این منطقه از لحاظ تقسیمات زمین‌ساختی ایران در زون البرز قرار می‌گیرد. سلسله جبال البرز خود جزئی از قسمت شمالی کوهزایی آلپ- هیمالیا در آسیای غرب به شمار می‌رود. زون البرز در

طول امتداد خود اختصاصات چینه‌شناسی و تکتونیکی یکنواختی ندارد و به همین دلیل به واحدهای مختلفی تقسیم می‌شود. با توجه به گستردگی سلسله جبال البرز که از آذربایجان تا خراسان ادامه می‌یابد این واحد ساختمانی در تمام گستره خود از حیث چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی دارای اختصاصات یکسانی نمی‌باشد [۳]. محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوبی ورقه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ساری و در قسمت شمالی ورقه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ سمنان قرار دارد. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل شماره ۲-۳ نشان داده شده است. که نام واحدهای رخنمون‌دار منطقه به همراه سن آن و نام سازند مربوطه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، به ترتیب از قدیم به جدید در زیر آورده شده است: [۱۹ و ۲۰]

P_{ck} : پرکامبرین بالائی - سازند کاهار- شیل، اسلیت، دیاباز، کمی دولومیت

C_b : کامبرین - سازند باروت - شیل، ماسه سنگ، دولومیت

C_m : کامبرین، اردویسین - سازند میلا - دولومیت، کوارتزیت، شیل، ماسه سنگ

DC : دونین و کربونیفر - شامل شیل و سنگ آهک

P_d : کربونیفر و پرمین - سازند درود - ماسه سنگ، شیل، سنگ آهک، کوارتزیت

P_r : پرمین - سازند روته - سنگ آهک فوزولین‌دار، سنگ آهک دولومیتی

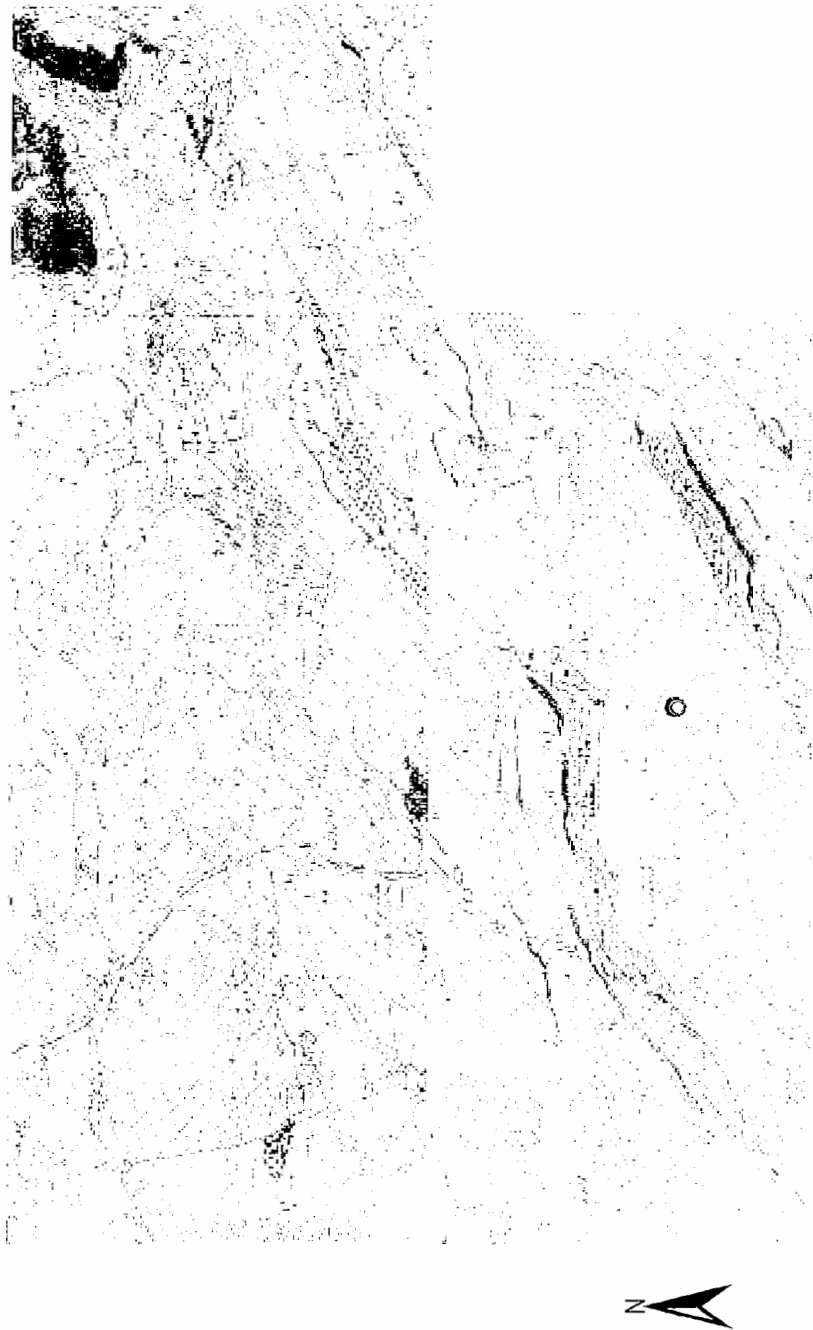
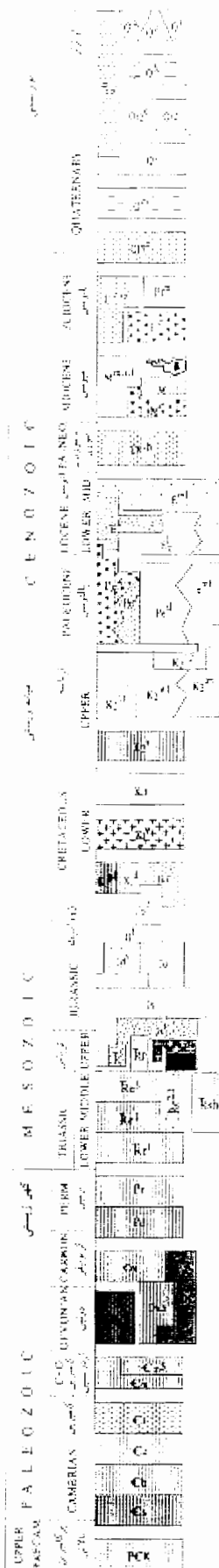
TR_e^1 : تریاس - سازند الیکا - سنگ آهک نازک لایه با آثار کرم، شیل آهکی

TR_e^2 : تریاس - سازند الیکا - دولومت ضخیم لایه تا توده‌ای

TR_e^3 : تریاس - سازند الیکا - سنگ آهک دولومیتی

$TR_e^{3,2}$: تریاس - سازند الیکا - تفکیک نشده (سنگ آهک و دولومیت)

TR_v : تریاس - سازند شمشک - بازالت اسلیتی، دیاباز، سنگ آذرآواری



شکل ۲-۳: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰)

جنوب ساری و شمال سمنان) [۱۹ و ۲۰]

- J_s : ژوراسیک - سازند شمشک - شیل، ماسه سنگ، مارل، کنگلومرای کوارتزیتی
- J_d : ژوراسیک - سازند دلیچای - سنگ آهک مارلی به همراه سنگ آمونیتی
- J_l : ژوراسیک - سازند لار - سنگ آهک نازک لایه آمونیت دار
- JL_s^t : ژوراسیک - سازند لار - سنگ آهک دولومیتی، سنگ آهک (عضو سفید ریز)
- JKL^t : ژوراسیک - سازند لار - سنگ آهک به رنگ روشن، سنگ آهک دولومیتی
- K_1^v : کرتاسه پائینی - بازالت، دیاباز، سنگ های آذرآواری
- KLT : کرتاسه پائینی - سازند تیز کوه - سنگ آهک اوربیتولین دار
- K_1^d : کرتاسه پائینی - سنگ آهک دولومیتی، دولومیت در قسمت های بالا
- K_2^{11} : کرتاسه بالائی - سنگ آهک اوردیست دار (به ندرت درون لایه های مارلی)
- K_2^{m1} : کرتاسه بالائی - مارل، مارل سیلتی، سنگ آهک مارلی
- K_2^{12} : کرتاسه بالائی - سنگ آهک ضخیم لایه تا توده ای
- K_2^{m1} : کرتاسه بالائی - سنگ آهک مارلی، مارل، مارل سیلتی
- Pe^{sl} : پالئوسن - ماسه سنگ آهکی، سنگ آهک ماسه ای
- Pe^{m1} : پالئوسن - مارل، سنگ آهک، مارل سیلتی
- $(pgf^c) Pe^{gf}$: پالئوسن - سازند فاجان - ماسه سنگ قرمز تیره
- E^{m1} : ائوسن - مارل، سنگ آهک، شیل آهکی
- E^k : ائوسن - سازند کرج - توف، ماسه سنگ، شیل توفی
- Pg^n : پالئوژن، نئوژن - گچ، ماسه سنگ، مارل، کمی سنگ آهک
- $Mm, s, 1$: میوسن - مارل، ماسه سنگ آهکی، سنگ آهک ماسه ای، کمی کنگلومرا
- P_1^c : پلیوسن - کنگلومرا با افق های ماسه ای، به ندرت مارل سیلتی
- $P_1^c m$: پلیوسن - کنگلومرا، مارل، مارل سیلتی

QP_1^c : پلیوسن و کواترنر - کنگلو مرا، رسوبات انباشته در دره ها شامل: مارل، ماسه های گچدار

Q^{sc} : کواترنر - سنگ ریزه، تالوس

Qt_2^c : کواترنر - آبرفت های جوان، تراس ها و مخروط افکنه های جوان

۲-۵- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه

با توجه به مطالعات و بررسی های انجام شده، سازندهای موجود در ناحیه از قدیم به جدید به صورت سازند کهر، سازند باروت، سازند زایگون، سازند لالون، سازند میلا، سازند جیروود، سازند آهک مبارک، سازند روته، سازند الیکا، سازند شمشک، سازند دلیچای، سازند لار، سازند تیز کوه و... می باشند [۱۹ و ۲۰]. با توجه به اینکه دو سازند الیکا و شمشک در این منطقه از لحاظ کانی زائی فلورین و زغال سنگ مهم می باشند در ادامه به توضیح این دو سازند پرداخته شده است.

۲-۵-۱- سازند الیکا

ضخامت این سازند در مقطع تیپ ۲۹۵ متر گزارش گردیده است سازند الیکا اساساً از دو بخش متفاوت تشکیل شده است که عبارتند از: [۳]

- واحد زیرین شامل سنگ آهک نازک لایه با آتارکرم (آهک ورمیکولیت) می باشد که ضخامت آن حدود ۹۵ متر می باشد که شامل آهک های شدیداً ورقه ورقه شده زردرنگ تا آهک شیلی و گاهی مارنی و دولومیتی است. این قسمت ممکن است از محلی به محل دیگر از صورتی تا خاکستری یا سبز خاکستری تغییر کند.

- رسوبات واحد بالایی از دولومیت های توده ای تا آهک های دولومیتی زرد تا خاکستری رنگ تشکیل شده است که دارای لایه بندی منظم و ضخیم لایه می باشد. ضخامت این قسمت از سازند حدود ۲۰۰ متر گزارش گردیده است.

دولومیت‌های فوقانی سازند الیکا در اغلب مناطق به وسیله سازند شمشک به صورت دگرشیبی زاویه‌دار پوشیده می‌شود و در کنتاکت آنها لایه‌ای از اکسید آهن و منگنز قرمز رنگ وجود دارد که این امر خود نشانه عملکرد فاز کوهزایی کیمبرین پیشین می‌باشد. سن سازند الیکا با توجه به فسیل‌های موجود در آن تریاس میانی است. با توجه به فرسایش شدیدی که قبل از رسوبگذاری لیاس در البرز انجام گرفته است ضخامت این سازند در نقاط مختلف متفاوت است. در منطقه مورد مطالعه سازند آهکی الیکا به صورت دگرشیب بر روی سازند روته قرار گرفته است.

۲-۵-۲- سازند شمشک

سازند شمشک یکی از گسترده‌ترین سازندهایی است که در ایران رسوبگذاری شده است. چون قسمت اعظم آن از رس ماسه‌ای تشکیل یافته است، لذا برجستگی‌های کم‌ارتفاعی را به وجود می‌آورند. مقطع نمونه این سازند در شرق روستای شمشک مطالعه گردیده و از چهار بخش تشکیل شده است که عبارتند از: [۳]

- بخش ماسه‌سنگ زیرین: این بخش تناوبی از ماسه سنگ‌های کوارتزی دانه‌ریز تا متوسط‌دانه و شیل‌های ورقه‌ای نازک و شیل‌های کربناته می‌باشد.

- بخش زغالدار زیرین: این بخش از سیلت و سیلت رسی با میان لایه‌های فراوانی از زغال می‌باشد.

- بخش ماسه‌سنگ بالایی: این بخش از ماسه‌سنگ متوسط و شیل تشکیل گردیده است.

- بخش زغالدار بالایی: متشکل از شیل‌های رسی با لایه‌های زغالدار در قسمت زیرین و سیلتستون‌ها و شیل‌های مارنی در قسمت بالایی است.

گسترش این سازند در البرز مرکزی بسیار زیاد می‌باشد به طوری که فقط در محدوده مورد مطالعه مساحت قابل ملاحظه‌ای توسط این رسوبات پوشیده شده است. لیتولوژی این سازند بیشتر از

شیل و ماسه سنگ تیره رنگ همراه با آثار گیاهی زغالدار تشکیل شده است. سن این سازند ژوراسیک پیشین می‌باشد. حضور یک لایه ضخیم گدازه بازیک (بازالت- آندزیت) که تقریباً در اکثر نقاط البرز مرکزی در قاعده سازند شمشک مشاهده می‌شود، نکته قابل توجهی می‌باشد. این لایه بازالتی به خصوص در توالی چینه‌شناسی یال جنوبی تاقدیس آینه‌ورزان- دلیچای به صورت ناپیوسته هم شیب بر روی نهشته‌های کربناته الیکا دیده می‌شود. سنگ‌های مزبور ممکن است نشانه‌ای از فاز کششی باشد که پس از فاز کمپرسیونی کیمترین پیشین در البرز رخ داده است [۳].

واحد سنگ‌های بازیک که در بالا به آن اشاره شد در منطقه مورد مطالعه دارای گسترش زیادی بوده و جنس آن آندزیتی می‌باشد. این واحد در بین سازندهای الیکا و شمشک قرار گرفته است که احتمالاً مربوط به سازند پالند با سن تریاس بالایی- ژوراسیک تحتانی است.

۲-۶- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه مورد مطالعه

همان‌گونه که در زمین‌شناسی عمومی منطقه توضیح داده شده محدوده مورد مطالعه در رشته کوه‌های البرز و در زون البرز مرکزی واقع گردیده است. با توجه به مطالعات مختلفی که در منطقه صورت گرفته، مهمترین سازندهای دارای پتانسیل اقتصادی، سازندهای لالون، شمشک، الیکا و رسوبات عهد حاضر می‌باشند. از ماسه‌سنگ‌های سازند لالون به عنوان لاشه جهت تهیه مالون استفاده می‌شود. سازند شمشک یکی از اقتصادی‌ترین سازندهای موجود در منطقه می‌باشد که هر کدام از اجزاء آن به نحوی قابل استفاده می‌باشد و از ماسه‌سنگ و شیل‌های زغال‌دار تشکیل شده است. از ماسه‌سنگ‌های آن در صورت سالم بودن به عنوان سنگ لاشه، و از شیل‌های زغال‌دار آن نیز در اکثر نقاط البرز زغال استخراج می‌شود. زغال‌های موجود در این سازند باعث گردیده که سازند فوق اقتصادی‌ترین سازند این منطقه به شمار می‌آید. کانی‌سازی فلورین در منطقه مطالعاتی در آهک‌های دولومیتی سازند الیکا جایگزین شده است. در این خصوص ۷ معدن فلورین قابل ذکر است که البته در

برخی موارد بسیار اندک گزارشاتی در مورد جایگزینی فلورین در بعضی سازندهای دیگر نیز وجود که نیاز به بررسی بیشتر می‌باشد. از رسوبات عهد حاضر نیز که در بستر رودخانه‌ها و آبراهه‌های منطقه مطالعاتی گسترش دارند، جهت تهیه شن و ماسه استفاده می‌گردد [۲۶].

۲-۷- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک محدوده مورد مطالعه

رشته‌کوه‌های البرز در قسمت‌های شرقی و مرکزی، تاقدیس ساده‌ای را در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل می‌دهند. از نظر تکتونیک جهانی این سلسله جبال، جزئی از قسمت شمالی کوهزایی آلپ- هیمالیا در آسیای غربی به شمار می‌رود که از شمال به بلوک فرورفته کاسپین، از جنوب به فلات ایران مرکزی و گسل سمنان، از شرق به زون بینالود و از غرب به گسل‌های تبریز و رضائیه محدود می‌شود. روند ساختمانی کوه‌های بخش غربی البرز، شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد که تا اندازه‌ای با نوار شمالی زاگرس چین‌خورده و امتداد ساختمانی قفقاز کوچک و بزرگ، هم‌جهت است. در حالی که روند ساختمانی بخش شرقی این رشته کوه‌ها تقریباً شمال شرقی- جنوب غربی بوده و با امتداد گسل بزرگ کویر (گسل درونه) موازی است. رشته کوه‌های البرز در دامنه‌های جنوبی، روراندگی‌های پرشیبی به سمت جنوب دارد که غالباً در زیر رسوبات آبرفتی از نظر دور مانده و تنها اثراتی از آنها مشاهده می‌گردد. همچنین در دامنه‌های شمالی نیز روراندگی‌های پرشیبی به سمت شمال وجود دارد که نتیجه حرکات تکتونیکی مهم منطقه می‌باشد زیرا فرونشینی کف دریای خزر با شکستگی‌ها و گسل‌های شمال البرز ارتباط مستقیم دارد. منطقه مورد مطالعه در بخش مرکزی زون البرز مرکزی واقع گردیده است. مرز شمالی این بخش با زون گرگان - رشت، گسل شمال البرز است [۲۶].

یک بررسی تاریخی در مورد مراحل تکامل پوسته زمین در منطقه البرز نشان می‌دهد که: در البرز فعالیت‌های آتشفشانی از نوع آکالن که از اختصاصات شکستگی عمیق است طی اینفراکامبرین رخ داده که نمونه آن ولکانیک قره‌داش در آذربایجان است. به علاوه همزمان با فعالیت‌های آتشفشانی، توده‌های آذرین درونی اسیدی و در عین حال آکالن در برخی نقاط در پوسته قاره‌ای تزریق شده‌اند که در البرز گرانیب دوران شاخص این فعالیت‌های ماگماتیکی است. این وضعیت در طی پالئوزوئیک نیز ادامه داشته است، چنانکه وجود توده‌های دیاباز در کامبرین ناحیه آوج، فوران آتشفشانی داسیت و آندزیت در ناحیه ماکو، فعالیت‌های آتشفشانی دونین در ناحیه قزوین، آندزیت‌های پرمین در کوه‌های تالش و آتشفشانی بازیک در سازندهای روته و دورود در ناحیه قزوین همگی مؤید این مطلب است [۲۶].

همان گونه که قبلاً اشاره شد مهمترین عارضه زمین‌شناسی ساختمانی در منطقه وجود یک ناودیس نسبتاً بزرگ می‌باشد که در یال جنوبی آن می‌توان توالی سازندها از کامبرین تا کرتاسه را مشاهده کرد. در حوالی کمروود به واسطه عملکرد روزاندگی سازندهای کامبرین بر روی نهشته‌های ائوسن رانده شده‌اند. اولین سازند در این توالی سازند باروت متعلق به کامبرین زیرین است. بعد از سازند باروت به سمت شمال به ترتیب سازندهای زاگون، لالون، میلا، جیرود، مبارک، روته، الیکا، شمشک، لار و آهک‌های کرتاسه را مشاهده می‌کنیم. محدوده مورد مطالعه از یال جنوبی این ناودیس سازندهای الیکا، شمشک و لار را در بر می‌گیرد. محور ناودیس از ارتفاعات حد فاصل روستای کرمان و روستای ملرد و از نزدیکی امامزاده عباسعلی می‌گذرد. از امامزاده عباسعلی به سمت شمال و در یال شمالی ناودیس دوباره به ترتیب با سازندهای لار و شمشک و الیکا مواجه می‌شویم. یال‌های شمالی و جنوبی این ناودیس در برخی نقاط به واسطه عملکرد گسل‌هایی که عموماً ماهیتی امتدادلغز دارند، بریده شده است. فازهای کوهزایی مؤثر در منطقه باعث شده‌اند که در سازندهای محدوده مورد مطالعه

از نظر زمین شناسی ساختمانی تغییراتی به وجود آید که بارزترین آنها را می توان در آهک های دولومیتی سازند الیکا مشاهده کرد که شدیداً به حالت خرد شده در منطقه مشاهده می شوند [۲۶].

فصل سوم

اصول سنجش از دور و
پردازش تصاویر ماهواره‌ای

۳-۱- مقدمه

یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات علوم زمین استفاده از فن‌آوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. استفاده از فناوری دورسنجی و بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت و افزایش دقت و سرعت می‌گردد و لذا روز به روز بر اهمیت این فناوری افزوده می‌شود. فناوری دورسنجی از جمله ابزارهای نوینی است که دستیابی و استخراج اطلاعات پایه، برای مدیریت منابع زمین را میسر می‌سازد. با استفاده از این فناوری می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی به نتیجه رساند. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر از این روش استفاده شده در ادامه مختصری از کلیات این روش ذکر می‌گردد.

۳-۲- تعریف سنجش از دور

Remote Sensing یا سنجش از دور را می‌توان تکنولوژی کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره نامید. سنجش از دور علم و هنر به دست آوردن اطلاعات در مورد هر موضوع تحت بررسی به وسیله ابزاری است که در تماس فیزیکی با آن نباشد. این فناوری بر سنجیدن اشیاء از مسافتی خاص دلالت دارد یعنی بدون اینکه شخص در تماس با آن جسم باشد، ویژگی‌های آن جسم را تشخیص می‌دهد و این ویژگی را مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهد [۱۸].

۳-۳- مهمترین قابلیت‌ها و مزایای داده‌های سنجش از دور

داده‌های سنجش از دور به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است که امروزه عامل نخستین در مطالعه سطح زمین و عوامل تشکیل‌دهنده آن محسوب می‌شود. سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دور افتاده و دقت بالای آنها، از امتیازات خاص این فناوری محسوب می‌شود. سنجش از دور علاوه بر اینکه مشکل دسترسی به محل و حضور فیزیکی در آن را که لازمه روش‌های زمینی و سنتی است، مرتفع ساخته و آن را به حداقل رسانده است، با ایجاد پوشش خوبی از منطقه مورد مطالعه، امکان دید کلی و عام‌تر از آن را فراهم می‌سازد. با توجه به سطحی که یک تصویر ماهواره‌ای پوشش می‌دهد در کل هزینه انجام کار پایین آمده و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است چراکه استفاده از این فن‌آوری به نیروی انسانی کم (ولی متخصص) و عملیات زمینی بسیار محدود نیاز دارد [۱۱].

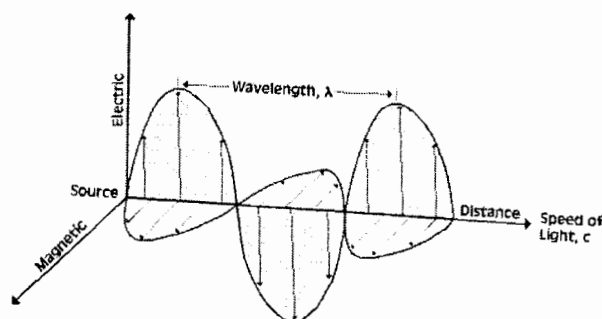
۳-۴- کاربردهای مهم سنجش از دور

از جمله کاربردهای فن سنجش از دور می‌توان به استفاده از آن در زمین‌شناسی، آب‌شناسی، معدن، شیلات، کارتوگرافی، جغرافیا، مطالعات زیست‌شناسی، مطالعات زیست‌محیطی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، هواشناسی، کشاورزی، جنگلداری، توسعه اراضی و به طور کلی مدیریت منابع زمینی و غیره اشاره کرد. سنجش از دور می‌تواند تغییرات دوره‌ای پدیده‌های سطح زمین را نشان دهد و در بررسی تغییر مسیر رودخانه‌ها، تغییر حد و مرز پیکره‌های آبی مانند دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها، تغییر مورفولوژی سطح زمین و غیره بسیار کارساز است. افزون بر این یک سیستم سنجش از دور می‌تواند حد و مرز پدیده‌های زمینی اعم از مرز انواع خاک‌ها، سنگ‌ها، گیاهان، محصولات کشاورزی گوناگون و ... را مشخص کند. سنجش از دور در پیش‌بینی وضع هوا و اندازه‌گیری میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی، کشف آلودگی آب‌ها، کشف لکه‌های نفتی در سطح دریا و همچنین اکتشافات معدنی نیز کاربرد دارد. بدون شک استفاده از این تکنولوژی در مطالعات اکتشافی و منابع

طبیعی و سایر موارد نه تنها سرعت انجام مطالعات را بیشتر می‌کند، بلکه از نظر دقت و هزینه و نیروی انسانی نیز بسیار با صرفه‌تر است [۵].

۳-۵- انرژی الکترومغناطیس

اساس سیستم‌های سنجش از دوری بر اندازه‌گیری نوعی از انرژی است که انرژی الکترومغناطیس^۱ نامیده می‌شوند. انرژی الکترومغناطیس از طرف اشیاء به سمت سنجنده حرکت می‌کند و توسط آن دریافت، اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. معروف‌ترین نوع این انرژی همان نور است که عمده‌ترین منبع تولید آن خورشید می‌باشد [۱۱].



شکل ۳-۱: انرژی الکترومغناطیس

۳-۶- فعل و انفعال انرژی در اتمسفر

نور خورشید هنگام عبور از اتمسفر توسط مولکول‌ها و ذرات معلق اتمسفر تحت تأثیر قرار گرفته، منعکس، پخش یا جذب می‌شود. این روش تغییر و تحلیل در شدت نور خورشید باعث ایجاد رنگ‌ها می‌شود [۱۸]. به طور کلی اتمسفر از دو طریق بر روی امواج الکترومغناطیس اثر می‌گذارد: جذب^۲ و پراکنش^۳. پراکنش باعث انحراف موج از مسیر اصلی آن می‌شود ولی جذب انرژی، باعث تغییر انرژی درونی مولکول‌های اتمسفر خواهد شد [۱۱].

1 Electromagnetic
2 Absorption
3 Scattering

۳-۶-۱- جذب اتمسفری

قسمت‌هایی از طیف الکترومغناطیسی به علت وجود بخار آب، دی اکسید کربن و لایه اوزن دچار پدیده جذب می‌گردند [۵]. محدوده‌هایی از طیف الکترومغناطیسی را که تحت تأثیر جو واقع نمی‌شود و به سطح زمین می‌رسند را روزه‌های جوی یا پنجره‌های اتمسفری^۱ می‌نامند [۵ و ۱۸].

۳-۶-۲- پراکنش (پخش) اتمسفری

انتشار نامنظم امواج به وسیله ذرات موجود در جو، یا به عبارت دیگر، انحراف، جذب و دفع مجدد انرژی الکترومغناطیسی توسط جو در هنگام عبور از آن را پخش اتمسفری گویند [۵]. پراکنش اتمسفری هنگامی اتفاق می‌افتد که انرژی الکترومغناطیس با مولکول‌ها و ذرات موجود در اتمسفر برخورد کرده و از مسیر اصلی خود منحرف می‌گردد. پراکنش اتمسفری به دو دسته عمده انتخابی و غیرانتخابی تقسیم می‌گردد.

۳-۶-۲-۱- پراکنش انتخابی

پراکنش انتخابی تنها بر روی دسته خاصی از طول‌موج‌ها اثر قابل توجه دارد، در صورتی که پراکنش غیرانتخابی وابستگی خاصی به طول‌موج نخواهد داشت. پراکنش انتخابی خود به دو دسته مهم تقسیم می‌گردد: پراکنش ری‌لی^۲ و پراکنش می^۳ [۱۱].

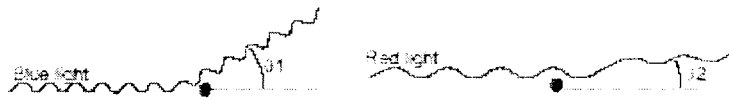
الف - پراکنش ری‌لی

عمده‌ترین نوع پراکنش، پراکنش نوع ری‌لی است که در بخش مرئی برای نور آبی بیشترین مقدار را خواهد داشت [۳۴]. این نوع پراکنش در اثر تعامل انرژی الکترومغناطیس با ذراتی است که از طول موج برخورد کرده کوچکترند. هرچه طول موج کوتاه‌تر باشد مقدار پراکنش آن نیز بیشتر است [۳۸].

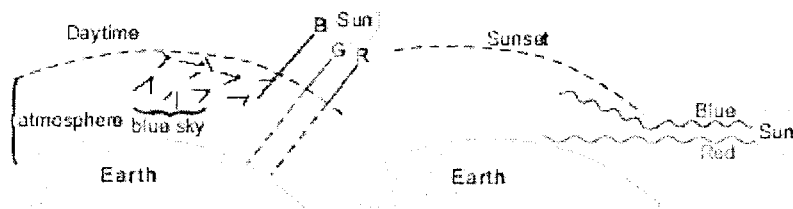
1 Atmospheric Windows

2 Rayleigh Scattering

3 Mie Scattering



شکل ۲-۳: اثر پراکنش ری‌لی، طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر دچار پراکندگی می‌شوند [۳۴]



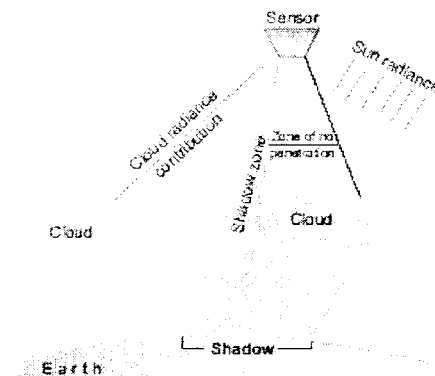
شکل ۳-۳: پیدایش رنگ قرمز غروب و رنگ آبی آسمان در اثر پراکنش ری‌لی [۳۴]

ب - پراکنش می

این نوع پراکنش در اثر برخورد با ذراتی در حد طول موج امواج الکترومغناطیس ایجاد می‌شود. مقدار این پراکنش نیز با طول موج نسبت عکس دارد [۳۴].

۳-۶-۲-۲- پراکنش غیرانتخابی

پراکنش غیرانتخابی در اثر ذراتی از اتمسفر اتفاق می‌افتد که از طول موج‌های معمول بسیار بزرگتر هستند (مثلاً بزرگتر از ۱۰ میکرون). پس می‌توان گفت پراکنش غیرانتخابی مستقل از طول موج است. بارزترین نمونه این نوع پراکنش رنگ سفید ابرها است.



شکل ۴-۳: اثر ابر بر روی انرژی الکترومغناطیس و ایجاد پراکنش [۳۴]

۷-۳- فعل و انفعال انرژی در سطح زمین

تمام مواد از اتم‌ها و مولکول‌هایی با ترکیب مشخص تشکیل شده‌اند. بنابراین هر ماده تشعشعات الکترومغناطیس را به یک شکل واحد و تحت یک طول‌موج مشخص، که مرتبط با تراز انرژی درونی آن می‌باشد، جذب، بازتاب یا منتشر می‌کند که خصوصیات واحد مواد یا خصوصیات طیفی نامیده می‌شود. به عنوان مثال علت رنگ سبز پوشش گیاهی، بیشترین انعکاس طیف سبز است. انرژی الکترومغناطیسی در برخورد با پدیده‌های زمین، دچار سه حالت انعکاس، جذب یا عبور می‌شوند که با به کار بردن اصل بقای انرژی می‌توان رابطه بین این سه نوع فعل و انفعال را به صورت زیر بیان کرد:

[۱۱ و ۱۸]

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - [E_A(\lambda) + E_T(\lambda)] \quad (۱-۳)$$

$E_R(\lambda)$: انرژی انعکاس یافته

$E_I(\lambda)$: انرژی تابشی

$E_A(\lambda)$: انرژی جذب شده

$E_T(\lambda)$: انرژی انتقال یافته

λ : طول موج

نسبت انرژی منعکس شده (E_R)، جذب شده (E_A) و عبور یافته (E_T) برای پدیده‌های مختلف زمینی در یک طول‌موج معین، ممکن است متفاوت باشد. این تفاوت در سرنوشت انرژی در سه حالت فوق می‌تواند منجر به شناسایی برخی پدیده‌های زمینی شود، زیرا نسبت انرژی در سه حالت منعکس شده، جذب شده و عبور یافته برای یک پدیده معین در طول‌موج‌های گوناگون متفاوت است. بنابراین وقتی نتوان پدیده‌ای را در یک محدوده طیفی شناسایی کرد، امکان شناسایی آن پدیده در محدوده دیگر وجود دارد [۱۸].

۳-۸- تفسیر رقومی اطلاعات ماهواره‌ای

منظور از تجزیه و تحلیل رقومی اطلاعات ماهواره‌ای، بررسی و اندازه‌گیری ارزش‌های رقومی آنهاست که استخراج نتایج جزئی و دقیق‌تر را نسبت به آنچه از تفسیر آنالوگ به دست می‌آید، ممکن می‌سازد. در این قسمت تفسیر اطلاعاتی که بر پایه ارزش‌های رقومی^۱ و قابلیت محاسبه و تغییر و تبدیل آنها استوار است، تشریح می‌شود.

هر تصویر به صورت شبکه‌ای منظم از اعداد می‌باشد که این اعداد نشان‌دهنده میزان انرژی الکترومغناطیس ثبت شده توسط سنجنده می‌باشد. برای هر پیکسل در هر باند، عددی متناظر با آن باند وجود دارد که از کنار هم قرار دادن این پیکسل‌ها تصویر باند مربوطه حاصل می‌شود [۱۸ و ۵۰]. مثلاً اگر سنجنده‌ای ۵ باند داشته باشد آنگاه هر پیکسل تصویر آن دارای ۵ مقدار است بنابراین هر تصویر، فایلی متشکل از اعداد و ارقام و گاه اطلاعات متنی جانبی است. تصاویر رقومی نسبت به عکس‌ها طبیعتی گسسته دارند به همین دلیل می‌توان بسیاری از الگوریتم‌ها را به طور قانونمند بر روی آنها اعمال نمود [۵]. به طور کل، مجموعه عملیاتی که در مسیر تجزیه و تحلیل رقومی اطلاعات ماهواره‌ای صورت می‌گیرد را می‌توان در چهار مرحله زیر خلاصه کرد:

- ۱- پیش‌پردازش^۲
- ۲- بارزسازی تصویر^۳
- ۳- طبقه‌بندی اطلاعات^۴
- ۴- بررسی‌ها و پردازش نهائی^۵ [۵]

۳-۹- پیش‌پردازش

داده‌های خام ماهواره‌ای^۶ دارای خطاهای متعددی است که قبل از استفاده باید خطاها را بررسی و برای رفع آنها اقدام کرد [۹]. در مرحله پیش‌پردازش، با یک سری عملیات روی داده‌های خام،

1 Digital Value
2 Pre - Processing
3 Image inhancement
4 Data Classification
5 Post - Processing
6 Row data

خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره مورد تصحیح قرار می‌گیرند. مقدار پیش‌پردازش مورد نیاز بسته به نوع سنجنده، کیفیت داده‌های رقومی و نوع کاربرد از تصویر، متفاوت است [۱۲].

۳-۱۰- بارزسازی تصویر

به مجموعه عملیات انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای، پردازش رقومی تصویر^۱ گویند. در زیر چند مورد از اعمالی که برای بارزسازی تصویر صورت می‌گیرند، آورده شده است.

۳-۱۰-۱- بسط تباين

بسط دادن تصویر به دامنه وسیع‌تری از مقادیر درجه روشنایی را، بسط تباين گویند که در اثر این بسط به دلیل وضوح بیشتر تصویر، امکان متمایز کردن پدیده‌های بیشتری فراهم می‌گردد [۹]. بسط تباين خطی^۲ به گونه‌ای است که درجه روشنایی‌های یک تصویر در محدوده ۰ تا ۲۵۵ گسترش می‌یابند (در حالتی که قدرت تفکیک رادیومتریکی برابر ۸ بیت باشد) که در واقع کمترین درجه روشنایی تصویر صفر (سیاه) و بیشترین درجه برابر ۲۵۵ (سفید) می‌گردد.

$$DN_{out} = \left(\frac{DN_{IN} - DN_{Min}}{DN_{Max} - DN_{Min}} \right) * DN_r \quad (2-3)$$

که : DN_{in} : درجه روشنایی تصویر ورودی

DN_{Min} : درجه روشنایی حداقل

DN_{Max} : درجه روشنایی حداکثر

DN_r : دامنه تغییرات درجه روشنایی قابل نمایش

DN_{out} : درجه روشنایی محاسبه شده می‌باشند [۱۸ و ۴۷].

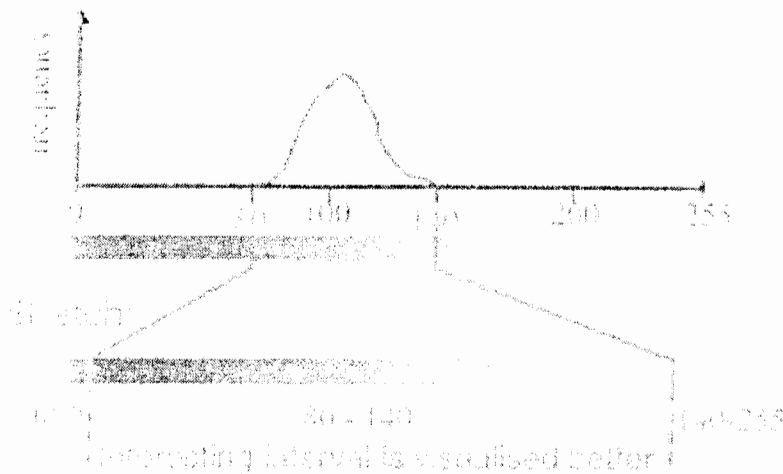
1 Digital Image Processing

2 Linear stretching

۳-۱۰-۲- تعدیل خطی هیستوگرام

هیستوگرام تصویر توصیفی از چگونگی توزیع مقادیر درجات خاکستری است. اگر تعداد پیکسل‌های مربوط به یک درجه خاکستری را در مقابل درجه خاکستری آن ترسیم کنیم، نموداری به دست می‌آید که هیستوگرام تصویر نامیده می‌شود. با بررسی هیستوگرام یک تصویر می‌توان اطلاعات باارزشی از خصوصیات طیفی و کیفیت رادیومتریکی تصویر به دست آورد. یک هیستوگرام متراکم در یک بخش خاص از درجات خاکستری، نشان‌دهنده کیفیت پائین رادیومتریکی و عدم وضوح تصویر است. ولی یک هیستوگرام که در آن تعداد پیکسل‌های مربوط به درجات خاکستری در کل دامنه ممکن گسترده شده، حکایت از واریانس بالا در تصویر و وضوح بیشتر آن دارد.

تبدیل خطی درجات خاکستری از دامنه مشاهداتی به دامنه کامل دینامیکی را تعدیل خطی هیستوگرام گویند.



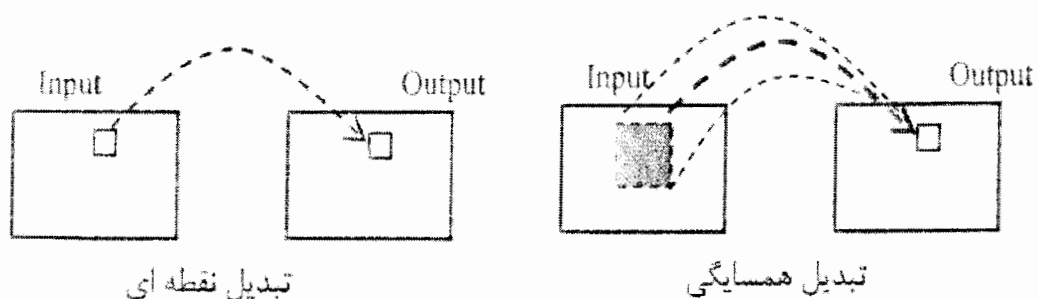
شکل ۳-۵: مفهوم تعدیل هیستوگرام [۱۱]

تعدیل خطی هیستوگرام را گاه به صورت اصلاح‌شده نیز به کار می‌برند. در این حالت درصدی از پیکسل‌های ابتدایی که دارای تعداد پیکسل کمی در تصویر هستند را برابر صفر قرار داده و درصدی دیگر از انتهای هیستوگرام را نیز به مقدار حداکثر (مثلاً ۲۵۵) اختصاص می‌دهند. (مانند روش ۲٪ linier). دلیل این امر این است که معمولاً درجات خاکستری ابتدایی و انتهایی

هیستوگرام از لحاظ ارزش و تعداد شبیه به هم بوده و می‌توان آنها را یکسان فرض کرد. با یکسان در نظر گرفتن این درجات می‌توان از کنتراست بیشتری برخوردار شد [۴۵].

۳-۱۰-۳- فیلترگذاری

عمل پردازشی که با استفاده از آن برخی درجه‌های روشنایی مشخص برای ایجاد یک تصویر به کار برده می‌شوند، را اصطلاحاً فیلتر کردن گویند. در واقع فیلتر کردن نوعی تغییر ارزش طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل نسبت به پیکسل‌های همسایه‌اش تغییر می‌کند و تصویر جدیدی می‌سازد که تباین آن می‌تواند با تصویر اصلی متفاوت باشد [۴۷]. در بعضی از تبدیلات مقدار یک پیکسل در تصویر خروجی فقط به مقدار همان پیکسل در تصویر ورودی و عملکرد تابع اعمال شده بستگی دارد، که به این تبدیلات، تبدیلات نقطه‌ای^۱ می‌گویند. انواع روش‌های بارزسازی تصویر از نمونه‌های تبدیلات نقطه‌ای می‌باشند [۳۴]. دسته‌ای دیگر از تبدیلات وجود دارند که در آنها مقدار یک پیکسل در تصویر خروجی به مقدار پیکسل در تصویر ورودی به همراه مقادیر پیکسل‌های همسایه‌اش بستگی دارد. این گونه تبدیلات را تبدیلات همسایگی^۲ می‌نامند. فیلترها از نمونه‌های تبدیلات همسایگی می‌باشند [۱۱].



شکل ۳-۶: تبدیل نقطه‌ای و تبدیل همسایگی [۱۱]

۱ Point Transformations

۲ Neighborhood Transformations

برای اعمال فیلتر بر روی یک تصویر، یک جعبه فیلتر یا پنجره فیلتر^۱ در نظر گرفته می‌شود (در اندازه‌های ۳×۳، ۵×۵ و ۷×۷ و غیره) که ماتریسی از ضرایب (یا وزن‌ها) می‌باشد. این جعبه فیلتر بر روی تمام تصویر حرکت می‌کند و تصویر جدید را به وجود می‌آورد. مقدار هر پیکسل در تصویر خروجی با قرار دادن پنجره روی پیکسل متناظر در تصویر ورودی و ضرب کردن مقادیر تمام پیکسل‌های زیر پنجره در وزن متناسب و حاصل جمع آن به دست می‌آید. فیلترها را از نقطه نظر نوع اطلاعاتی که از خود عبور می‌دهند به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

۱- فیلترهای پایین‌گذر^۲

۲- فیلترهای بالاگذر^۳

۳- فیلترهای باندگذر^۴

فیلترهای بالاگذر پیکسل‌هایی که دارای تغییرات ناگهانی (و یا با فرکانس بالا) نسبت به همسایگان خود هستند را اجازه عبور می‌دهد و برعکس تغییرات با فرکانس کم از فیلترهای پایین‌گذر عبور می‌کنند. از نمونه فیلترهای بالاگذر فیلترهای تشخیص لبه و از نمونه فیلترهای پایین‌گذر، فیلتر میانگین را می‌توان نام برد [۱۱].

استفاده از فیلتر پایین‌گذر یا فیلتر هموارکننده، موجب انتقال میزان بیشتری از درجه روشنایی پایین به صفحه نمایش می‌شود. با استفاده از فیلتر پایین‌گذر، دامنه طیفی شکل کاهش می‌یابد و شکلی با جزئیات تقریباً یکنواخت به وجود می‌آید. فیلترهای پایین‌گذر برای حذف نویز در تصویر که سبب به وجود آمدن پدیده‌های ساختگی ناخواسته در تصویر می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک نوع دیگر فیلتر، فیلتر میان‌گذر (باندگذر) است که معمولاً نسبت به فیلترهای پایین‌گذر و بالاگذر استفاده کمتری دارد. اجرای این فیلتر سبب انتقال میزان بیشتری از درجه‌های روشنایی خاص می‌شود. البته تعیین محدوده درجه روشنایی بر اساس هدف تحقیق و نوع آن صورت می‌گیرد.

1 Window Filter
2 Low Pass Filter
3 High Pass Filter
4 Band Pass Filter

۳-۱۰-۴- محاسبات تصویری^۱

به مجموعه عملیات و محاسباتی گفته می‌شود که روی چند باند انجام شده و نتیجه آنها یک تصویر خواهد بود. قبل از انجام محاسبات، تمامی باندها از لحاظ رادیومتریکی باید تصحیح شده باشند. از مهمترین عملیاتی که روی تصاویر اعمال می‌شوند عبارتند از: تفریق، تقسیم، جمع، ضرب، و فرمول‌های مرکب [۱۱]. در اینجا به دلیل اهمیت زیاد تفریق و تقسیم به توضیح این دو مورد پرداخته خواهد شد.

۳-۱۰-۴-۱- تفریق تصاویر^۲

یکی از راه‌های کشف تغییرات^۳ تفریق تصاویر می‌باشد که بر روی تصویر هم مرجع شده^۴ مربوط به یک منطقه در دو زمان متفاوت انجام می‌شود. نتیجه این عمل یک تصویر تفاضل است که مقادیر ماکزیمم و مینیمم محتمل آن به صورت استاندارد ($0 < X < 255$) نیست. باید در این موارد آنها را به فرم اصلی تصاویر تبدیل نمود. یکی از ساده‌ترین راه‌ها اضافه نمودن مقدار ۲۵۵ و میانگین‌گیری از مقدار حاصله است.

$$G_{diff}(i, j) = [255 + G_1(i, j) - G_2(i, j)] / 2 \quad (3-3)$$

$G_1(i, j)$: تصویر اول از یک منطقه مشخص

$G_2(i, j)$: تصویر دوم از همان منطقه با گذشت زمان معین

به این ترتیب مقادیر پیکسل‌های تصویر تفاضل در دامنه ۰ تا ۲۵۵ قرار خواهند گرفت.

۳-۱۰-۴-۲- تقسیم تصاویر^۵

تقسیم مقادیر درجه روشنایی یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را، نسبت‌گیری طیفی گویند [۴۷]. نسبت‌گیری طیفی برای متمایز ساختن تغییراتی که توسط تغییرات روشنایی^۱ در

۱ Image Arithmetic Operations

۲ Image Subtraction

۳ Change Detection

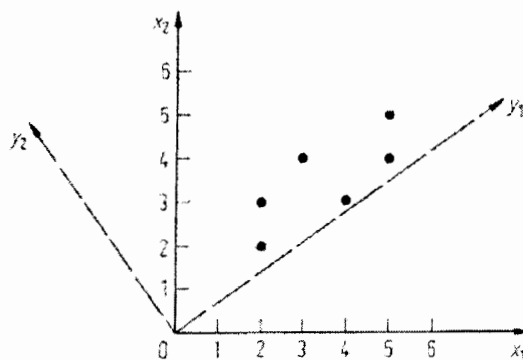
۴ Co-Registered

۵ Ratioing

تک باندها ممکن نیست، به کار می‌رود. علت اینکه با این عمل بسیاری از پدیده‌ها که در حالت تک‌باندی قابل تفکیک نیستند را می‌توان متمایز ساخت، این است که نسبت‌گیری، تغییرات شیب منحنی بازتاب طیفی بین دو باند را به تصویر می‌کشد. این شیب‌های منحنی بسته به وضعیت منطقه و باندهای مختلف، متفاوت است. مهمترین فایده نسبت‌گیری، ایجاد تصاویر کاملاً مستقل از شرایط درجات روشنایی است و بدین ترتیب تصویر نسبت‌گیری به طور معنی‌داری آثار پستی و بلندی را کاهش می‌دهد [۱۲ و ۴۷].

۳-۱۰-۵- تبدیل مؤلفه‌های اصلی^۲

تبدیل مؤلفه اصلی، وسیله باارزشی برای تراکم داده‌ها و تولید مجموعه‌ای از تصاویر ناهمبسته از مجموعه داده‌هایی است که در ابتدا بسیار همبسته بوده‌اند [۱۲]. وابستگی باندها باعث ازدیاد اطلاعات وابسته و تکراری و بالا رفتن زمان پردازش و پایین آمدن دقت پردازش می‌شود [۳۸]. در انجام تبدیل مؤلفه‌های اصلی، تلاش برای ایجاد دسته داده جدیدی است که در آن همبستگی میان داده‌ها حداقل باشد و یا به عبارت دیگر ماتریس کواریانس داده‌های جدید قطری باشد. هدف از آنالیز مؤلفه‌های اصلی تعیین ضرایب شاخص موقعیت محورهایی که دلالت بر وجود حداکثر تغییرپذیری را دارند و فاقد همبستگی هستند، می‌باشد. با استفاده از این روش چرخش در جهت محور مختصات به وجود می‌آید و محورهای جدید در جهتی که بیشترین واریانس ارزش‌های طیفی را دارند، ایجاد می‌شوند.



شکل ۳-۷: اعمال یک تبدیل به داده‌های اصلی (X) برای کاهش و حذف همبستگی میان داده‌ها (Y)

۱ Brightness variation

۲ Principal Component Transformation

۳-۱۱- طبقه‌بندی

در طبقه‌بندی اطلاعات سعی می‌شود که با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، ارزش‌های طیفی پیکسل‌های تصویر با نمونه‌های آموزشی مقایسه شود و پیکسل‌ها در طبقات قابل تفکیک قرار داده شوند. با توجه به این که هدف اصلی فناوری سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی است، بنابراین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مهمترین مرحله تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای محسوب می‌گردد. طبقه‌بندی در واقع کاربرد خواص طیفی یا مکانی تصویر رقمی، برای تقسیم‌بندی جزئی‌تر تصویر به رده‌های معنی‌دار با انواع مختلف پوشش است. بیشتر رده‌بندی‌کننده‌های رایج فقط بر اساس رنگ کار می‌کنند چراکه عملکرد آنها بر روی مقادیر منفرد پیکسل در هر طول موج است. هر پیکسل بسته به خواص طیفی آن بدون در نظر گرفتن پیکسل‌های پیرامون، به یک رده، سیما یا نوعی پوشش تخصیص داده می‌شود [۱۲].

۳-۱۲- روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده

روش‌های طبقه‌بندی را بر این اساس که آیا از اطلاعات غیرتصویری نیز برای آنالیز تصویر کمک می‌گیرند و یا منحصراً طبقه‌بندی را بر اساس داده‌های تصویر انجام می‌دهند، به روش‌های نظارت‌شده و نظارت‌نشده تقسیم می‌کنند. در حقیقت تفاوت این دو روش در این نکته است که آیا کاربر قبل از طبقه‌بندی نیز دخالتی در فرآیند برچسب‌دهی دارد و یا خیر؟. در صورت جواب مثبت، طبقه‌بندی جزء روش‌های نظارت‌شده و در غیر این صورت، طبقه‌بندی جزء روش‌های نظارت‌نشده قرار می‌گیرد. در ادامه جزییات هر کدام از این روش‌ها ذکر خواهد گردید.

۳-۱۲-۱- روش طبقه‌بندی نظارت نشده

در روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده از مناطق آموزشی به عنوان مبنای طبقه‌بندی استفاده نمی‌شود، به عبارتی در این روش خوشه‌های^۱ حاصل بر اساس تشابه طیفی پیکسل‌ها ایجاد می‌شود، بنابراین نتایج حاصله نیاز به استفاده از اطلاعات جنبی و تکمیلی برای تفسیر و شناسایی دارد. برخی

1 Cluster

معتقدند روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده برای درک بهتر و شناخت اجمالی پدیده‌ها (به ویژه قبل از عملیات صحرایی برای طبقه‌بندی نظارت‌شده) مفید است. در این روش انتخاب تعداد کلاس‌ها برای طبقه‌بندی اهمیت زیادی دارد و بدیهی است که تعیین تعداد کلاس‌های طیفی مطلوب، بستگی به شناخت مفسر از منطقه مورد مطالعه، وضعیت بازتاب‌های طیفی و تجربه او دارد. بنابراین از این روش در حد شناخت کلی از منطقه و بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها استفاده می‌شود و می‌تواند مبنای خوبی برای طبقه‌بندی نظارت‌شده باشد [۳۶].

۳-۱۲-۲- روش طبقه‌بندی نظارت شده

به روش‌های طبقه‌بندی که علاوه بر تصاویر ورودی نیاز به یک سری اطلاعات خارجی در مورد منطقه و کلاس‌های مورد نظر داشته و دخالت عامل انسانی در آنها یک امر اجتناب‌ناپذیر است، طبقه‌بندی نظارت‌شده گویند. معمولاً این اطلاعات جانبی به صورت یک سری پیکسل معلوم برای هر کلاس می‌باشد که به الگوریتم معرفی می‌شوند. الگوریتم طبقه‌بندی با استفاده از این پیکسل‌های معلوم در مورد مابقی پیکسل‌های تصویر تصمیم‌گیری می‌کند. پیکسل‌های معلوم به آن دسته از پیکسل‌هایی گفته می‌شود که منتسب به یک کلاس مشخص در منطقه هستند. این دسته از پیکسل‌ها از طریق بازدید زمینی، نقشه‌های موجود و یا دیگر مدارک و اطلاعات درباره منطقه تعیین می‌شوند. این پیکسل‌های معلوم در مرحله‌ای به نام مرحله تمرینی توسط عامل به نرم‌افزار معرفی می‌شوند [۹ و ۱۱].

۳-۱۲-۲-۱- عملیات میدانی و انتخاب مناطق آموزشی نمونه

نمونه‌برداری برای عملیات طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور، بستگی به عملیات میدانی مؤثر و جمع‌آوری اطلاعات دقیق و مفید دارد. عملیات میدانی معمولاً وقت‌گیر و پرهزینه است. بنابراین همواره باید دقت و ملاحظات کافی را در زمان نمونه‌برداری در نظر گرفت و از تمامی اطلاعات جنبی و حتی اطلاعات افراد محلی و بومی نیز نهایت بهره‌برداری را نمود. بهتر است در زمان انجام عملیات

صحرائی و انتخاب محل‌های نمونه‌برداری، از تفسیر چشمی نیز بهره جست و محل دقیق نمونه‌برداری را با روش‌های تعیین موقعیت جهانی^۱ (GPS) تعیین کرد [۹].

۳-۱۲-۲-۲- مرحله تمرینی^۲

مرحله تمرینی، مرحله مهم و در عین حال زمان‌بر و سخت در طبقه‌بندی می‌باشد. در حقیقت داده‌هایی که از این مرحله بیرون می‌آیند در هدایت طبقه‌بندی جهت تولید نقشه نهایی نقش مستقیم دارند. بنابراین باید به تمامی مواردی که در این مرحله باعث ورود خطا به طبقه‌بندی می‌شوند، توجه نمود. عواملی که در مراحل تمرینی اثر گذارند عبارتند از: همپوشانی طیفی عوارض، وضعیت هندسی عوارض، روش نمونه‌برداری، مرجع داده‌های نمونه‌گیری، اثر عامل انسانی و ...

همپوشانی و یا شباهت طیفی عوارض همیشه مشکل عمده‌ای در طبقه‌بندی است که باعث می‌شود تا دقت نتایج پایین آید. شباهت طیفی عوارض به خوبی در ترکیب‌های رنگی ایجاد شده مشهود است و گاه دو یا چند کلاس کاملاً با هم مخلوط شده، قابل تشخیص نمی‌باشند. برای اجتناب از این مسئله و کم کردن اثر آن در مرحله تمرینی، باید از داده‌های مرجع مناسب و مطمئن استفاده نمود.

علاوه بر خواص طیفی، وضعیت هندسی عوارض نظیر اندازه، شکل و همسایگی‌ها نیز مهم بوده و می‌توانند نتایج را تحت تأثیر قرار دهند. عوارض کوچک و یا عوارضی که تشخیص آنها از لحاظ شکل روی تصویر مشکل است همیشه در مرحله تمرینی باعث دردسر می‌باشند. اینجا نیز تجربه عامل و همچنین در دست داشتن اطلاعات جانبی از منطقه و عوارض، در انجام هر چه بهتر مرحله تمرینی و غالب آمدن بر این گونه مشکلات یاری‌دهنده است. عوارضی که در همسایگی آنها عوارض مشخص وجود دارند راحت‌تر پیدا شده و در مرحله تمرینی به نحو بهتری قابل استفاده‌اند.

روش نمونه‌برداری نیز در تعیین دقیق‌تر پارامترهای آماری مؤثر است. روش نمونه‌برداری عملاً بیانگر تاکتیکی است که برای انتخاب نمونه‌ها به کار گرفته می‌شود. طبق تحقیقات به عمل آمده

۱ Global Positioning System

۲ Training Phase

بهترین روش نمونه‌گیری^۱ روش تصادفی ساده^۲ است که در آن به طور تصادفی از میان کل پیکسل‌های معلوم تعدادی پیکسل به طور مجزا و تصادفی برای کلاس‌ها انتخاب می‌شوند [۳۸]. در استفاده از روش‌های نمونه‌برداری باید توجه داشت تنها پیکسل‌هایی انتخاب شوند که از تعلق آنها به کلاس خاص اطمینان وجود دارد. علاوه بر این پیکسل‌های انتخاب شده باید نمونه‌ای جامع از کل پیکسل‌های متعلق به یک کلاس باشند. به این معنی که پارامترهای آماری (و غیر آماری) محاسبه شده از پیکسل‌های نمونه، باید به گونه‌ای دقیق باشند که بتوان آنها را برآوردی دقیق از پارامترهای کل پیکسل‌های آن کلاس در منطقه دانست. داده‌های مرجع برای نمونه‌برداری معمولاً از سه طریق به دست می‌آیند که عبارتند از: نقشه‌های موجود منطقه، تفسیر تصاویر موجود و بازدید زمینی.

۳-۱۳- الگوریتم‌های طبقه‌بندی

۳-۱۳-۱- الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده

۳-۱۳-۱-۱- طبقه‌بندی کوتاه‌ترین فاصله^۳

اساس روش طبقه‌بندی کوتاه‌ترین فاصله بر محاسبه بردار میانگین هر کلاس (مقادیر میانگین در تمام باندها) و محاسبه فاصله پیکسل نامعلوم تا این میانگین‌ها در فضای چندطیفی می‌باشد. کلاسی که میانگین مقادیر آن کمترین فاصله را با پیکسل دلخواه داشته باشد به پیکسل نسبت داده خواهد شد. در این روش هر کلاس با بردار میانگین مقادیر پیکسل‌های معلوم آن شناخته می‌شود [۱۱ و ۳۸].

۳-۱۳-۱-۲- طبقه‌بندی بیشترین شباهت (حداکثر احتمال)^۴

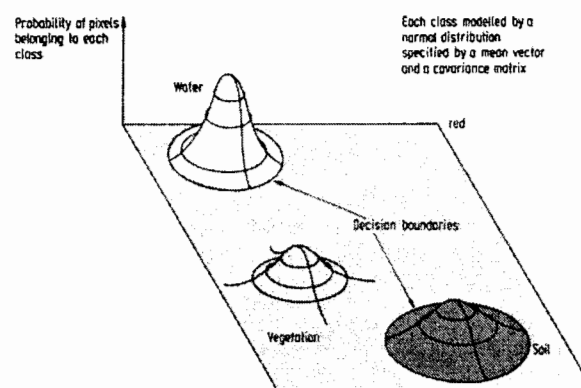
از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش ذکر شده است [۳۶]. روش حداکثر احتمال، واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای این کار فرض می‌شود همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد

1 Sampling Schema
2 Simple Random Sampling
3 Minimum distance
4 Maximum Likelihood

نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد. برای مثال اگر ۲۰ نمونه انتخاب کنیم، ممکن است معرف کامل آن کلاس نباشد ولی اگر ۱۰۰ نمونه انتخاب شود، بهتر معرف کلاس مورد نظر خواهد بود [۱۱]. بنابراین شرط توزیع نرمال در روش حداکثر احتمال اهمیت خاصی دارد (شکل ۳-۸). توزیع نرمال^۱ به صورت زنگوله‌ای است که در آن میانگین، میانه و نما مقادیر برابر دارند [۹].

روش طبقه‌بندی به صورت حداکثر احتمال طی سه مرحله زیر صورت می‌گیرد:

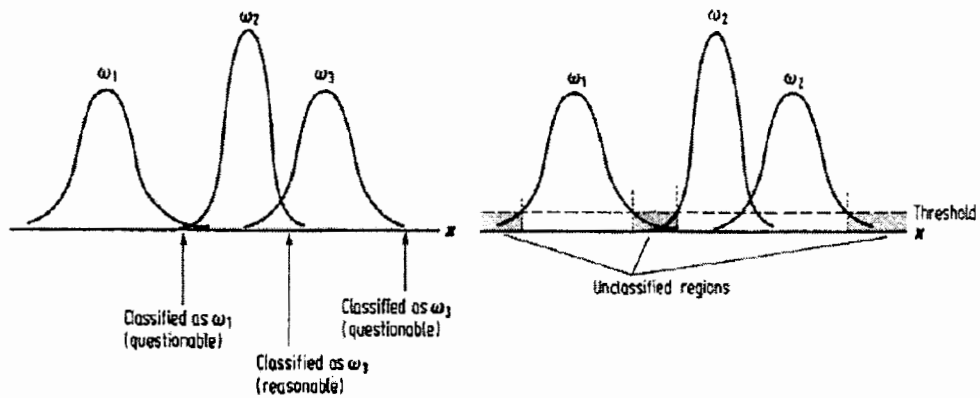
- ۱) محاسبه بردار میانگین، واریانس و همبستگی برای کلاس‌ها در نمونه‌های آموزشی
- ۲) لحاظ کردن پراکندگی پیکسل‌های اطراف بردار میانگین از طریق تابع احتمالات
- ۳) معرفی کل داده‌ها به کلاس‌هایی که حداکثر احتمال عضویت در آن کلاس را داشته باشند.



شکل ۳-۸: توزیع نرمال چند بعدی [۴۵]

استفاده از حد آستانه در مواردی که داده‌های معلوم کافی برای مرحله تمرینی وجود ندارد نیز می‌تواند مؤثر بوده و از بروز خطا جلوگیری نماید. حد آستانه می‌تواند ثابت باشد و یا برای هر کلاس به طور جداگانه تعریف شود [۴۵]. در صورت استفاده از حد آستانه تعدادی از پیکسل‌ها بدون برچسب رها می‌شوند که معمولاً در مجموعه عملیات‌های پس‌پردازش این پیکسل‌های نامعلوم برچسب‌دهی خواهند شد.

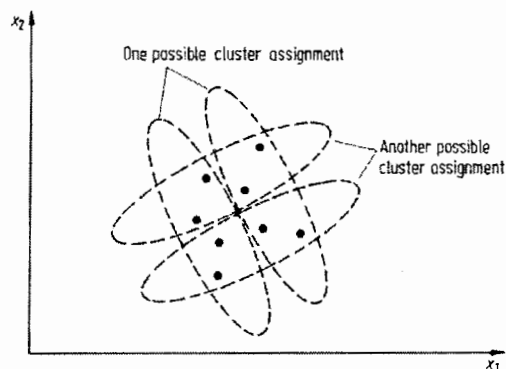
1 Normal distribution



شکل ۳-۹: اثر اعمال حد آستانه [۴۵]

۳-۱۳-۲- الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده

خوشه‌بندی را می‌توان دسته‌بندی پیکسل‌ها در فضای چندطیفی تعریف نمود. این دسته‌بندی بر اساس شباهت طیفی پیکسل‌ها انجام می‌گیرد و در نتیجه پیکسل‌هایی که در یک دسته قرار می‌گیرند از لحاظ طیفی شبیه می‌باشند. برای برآورد این رابطه شباهت نیاز به یک سری معیارهای اندازه‌گیری شباهت است که معمول‌ترین آنها بر اساس محاسبه فاصله پیکسل‌ها در فضای چندطیفی است. معیار دیگری که برای کنترل کیفیت یک خوشه‌بندی به کار می‌رود میزان ناهمگونی دسته‌ها است که با مقایسه میانگین دسته‌ها با میانگین کل داده‌ها و محاسبه ماتریس کواریانس متوسط دسته‌ها به دست می‌آید [۴۵].



شکل ۳-۱۰: دو نوع دسته‌بندی قابل قبول برای یک دسته داده

۳-۱۳-۲-۱- روش Iso Data Clustering

این روش که به میانگین‌های متغیر^۱ نیز مشهور است بر اساس تصحیح تکراری انتساب برچسب‌ها عمل می‌کند. به این صورت که ابتدا پیکسل‌ها را در تعدادی دسته مشخص دسته‌بندی می‌کند. سپس پیکسل‌ها از یک دسته به دسته دیگر جابجا می‌شوند. تا جایی که جابجایی‌ها تغییر محسوسی در دسته‌های ایجاد شده ایجاد نکند [۳۸]. در این روش فقط کافی است که کاربر تعداد کلاس‌ها را به طبقه‌بندی کننده معرفی کند.

۳-۱۳-۲-۲- روش K Means Clustering

این روش یک تفاوت جزئی با روش Iso Data Clustering دارد. پس از معرفی تعداد دسته‌ها، مراکز اولیه دسته انتخاب می‌شوند و برچسب‌دهی پیکسل‌ها آغاز می‌شود. اولین پیکسل پس از بررسی به نزدیک‌ترین دسته انتساب می‌یابد. اختلاف این روش با روش قبلی در همین جا بروز می‌کند. به این صورت که پس از انتساب پیکسل به دسته، مرکز جدید دسته محاسبه می‌شود. حال یک پیکسل دیگر در نظر گرفته شده و همه مراحل برای آن تکرار می‌شود. این عملیات تا خوشه‌بندی تمام تصویر ادامه می‌یابد [۱۱].

۳-۱۴- پس پردازش‌های طبقه‌بندی

معمولاً نتایج طبقه‌بندی به طور خام نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به پردازش‌هایی به منظور آماده‌سازی این داده‌ها، برای اهداف بعدی و نزدیک شدن به شکل نهایی دلخواه وجود دارد. یکی از اعمالی که معمولاً پس از طبقه‌بندی انجام می‌شود ترکیب کلاس‌های مختلف و تولید یک نقشه جدید است. عملیاتی نظیر انتخاب‌ها، برداری نمودن، ترکیب با اطلاعات و داده‌های دیگر، مقیاس‌گذاری، تعیین و تغییر سیستم مختصات، درج اطلاعات جانبی و... را می‌توان از جمله عملیات پس‌پردازش طبقه‌بندی عنوان کرد.

1 Migrating Means

فصل چهارم

مشخصات ذخائر فلورین منطقه

از نظر

زمین‌شناسی، کانی‌شناسی

و زمین‌شناسی اقتصادی

۴-۱- مقدمه

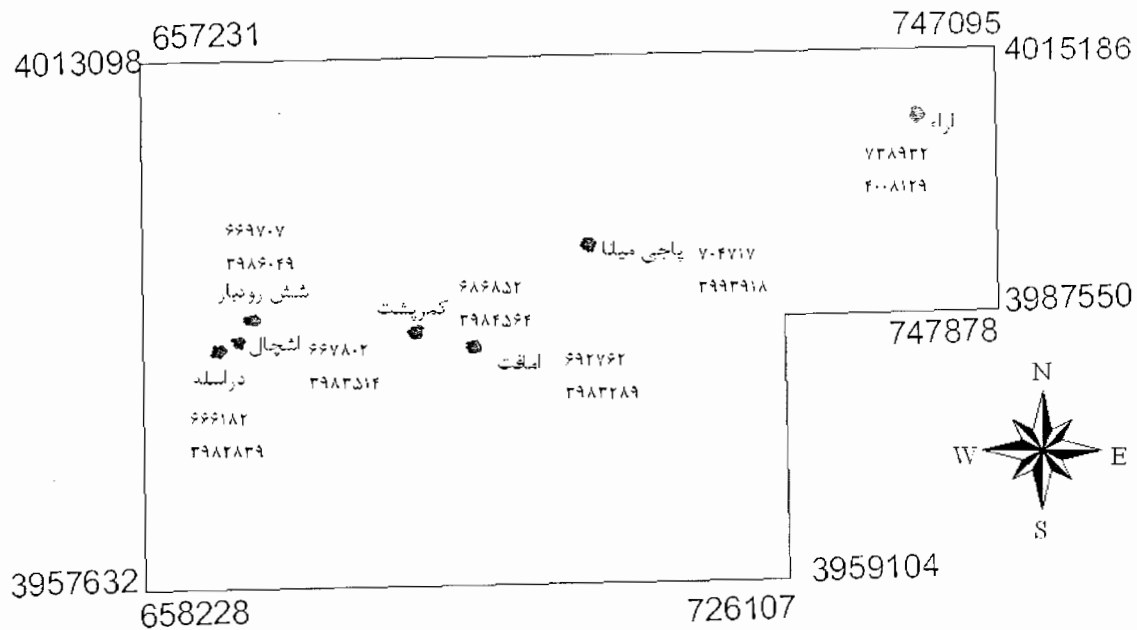
هدف از مطالعه در فصل حاضر بررسی مشخصات توصیفی ذخایر فلورین منطقه به عنوان یک معیار اکتشافی برای شناسایی ذخایر جدید می‌باشد. در ادامه مهمترین نشانه‌ها و اندیس‌های شناخته شده فلورین مورد بررسی قرار می‌گیرند تا از تلفیق نتایج به دست آمده از آنها بتوان به یک مدل توصیفی دست یافت و سپس نقاطی را جستجو نمود که شرایط موجود در مدل توصیفی (مدل هدف) در آنها صدق می‌کند.

۴-۲- اندیس‌های فلورین منطقه مورد مطالعه

در این مرحله با بازدید از اندیس‌های شناخته شده در منطقه، اقدام به برداشت مشخصات و نیز مختصات دقیق آنها گردید. مهمترین نشانه‌ها و اندیس‌های شناخته شده فلورین در منطقه مورد مطالعه که در مدل‌سازی از آنها استفاده شده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

معادن اراء، پاچی میانا، امافت، کم‌ریش، شش رودبار، اشچال، دراسله

برخی از اندیس‌های فوق نزدیک به هم در اطراف روستاها قرار دارند که گاهی اسم‌های مشابه‌ای برای آنها به کار می‌رود. اندیس‌های دیگری نیز در منطقه وجود دارد ولی به جهت غیراقتصادی بودن اندیس‌های فوق فقط از اندیس‌های اقتصادی به عنوان الگو در مدل‌سازی استفاده خواهد شد. شکل ۵-۱ به عنوان یک شاهد بیانگر موقعیت مکانی معادن موجود در منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۱: موقعیت مکانی معادن فلورین موجود در منطقه به همراه مختصات *UTM* آنها

۴-۳- منشأ کانسارهای فلورین منطقه

در خصوص منشأ تشکیل فلورین در منطقه، نظریات مختلفی مطرح است. بنابراین با توجه به شواهد صحرایی و آزمایشگاهی، رگه‌های معدنی فلورین در محدوده مطالعاتی می‌تواند به دو صورت زیر منشأ گرفته باشد [۱۵].

در نظریه اول منشأ رگه‌های فلورین از جریان‌های گرمایی (هیدروترمال) در نظر گرفته می‌شود به طوری که محلول‌های هیدروترمال حاوی *HF* در برخورد با آهک‌های دولومیتی بخش بالایی سازند الیکا، باعث تشکیل فلورین می‌شود. در صورتی که این نظریه صحت داشته باشد باید منشأ این محلول‌های هیدروترمال مشخص شود. به طور کلی محلول‌های هیدروترمال از فاز تأخیری فعالیت‌های ماگماتیسم سرچشمه می‌گیرند. در محدوده مطالعاتی می‌توان منشأ محلول‌های هیدروترمال را به فاز تأخیری ولکانیسم تریاس پایانی در طی فاز کششی بعد از فاز کمپرسیونی کیمرین پیشین نسبت داد. در ضمن کانسارهای فلورین با منشأ هیدروترمال اکثراً با سنگ‌های آذرین اسیدی به ویژه نوع آلکالن

در ارتباط است و در منطقه مورد مطالعه اینگونه سنگ‌های آذرین برونزد ندارند. البته پدیده دولومیتیزاسیونی که در آهک‌های دولومیتی بخش بالایی سازند الیکا در محدوده مطالعاتی، صورت گرفته و در مقاطع میکروسکوپی مشهود می‌باشد، نظریه منشأ هیدروترمال فلورین محدوده را قوت می‌بخشد [۱۵].

نظریه دوم منشأ فلورین را رسوبی در نظر می‌گیرد و آن را در ارتباط با فعالیت متناوب و ضربانی قبل و یا هم‌زمان آتشفشانی در تریاس بالایی می‌داند که باعث غنی شدن آب دریای تریاس از فلئور و دیگر عناصر فلزی و تشکیل فلورین به صورت نودول و گرهک‌هایی در آهک‌های دولومیتی سازند الیکا شده است. در صورتی که این نظریه صحت داشته باشد تمرکز مواد معدنی باید هم به صورت اولیه و هم به صورت ثانویه در محدوده مطالعاتی دیده شوند. بنابراین نظریه تمرکز اولیه فلورین به صورت عدسی‌ها و لایه‌های دیاژنتیک در بخش فوقانی سازند الیکا (تریاس میانی) و تمرکز ثانویه آن ناشی از متحرک شدن و شستشوی ثانویه از سنگ درونگیر و انباشته شدن در شکستگی‌ها و گسل‌های ناحیه می‌باشد [۲۶].

۴-۴- مشخصات کانسارهای فلورین شناخته‌شده در منطقه

به طور کلی کانسارهای فلورین در البرز مرکزی در آهک‌های دولومیتی بخش فوقانی سازند الیکا با سن تریاس میانی جایگزین شده‌اند. در این کانسارها فلورین به صورت تمرکزهای اولیه و ثانویه در آهک‌های دولومیتی سازند الیکا دیده شده‌اند. تمرکزهای اولیه به صورت نودول‌ها و گرهک‌ها و تمرکزهای ثانویه به صورت رگه و رگچه‌ها در شکستگی و درزه‌های موجود در سنگ دربرگیرنده و نیز در فضاهای ایجاد شده به صورت کارستیک انباشته شده‌اند. روند این رگه‌های معدنی از سیستم درزه و شکاف‌های موجود در سنگ دربرگیرنده تبعیت می‌کند. در منطقه البرز مرکزی کانسارهای فلورین متعددی وجود دارد که در ادامه به بررسی وضعیت و مشخصات مهمترین آنها پرداخته خواهد شد.

۴-۴-۱- معدن آراء

سنگ میزبان فلورین در این منطقه غالباً دولومیتی بوده و شکستگی‌های فراوانی در آن مشاهده می‌گردد. میکروگسل‌ها و تخلخل از نوع شکستگی در این سنگ‌ها دیده می‌شود. کانی‌زایی در این کانسار حدود ۲ کیلومتر طول داشته و به صورت نوار باریکی با زون راندگی منطقه در حد فاصل الیکا- شمشک منطبق است. در این منطقه کانی‌سازی محدود به بالاترین لایه‌های الیکا است. منطقه آراء متحمل دگرشکلی‌های تکتونیکی شدیدی شده است [۲۱]. فلورین کانی اصلی بوده و به همراه گالن اقتصادی‌ترین کانی‌های این کانسار را تشکیل می‌دهند. با توجه به حضور کانی کوارتز و کائولینیت در تمامی نمونه‌های برداشت شده از این معدن می‌توان گفت که سیلیسی شدن به طور گسترده‌ای در این کانسار اتفاق افتاده است.

۴-۴-۲- معدن پاچی میانا

کانی‌های عمده این کانسار فلورین، باریت و گالن است و به همراه آنها کانی‌های کلسیت و کوارتز و مقادیر جزئی پیریت و اسفالریت نیز مشاهده می‌شود. از دیگر کانی‌های مشاهده شده، اسمیت زونیت می‌باشد که در بعضی نقاط به طور اقتصادی تجمع پیدا کرده است. این کانسار از نوع هیدروترمال بوده و ماده معدنی در طول حدود ۵۰۰ متر با ضخامت‌های متغیر دیده می‌شود که ۷۰٪ آن فلورین است. سنگ میزبان آن میکرایت توده‌ای می‌باشد که در نقاط مختلف به صورت رخساره آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی ظاهر شده است. ولی وابستگی اصلی آن با رخساره آهک سیلیسی می‌باشد [۴، ۱۴ و ۲۱]. کانی‌زایی هم به صورت گسلی و هم به شکل عدسی‌های بزرگ تشکیل گردیده است. بزرگترین عدسی فلورین (گالن-باریت) هم شیب با لایه‌های سنگ میزبان در این کانسار شناسایی شده است. مطالعات نشان می‌دهد که کانی‌سازی فلورین به رخساره‌های رسوبی

خاص وابسته می‌باشد در واقع هر جا که آهک سیلیسی، آهک دولومیتی و آهک میکرایتی وجود دارد ماده معدنی بیشتر انباشته شده است. ماده معدنی در سنگ میزبان به صورت لایه‌ای و انتشاری تشکیل گردیده است. ویژگی‌های اصلی کانی‌سازی در این معدن به شرح زیر است:

- کانی‌سازی اولیه با گسلی در ارتباط نیست بلکه به افق‌ها و لایه‌های خاص وابسته است.

- کانی‌سازی با توده نفوذی وابستگی ندارد.

- کانی‌سازی در مرحله دیاژنز تشکیل گردید [۴، ۱۴ و ۲۱].

۴-۴-۳- معدن امافت

سنگ میزبان این کانسار سازند تیزکوه با سن کرتاسه بالایی بوده که در مجموعه کانسارهای فلورین شرق البرز مرکزی یک استثناء به شمار می‌رود. ناودیس بزرگ امافت تحت تأثیر گسل‌های اطراف حالت خمیده به خود گرفته و در راستای محور ناودیس به شدت خرد گردیده است. این درزه و شکاف توسط محلول هیدروترمال از فلورین خالص پر شده است. سنگ میزبان شامل لایه‌های متوسط تا نازک بخش پایینی تا کربنات‌های ضخیم لایه بالای تیزکوه می‌باشد. مطالعه تیغه‌های نازک حاکی از این است سنگ میزبان در تماس با سیال کانه‌ساز به شدت دولومیتی شده است. علاوه بر این در اثر گسل‌های چپ‌گرد که در دو طرف ناودیس امافت عمل کرده‌اند، به نظر می‌رسد که این ناودیس به شدت خم گردیده است و دارای محورهای متعددی است یعنی از چندین ناودیس با محورهای کم و بیش منطبق تشکیل شده است. حداقل دو ناودیس در این منطقه قابل تشخیص است که محورهای آن به طور کامل بر هم منطبق نیستند. در اثر وجود نیروی فشاری زیاد، شکستگی‌ها و گسل‌های متقاطع با محور ناودیس در منطقه به وجود آمده که غالباً از فلورین پر شده‌اند. اصلی‌ترین کانی‌های این کانسار فلورین، کوارتز، دولومیت و کلسیت می‌باشد. بر اساس کانی‌شناسی می‌توان گفت که امافت

یک کانسار فلورین خالص است که با استفاده از میکروسکوپ فقط چند کانی از پیریت در آن مشاهده شده است. البته معدن کاری هنوز سطحی و به اعماق کشیده نشده بنابراین ممکن است در افق‌های پایین‌تر حاوی باریت، اسفالریت و گالن باشد. همین‌طور کوارتز و دولومیت در تمامی نمونه‌ها آشکار شده است که بیانگر آلتراسیون‌های دولومیتی و سیلیسی است [۱۷ و ۲۱].

۴-۴-۴- معدن کمرپشت

سنگ‌های بازالتی با سن تریاس بالایی - ژوراسیک پایین، الیکا را می‌پوشاند. سنگ میزبان این کانسار کلسیت روشن کریستاله بوده که به طور عمده به دولومیکرایت و یا دولومیت تغییر یافته است. دولومیت‌های پرکننده حفرات از نوع مسطح شکل‌دار و نیمه شکل‌دار هستند. اکسیدهای آهن رنگ سنگ را غالباً متأثر کرده‌اند. سیلیسی شدن در برخی نقاط باعث تبدیل سنگ میزبان به چرت شده است. با توجه به مطالعات انجام شده دو نوع کانی‌سازی در مقیاس رخنمون در این کانسار شناسایی شده است.

نوع اول به صورت عدسی‌های کوچک تا متوسط (به طول یک تا بیشتر از ۱۰ متر) که از ذخیره زیادی برخوردار نیستند. بعضی از این عدسی‌ها از فلورین و بعضی از باریت غنی هستند. آلتراسیون ضعیف و بیشتر شامل سیلیسی شدن و دولومیتی شدن می‌باشد و از پارائنز ساده‌ای به مانند دیگر کانسارهای منطقه برخوردار می‌باشد. این عدسی‌ها عموماً با لایه‌های دربرگیرنده هم شیب می‌باشند.

نوع دوم که ذخیره اصلی فلورین را شامل می‌شود در زون گسلی تشکیل گردیده که غالباً در بخش‌های جنوبی معدن در طول یک گسل با روند تقریباً شرقی - غربی قرار دارند. کانی‌شناسی در اینجا پیچیده‌تر است و شامل فلورین، باریت، گالن، سلسنتین و کوارتز به صورت کانی اصلی و پیریت، کالکوپیریت، تتراهیدریت به عنوان کانی‌های فرعی می‌باشد. شدیدترین و گسترده‌ترین هاله

آلتراسیون در تمامی کانسارهای شرق البرز مرکزی در این کانسار اتفاق افتاده که پیدایش کانی‌های آاناتاز، ناتروآلونیت، مسکویت و ایلیت از ویژگی‌های آن است. آلونیت‌ها با توجه به حجم زیاد، احتمالاً اقتصادی هستند [۲۱]. این نوع آلتراسیون در اثر تماس هیدروترمال با سنگ‌های آذرین آکالن به وجود می‌آید. به طور خلاصه باریت‌های رشته‌ای و آلتراسیون آلونیتی - کائولینیتی شدید، ویژگی متمایز کننده این کانسار با سایر کانسارها می‌باشد.

۴-۴-۵- معدن شش رودبار

تمرکز مواد معدنی در این منطقه به چند شکل و در طی چند مرحله به صورت زیر انجام شده است [۶، ۸ و ۲۱].

الف - تمرکز اولیه به صورت عدسی‌ها و لایه‌های دیاژنتیک که در پنج افق به شرح زیر دیده می‌شود.

- **افق یک:** این افق در ۱۴۰ متری زیر قاعده سازند پالند قرار گرفته و یک افق فرعی است. در این افق عدسی‌های ماده معدنی هم شیب لایه‌بندی بوده و شامل فلورین و باریت به طول حداکثر ۱/۵ تا ۲ متر می‌باشند و پاراژنز آنها شامل گالن، فلورین، باریت، هماتیت، کلسیت و همچنین کوارتز می‌باشد. ساخت و بافت کانه، رگچه‌ای، افشان، پرکننده فضای خالی، ژئودی، استیلولیتی و به شکل سیمان بین دانه‌ای است.

- **افق دو:** این افق در ۱۳۰ متری زیر قاعده سازند پالند قرار گرفته و یکی از افق‌های غربی است. پاراژنز عدسی‌های ماده معدنی که کوچکتر از عدسی‌های افق قبلی است شامل فلورین، اسفالریت، گالن، پیریت‌های اکسیده می‌باشد. بافت کانه به صورت دانه‌های پراکنده، رگه و رگچه می‌باشد. فلورین عموماً در داخل حفرات و به صورت بین دانه‌ای و افشان دیده می‌شود.

- **افق سه:** این افق در حدود ۹۰ متری زیر سازند پالند قرار می‌گیرد. در این افق عدسی‌های فلورین هم به لحاظ بزرگی و هم به لحاظ دانه‌بندی و مقدار بزرگتر می‌باشد. این عدسی‌ها شامل فلورین، اکسیدهای آهن به صورت سیمان، کلسیت و تجمع‌هائی از کوارتز هستند.

- **افق چهار:** این افق در حدود ۶۵ متری زیر قاعده سازند پالند قرار می‌گیرد. کانه‌ها در این افق شامل فلورین، گالن و همچنین پیریت به صورت سیمان و پرکننده فضای خالی و بین قطعات برشی می‌باشد.

- **افق پنج:** این افق در حدود ده متری زیر سازند پالند قرار می‌گیرد. میزان فلورین به طور معمول در عدسی‌های این افق از ۸۰ تا ۹۰ درصد متغیر می‌باشد. پاراژنز آنها عمدتاً باریت، فلورین و گالن می‌باشد.

ب- تمرکزهای درون حفرات کارستیک.

ج- **تمرکزهای درون شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه** که مربوط به متحرک شدن بعدی ماده معدنی و شستشوی ثانویه از سنگ درون‌گیر و تمرکز در فضاهای باز می‌باشد.

بررسی‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی آنالیزهای رخساره‌ای و مطالعات بافتی و سیالات درگیر، عمدتاً حاکی از تشکیل ماده معدنی همزمان با تکوین سنگ درون‌گیر و تمرکز آن به صورت دیاژنتیک می‌باشد. در ارتباط با منشأ فلورین و باریت و سایر فلزات همراه، با توجه به شواهد و آثار توف و خاکسترهای آتشفشانی موجود و شباهت‌های فراوان این معدن با معادن دیگر البرز مرکزی، می‌توان احتمال فعالیت و تظاهرات متناوب قبل و یا همزمان آتشفشانی در تریاس بالایی را در نظر گرفت. برای ارائه نظر قطعی در این مورد، نیاز به شواهد و اطلاعات بیشتر ژئوشیمیایی و ایزوتوپی می‌باشد.

کانی‌های مهم شامل اسپارایت، ژیپس، گالن و کانی‌های فرعی شامل کالکوپیریت، آزوریت، ملاکیت می‌باشند. سنگ میزبان این کانسار عمدتاً میکرایت است که به چرت با زمینه میکروکریستالین

تبدیل شده است. در بعضی نقاط پکستون کاملاً تحت تأثیر دیاژنز قرار گرفته، به طوری که آلوکم‌های آن از بین رفته‌اند.

در معدن شش رودبار که عملکرد گسل‌ها واضح‌تر و ارتباط آنها روشن‌تر است می‌توان درباره ارتباط بین تشکیل ماده معدنی و تکتونیک بیشتر بحث نمود. مطالعه سینه‌کارهای مختلف فلورین در این معدن اطلاعات زیر را ارائه می‌دهد [۶، ۸ و ۲۱].

- وجود خش‌لغز یا خطواره‌های ناشی از حرکت بلوک‌های گسلی روی ماده معدنی.
 - چین‌خوردگی در معدود شکاف‌ها و شکستگی‌های پر شده از فلورین.
 - احاطه شدن برش‌های گسلی به وسیله مواد معدنی فلورین و باریت.
 - تجمع ماده معدنی در یک سمت بلوک‌های گسلی در بعضی سینه‌کارها.
- بر پایه مشاهدات صحرائی، گسل احاطه کننده توده‌های الیکا در خود معدن و روبروی آن در حوالی روستای کاکران معکوس بوده و باعث شده توده‌های آهکی الیکا بر روی شیل‌های شمشک رانده شود. در بخش مرکزی این توده یک سری گسل‌های نرمال که حاوی ماده معدنی نیز می‌باشد، قرار گرفته که سیستم فرازمین - فروزمین را ایجاد نموده است. امتداد این گسل‌ها با امتداد گسل‌های معکوس زاویه می‌سازد. گسل‌های چپرک و هلی‌چالک در اصل تجمعی از شکستگی‌ها و گسل‌های مختلف می‌باشند که روی هم رفته بخش خردشده‌ای را که حاوی ماده معدنی نیز می‌باشد، ایجاد می‌کند [۶، ۸ و ۲۱].

۴-۴-۶- معدن اشچال

کانی‌زایی فلورین و باریت در چند افق چینه‌شناسی در این کانسار به صورت عدسی‌های هم‌شیب با لایه‌بندی رخ داده و ماده معدنی حالت لایه‌بندی و استراتیفرم دارد. این حالت در هیچ یک از کانسارهای فلورین شرق البرز شناخته نشده است. در این کانسار حداقل ۴ لایه فلورین‌دار وجود دارد

که مبین رسوبی یا دیاژنتیک بودن، کانسار است. کانی فلورین به عنوان کانی اصلی می‌باشد. مهمترین ویژگی کانی‌شناسی این کانسار وجود سلسستین است که تاکنون در هیچ یک از کانسارهای دیگر با سنگ میزبان الیکا مشاهده نشده است. کائولینیتی شدن با شدت متوسط رخ داده است به طوری که در اغلب نمونه‌ها وجود دارد. کانی‌های فلزی سولفیدی به مقدار جزئی در حد دهم درصد تشکیل گردیده است. سیلیسی شدن نیز پدیده‌ای معمول بوده است. موضوع دیگر آنکه هر چه سن سنگ دربرگیرنده جوانتر می‌شود، باریت کمتر و فلورین بیشتر می‌شود.

۴-۴-۷- معدن دراسله

سنگ میزبان کانسار دراسله غالباً میکرایت و گاهی بیومیکرایت است. بر اثر عملکرد گسل‌ها سنگ میزبان عمدتاً به صورت برش درآمده و فضای خالی بین برش از ماده معدنی پرگردیده است. کانی‌های فلورین، باریت و اسفالریت کانی‌های اصلی و گالن به عنوان کانی فرعی می‌باشند. در بعضی نمونه‌ها تتراهیدریت نیز شناسایی شده است. عمده‌ترین ویژگی کانی‌های زون آلتراسیون دولومیتی شدن، سیلیسی شدن و گاهی کائولینیتی شدن است [۲۱].

۴-۵- مدل کانسارهای فلورین منطقه

با توجه به مطالب ارائه شده در مورد کانسارهای فلورین منطقه مورد مطالعه موارد زیر نتیجه‌گیری می‌شود که فلورین در محدوده مطالعاتی به ۲ صورت زیر وجود دارد :

(۱) تمرکز به صورت عدسی‌ها و لایه‌های دیاژنتیک و یا درون حفرات کارستیک (سن ژنتیک)

(۳) تمرکز به صورت رگه‌ای درون شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه که مرتبط با متحرک شدن بعدی ماده معدنی و شستشوی ثانویه از سنگ درون گیر است (اپی ژنتیک).

- در خصوص منشأ تشکیل فلورین در محدوده مطالعاتی نیز دو نظریه مطرح است. در نظریه اول فلورین موجود در منطقه، ناشی از جریان‌های گرمابی (هیدروترمال) در نظر گرفته می‌شوند و نظریه دوم، فلورین‌های منطقه را دارای منشأ رسوبی دانسته که در جریان فعالیت‌های آتشفشانی تریاس بالایی و غنی شدن حوضه رسوبی از فلوئور و سپس تمرکز و غنی‌سازی فلورین در طول درزه‌ها و شکستگی‌ها تشکیل شده‌اند. به هر حال تفکیک دو پدیده مزبور نیاز به مطالعات دقیق‌تر دارد، ولی می‌توان گفت که در اکثر موارد کانی‌سازی در حد بالایی تریاس و در آهک‌های دولومیتی سازند الیکا و در مجاورت با مارن‌های سازند پالند رخ داده است. در اینجا مارن‌های سازند پالند که با یک سطح ناپیوسته روی آهک‌های دولومیتی سازند الیکا قرار گرفته‌اند به صورت یک لایه پوششی عمل کرده‌اند و از فرار محلول‌های حاوی فلوئور جلوگیری نموده‌اند و از طرف دیگر آهک‌های دولومیتی بهترین مکان را چه از نظر فیزیکی (فضاهای خالی مناسب) و چه از نظر شیمیایی برای تشکیل ذخائر فلورین فراهم می‌کنند. محلول‌های گرمابی حاوی ترکیبات فلورین وقتی به محیطی با PH قلیایی می‌رسند، آهک‌های دولومیتی به صورت سد ژئوشیمیایی عمل کرده و باعث شکسته شدن کمپلکس‌های پایدار شده فلورین همراه با گالن و سایر کانسارهای موجود در محلول ته‌نشین می‌شوند.

- سنگ میزبان تمامی کانسارهای مذکور به جز امافت، آهک، آهک دولومیتی و دولومیت (سازند الیکا) با سن تریاس میانی - بالایی است. کانسار امافت منحصر به فرد بوده و صرفاً از فلورین خالص تشکیل گردیده و تاکنون اسفالریت، گالن و باریت شناسایی نشده است. سنگ دربرگیرنده کرتاسه بالایی و از جنس کلیست می‌باشد که تحت تأثیر هیدروترمال به دولومیت تغییر یافته است.

- آلتراسیون کلیه کانسارهای منطقه سیلیسی، دولومیتی و کائولینیتی شدن ساده بوده، مگر کانسارهایی که تحت تأثیر لیتولوژی توده‌های آذرین قرار گرفتند. کانسار کمپریش از این نظر استثناء می‌باشد. این کانسار به دلیل تشکیل در زون گسلی در تماس با بازالت‌های آلکالن دارای

آلتراسیون گسترده آلونیتی بوده و کانی‌های آلونیت سدیم‌دار، آناتاز و تتراهیدریت خاص کانسار کم‌رپشت می‌باشند.

- روند عمومی ساختمانی محدوده مطالعاتی شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد. در اثر وجود گسل‌های با روند شمال شرق - جنوب غرب، شکستگی‌ها و گسل‌های با امتداد عمومی شمال غرب - جنوب شرق به وجود آمده‌اند که از کانسنگ فلورین پر گردیده‌اند. این گسل‌های اخیر با تشکیل فلورین همزمان می‌باشند.

- فلورین علاوه بر جایگزینی در آهک‌های دولومیتی سازند الیکا، به مقدار کم در رگه‌ها و رگچه‌های کلسیتی و سیلیسی پراکنده در پیکره سنگ‌های مجموعه آذرین منطقه نیز دیده می‌شود.

فصل پنجم

تمپه نقشه پتانسیل معدنی

با استفاده از

روش شواهد وزنی

۵-۱- مقدمه

هدف از مطالعه در فصل حاضر تعیین مناطق امیدبخش اکتشافی فلورین با استفاده از دو معیار لیتولوژی سنگ میزبان و شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌باشد. به این منظور از روش شواهد وزنی به عنوان یک روش داده محور استفاده شده و با بهره‌گیری از دو لایه مذکور (لیتولوژی و گسل‌ها) اقدام به تهیه نقشه مناطق امیدبخش شده است که در ادامه تشریح خواهد شد.

۵-۲- احتمال مشروط و روش شواهد وزنی

یکی از روش‌هایی که می‌توان در مطالعه گسل‌ها و ارتباط آنها با کانی‌سازی استفاده نمود استفاده از اندیس‌های شناخته شده در یک منطقه به عنوان راهنما می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز با توجه به اینکه هدف استفاده از اندیس‌های شناخته شده می‌باشد، از روشی موسوم به روش شواهد وزنی در مطالعه ارتباط گسل‌ها با کانی‌سازی استفاده شده است. این روش در ادامه توضیح داده می‌شود.

اگر فرض شود که در منطقه‌ای به مساحت ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع، ۲۰۰ ذخیره معدنی شناخته شده وجود دارد و منطقه به سلول‌های واحدی به مساحت یک کیلومتر مربع تقسیم شود و فرض در هر سلول واحد فقط یک ذخیره قرار گیرد در این صورت اگر یک سلول واحد به طور اتفاقی انتخاب شود، احتمال وجود ذخیره در آن $200/10000 = 0.02$ (۲ درصد) می‌باشد. زمانی که اطلاعات دیگری

وجود نداشته باشد، نسبت مذکور، احتمال متقدم وجود یک ذخیره ($P\{D\}$) نامیده می‌شود. حال اگر یک نقشه شاخص دوتایی نظیر نقشه آنومالی ژئوفیزیکی از همان ناحیه موجود باشد و ۱۸۰ ذخیره از ۲۰۰ ذخیره موجود، در محل این آنومالی قرار داشته باشد. واضح است که احتمال یافتن یک ذخیره با در نظر گرفتن آنومالی ژئوفیزیکی بسیار زیادتر از ۰/۰۲ خواهد شد. بنابراین میزان مطلوبیت برای کشف یک ذخیره معدنی مانند D در حضور شاهدهی مانند B را می‌توان با احتمال شرطی رابطه (۱-۵) بیان نمود:

$$P\{D|B\} = \frac{P\{D \cap B\}}{P\{B\}} \quad (۱-۵)$$

که در این رابطه $P\{D|B\}$ احتمال وجود یک ذخیره معدنی به شرط حضور الگوی دوتایی B است. اما $P\{D \cap B\}$ برابر با نسبت مساحت کل اشغال شده توسط D و B به کل مساحت است یا $P\{D \cap B\} = N\{D \cap B\} / N\{T\}$ و به همین ترتیب $P\{B\} = N\{B\} / N\{T\}$ که در آن $P\{B\}$ احتمال و $N\{B\}$ مساحت (تعداد سلول واحد الگوی دوتایی B) و $N\{T\}$ تعداد سلول‌های واحد در کل منطقه می‌باشند. به طور کلی در رابطه‌های فوق $N\{\}$ نشان‌دهنده تعداد سلول‌های واحد و $P\{\}$ نشان‌دهنده احتمال است. با جانشین کردن این عبارات در رابطه (۱-۵)، رابطه (۲-۵) به صورت زیر به دست خواهد آمد.

$$P\{D|B\} = \frac{N\{D \cap B\}}{N\{B\}} \quad (۲-۵)$$

احتمال شرطی $P\{D|B\}$ ، برابر نسبتی از الگوی دوتایی B می‌باشد که توسط ذخایر پوشیده شده است. اگر در مثال فعلی ۱۸۰ ذخیره بر روی الگوی B وجود داشته و مساحت B، ۳۶۰۰ کیلومتر مربع باشد احتمال مشروط وجود ذخیره در حضور آنومالی ژئوفیزیکی، برابر $۱۸۰/۳۶۰۰ = ۰/۰۵$ خواهد شد، یعنی ۲/۵ برابر ۰/۰۲. بنابراین اکتشاف برای ذخایر جدید از همان نوع متمرکزتر و منسجم‌تر شده است زیرا اگر نشانه ژئوفیزیکی به عنوان شاخص مهمی به کار رود، ناحیه جستجو از ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع به

۳۶۰۰ کیلومتر مربع کاهش پیدا می‌کند. به منظور به دست آوردن عبارتی مربوط به احتمال متأخر یک ذخیره بر حسب احتمال متقدم، توجه شود که احتمال مشروط نقشه دوتایی B با حضور یک ذخیره به صورت رابطه (۳-۵) تعریف می‌شود:

$$P\{B|D\} = \frac{P\{B \cap D\}}{P\{D\}} \quad (۳-۵)$$

که برای مورد فعلی مقدارش برابر است با $0/9 = 180/200$ از آنجایی که $P\{B \cap D\}$ با $P\{D \cap B\}$ مشابه است. معادله‌های (۱-۵) و (۳-۵) می‌توانند برای حل کردن $P\{D|B\}$ ترکیب شده و رابطه (۴-۵) را به وجود آورند.

$$P\{D|B\} = P\{D\} \frac{P\{B|D\}}{P\{B\}} \quad (۴-۵)$$

این رابطه نشان می‌دهد که احتمال مشروط (متأخر) یک ذخیره معدنی، با حضور الگوی دوتایی برابر است با احتمال متقدم ذخیره $P\{D\}$ ضرب در عامل $P\{B|D\} / P\{B\}$ صورت کسر این عامل $0/9$ و مخرج آن $0/36$ است. بنابراین عامل مذکور برابر است با $2/5$. در نتیجه با حضور آنومالی ژئوفیزیکی احتمال متأخر یک ذخیره $2/5$ برابر بیشتر از احتمال متقدم است. اطلاعات درباره صورت کسر اغلب از مطالعه آماری ذخایر و اطلاعات درباره مخرج کسر از بررسی‌های اکتشافی مربوط به محل وجود ذخایر مورد انتظار که ویژگی‌های آنها مورد نظر می‌باشد، به دست می‌آید. با استفاده از معادله (۴-۵) به دست می‌آید، $P\{D|B\} = 0/05$ که همان مقدار به دست آمده توسط رابطه (۲-۵) است. همچنین می‌توان عبارتی مشابه برای احتمال متأخر ذخیره‌ای که با عدم حضور آنومالی شاخص (یک نقشه شاهد دوتایی) مشخص می‌شود، به صورت رابطه (۵-۵) به دست آورد.

$$P\{D|\bar{B}\} = P\{D\} \frac{P\{\bar{B}|D\}}{P\{\bar{B}\}} \quad (۵-۵)$$

و برای مثال با جانشین کردن اعداد خواهیم داشت: $P\{\bar{B}\} = \frac{10000 - 3600}{10000} = 0.64$

و در نتیجه $P\{\bar{B}|D\} = \frac{20}{200} = 0.1$ و $P\{\bar{B}|D\} / P\{\bar{B}\} = \frac{0.1}{0.64} = 0.15625$. بنابراین احتمال متأخر

وجود یک ذخیره در هر واحد مساحت (هر سلول)، در محل‌هایی که آنومالی ژئوفیزیکی وجود ندارد، $P\{D|B\} = 0.2 \times 0.15625 = 0.03125$ برابر کمتر از احتمال متقدم است. در مثال فعلی 0.15625 بنابراین وجود یک نقشه به عنوان شاهد (به عنوان مثال آنومالی ژئوفیزیکی) برای اکتشاف معدن به مقدار زیادی مساحت جستجو را از 10000 کیلومتر مربع به 3600 کیلومتر مربع کاهش می‌دهد زیرا شانس پیدا کردن ذخیره‌ای که در آن آنومالی ژئوفیزیکی وجود نداشته باشد به مقداری قابل توجه، کمتر (حدود 50%) از جایی است که این آنومالی وجود دارد. با توجه به اینکه $N(T)$ تعداد کل سلول‌های واحد و $N(D)$ تعداد نقاط مورد نظر در داخل محدوده مورد مطالعه می‌باشد $N(D)$ عددی صحیح می‌باشد، اگر کلاس با ارزش 1 نقشه دوتایی با B و تعداد سلول‌هایی را که اشغال می‌کند با $N(B)$ و همچنین تعداد سلول‌هایی را که با کلاس صفر نقشه دوتایی پوشیده می‌شود، با $N(\bar{B})$ نشان داده شود رابطه (۵-۶) به دست خواهد آمد.

$$N(B) + N(\bar{B}) = N(T) \quad (5-6)$$

که با توجه به آن می‌توان وزن‌هایی را تحت عنوان W^+ و W^- محاسبه کرد که می‌توانند ملاکی برای همراهی و یا عدم همراهی بین نقاط (اندیس‌های شناخته شده) و بخش‌های مختلف نقشه شاهد دوتایی باشند. این وزن‌ها برای تمام کلاس‌های نقشه شاهد، محاسبه می‌شوند. مقادیر مثبت برای وزن محاسبه شده بیانگر این واقعیت است که نقاط مورد نظر (معدنی) بیشتری، داخل کلاس مورد نظر از کل نقشه قرار دارد و به طور معکوس، مقادیر منفی برای وزن محاسبه شده نمایانگر این است که نقاط کمتری، در آن کلاس خاص از نقشه قرار دارند. مقدار صفر، یا خیلی نزدیک به صفر بیانگر این است که نقاط مورد نظر به صورت تصادفی بین کلاس مورد نظر و بخش‌های دیگر نقشه دوتایی توزیع شده‌اند. W^+ وزنی است که معرف حضور و همراهی مثبت نقاط مورد نظر با هر کلاس خاص و W^- معرف عدم حضور یا همراهی منفی مکانی نقاط مورد نظر با آن کلاس خاص است. تفاضل این دو وزن (C)، تباین یا کنتراست (Contrast) پارامتری است که معرف وضعیت کلی همراهی یا عدم همراهی

نقاط مورد نظر با کلاس‌های خاص از نقشه می‌باشد. به طور کلی وزن‌های W^+ و W^- محاسبه شده بین صفر تا ۰/۰۵ معمولاً چندان پیش‌گویی‌کننده نیستند و مقادیر بین ۱ و ۲ پیش‌گویی‌کننده خوبی هستند. اگر مقادیر محاسبه شده این وزن‌ها بیش از ۲ باشد پیش‌گویی‌کننده قوی هستند. به طور کلی وزن‌های مربوط به کلاس‌های یک نقشه دوتایی با نسبت‌های احتمالات شرطی رابطه‌های (۷-۵) و (۸-۵) بیان می‌شوند که در آنها $P\{\}$ معرف احتمال می‌باشد.

$$W^+ = Ln \frac{P\{B|D\}}{P\{B|\bar{D}\}} = Ln \frac{\{B \cap D\}/D}{\{B \cap \bar{D}\}/\bar{D}} \quad (7-5)$$

$$W^- = Ln \frac{P\{\bar{B}|D\}}{P\{\bar{B}|\bar{D}\}} = Ln \frac{\{\bar{B} \cap D\}/D}{\{\bar{B} \cap \bar{D}\}/\bar{D}} \quad (8-5)$$

$(B \cap D)$ اشتراک دو مجموعه B (بخش‌های پوشیده شده از کلاس خاص نقشه دوتایی) و D (معرف

مجموعه نقاط مورد نظر) است. بنابراین می‌توان رابطه (۹-۵) را به صورت زیر نوشت:

$$W^+ = Ln \frac{N(B \cap D)/N(D)}{[N(B) - N(B \cap D)]/[N(T) - N(D)]} \quad (9-5)$$

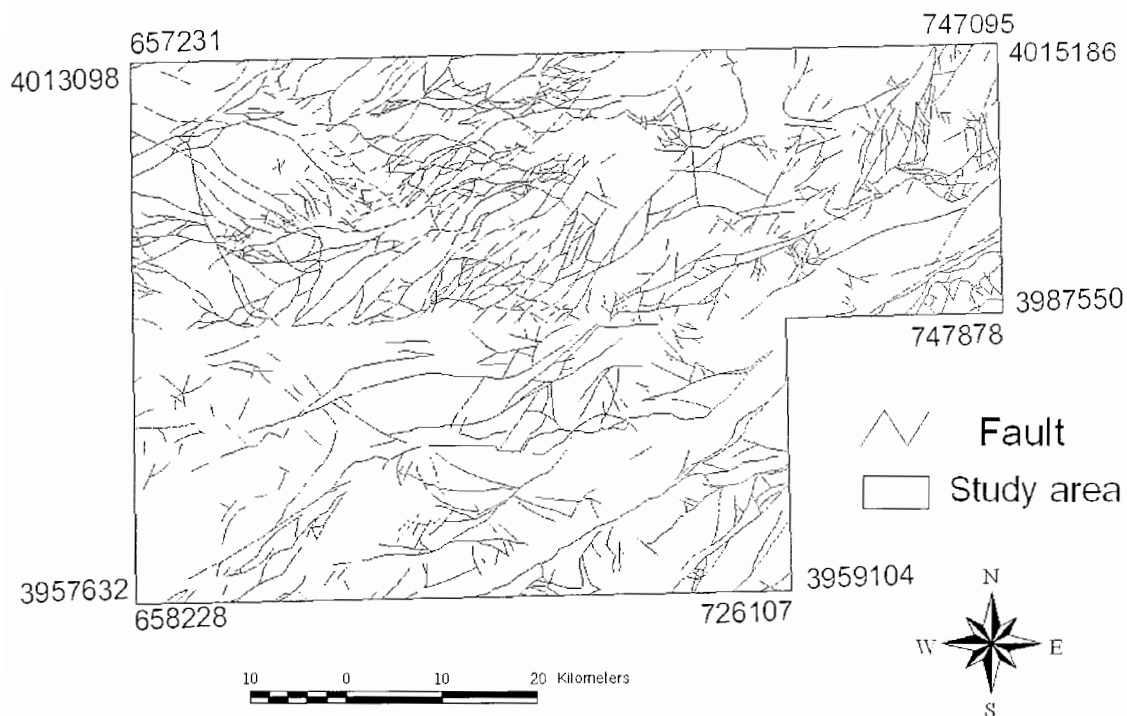
و به طریقی مشابه می‌توان رابطه W^- را نیز بازنویسی کرد. در صورتی که مساحت سلول واحد خیلی کاهش یابد، رابطه ۹ برای W^+ را می‌توان به صورت رابطه ساده شده (۱۰-۵) نوشت.

$$W^+ = Ln \frac{N(B \cap D)/N(D)}{N(B)/N(T)} \quad (10-5)$$

پس از انجام محاسبات مربوط به تجزیه و تحلیل شواهد وزنی و انتخاب بالاترین کنتراست‌ها، برای هر نقشه شاهد یک نقشه دوتایی تهیه شده و پس از تلفیق آنها و به دست آوردن مقادیر محاسبه شده $P(D|B)$ ، برای همه سلول‌ها، می‌توان نقشه‌ای تهیه کرد که نشان دهنده توزیع احتمال تجربی وجود یک اندیس معدنی در واحد مساحت (هر سلول) ناحیه مورد مطالعه باشد. در نهایت پس از مطالعه بر روی نقشه اخیر و انتخاب نقاط دارای بالاترین احتمالات کانی‌سازی می‌توان بهترین نقاط را برای متمرکز شدن بر روی آنها و انجام عملیات اکتشافی تفضیلی مشخص نمود [۲۵ و ۵۲].

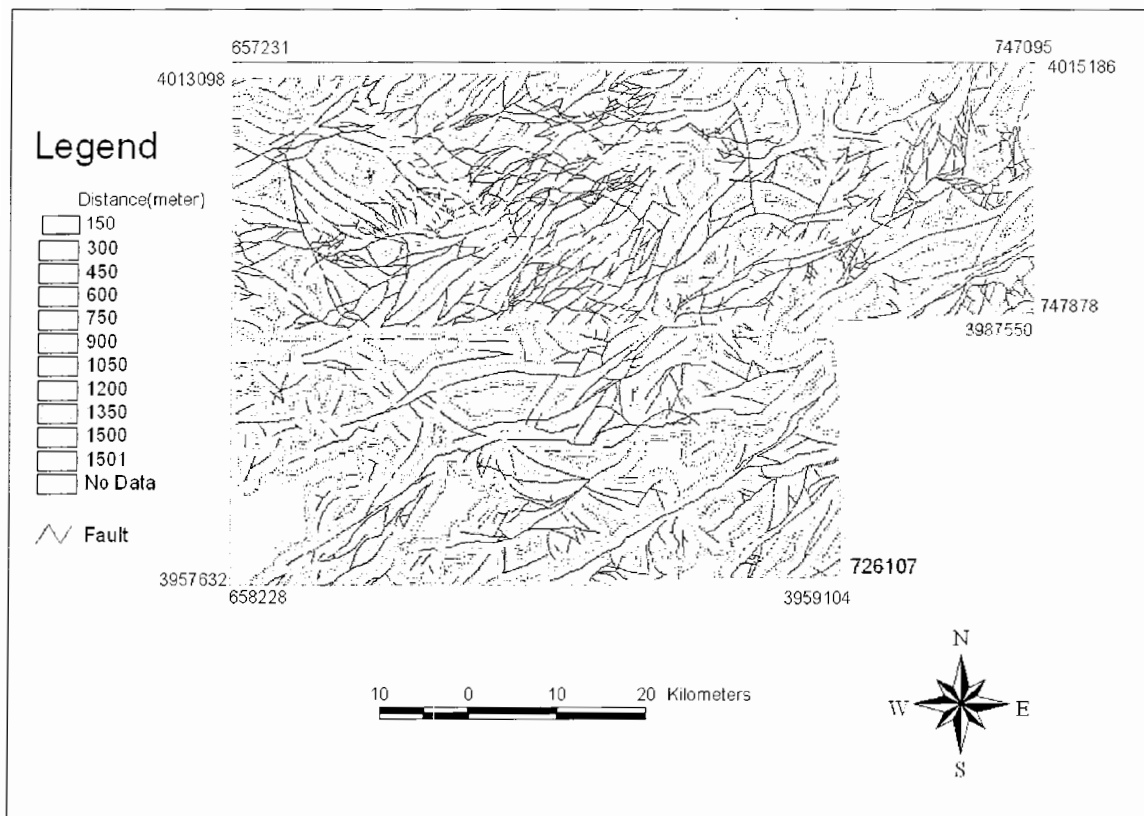
۵-۳- تجزیه و تحلیل شواهد وزنی بر روی گسل‌های منطقه

به جهت مشخص شدن وابستگی‌های فضایی بین اندیس‌های معدنی شناخته شده، به عنوان معیاری برای شناسایی پتانسیل‌های جدید، از تجزیه و تحلیل شواهد وزنی برای به دست آوردن ارتباط گسل‌ها با کانی‌سازی استفاده می‌شود. این محاسبات باید برای نقشه گسل‌های منطقه انجام شود. به جهت مطالعه گسل‌های منطقه ابتدا کلیه گسل‌های مشخص شده روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، به طور جداگانه رقومی شد. شکل شماره ۵-۱ این نقشه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱: نقشه توزیع گسل‌های منطقه مورد مطالعه رقومی شده از نقشه زمین‌شناسی

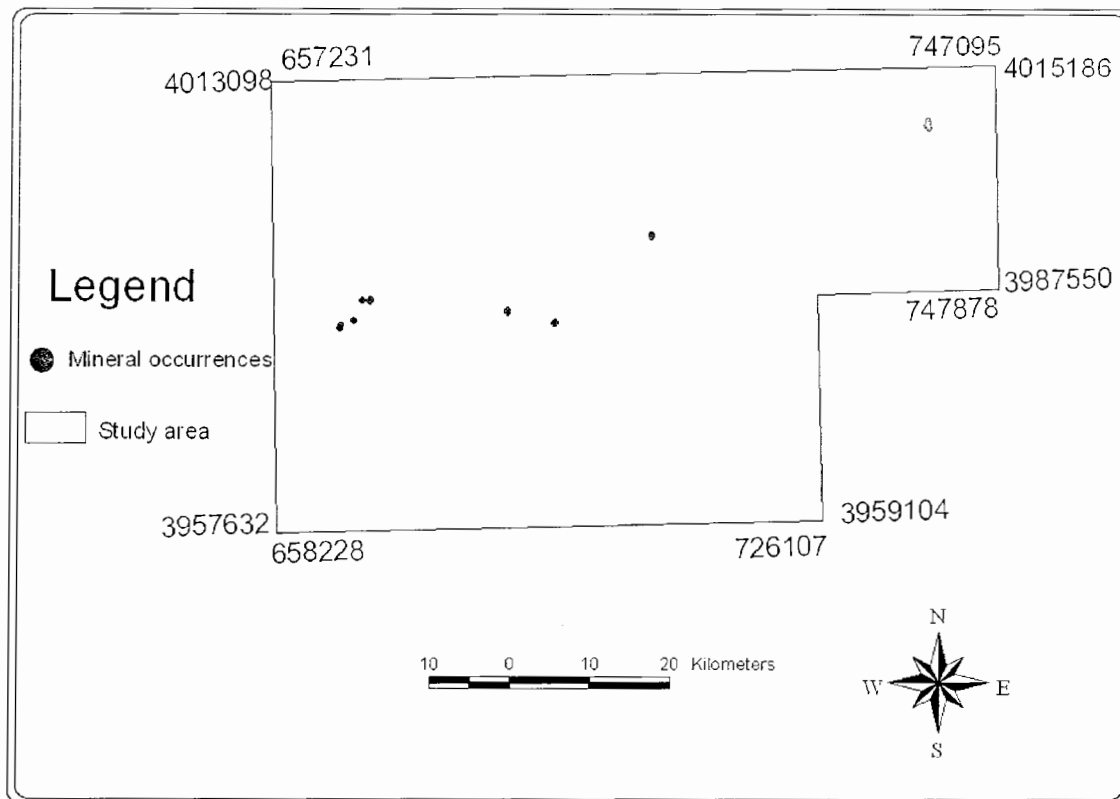
سپس به منظور آماده‌سازی برای تحلیل شواهد وزنی، روی این نقشه عملیات بافرینگ انجام شده و مناطق تا فاصله ۱۵۰۰ متری از گسل‌ها به فواصل ۱۵۰ متر به ۱۵۰ متر تقسیم شدند. شکل ۵-۲ نقشه حریم‌بندی گسل‌های منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲: نقشه حریم‌بندی گسل‌های منطقه مورد مطالعه

پس از این مرحله روی نقشه شکل ۵-۲، عملیات وزن‌دهی به فواصل مختلف از طریق محاسبات شواهد وزنی با توجه به پراکندگی اندیس‌های شناخته شده در منطقه انجام شد. نقشه پراکندگی اندیس‌های شناخته شده در شکل ۵-۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در محاسبات شواهد وزنی از اطلاعات ۷ محدوده معدنی استفاده شده ولی از آنجا که برای این محاسبات، اطلاعات نقطه‌ای شامل مختصات یک نقطه شناخته شده مد نظر است، در هر محدوده معدنی مختصات دقیق نقاط رخنمون‌دار و جاهایی که در آن نقاط وجود کانی‌سازی کاملاً مشهود بوده است برداشت شده تا نتایج دقیق‌تری به دست آید. بنابراین از مختصات ۳۰ نقطه استفاده شده است. در نقشه شکل ۵-۳ با توجه به اینکه نقشه برای نمایش کوچک شده است بعضی نقاط روی هم افتاده‌اند ولی در تجزیه

تحلیل رقومی با توجه به نقشه‌های ژئورفرنس شده (زمین مرجع) هر نقطه با مختصات خاص خودش در تجزیه و تحلیل دخالت داده می‌شود.



شکل ۳-۵: پراکندگی اندیس‌های شناخته شده در منطقه مورد مطالعه

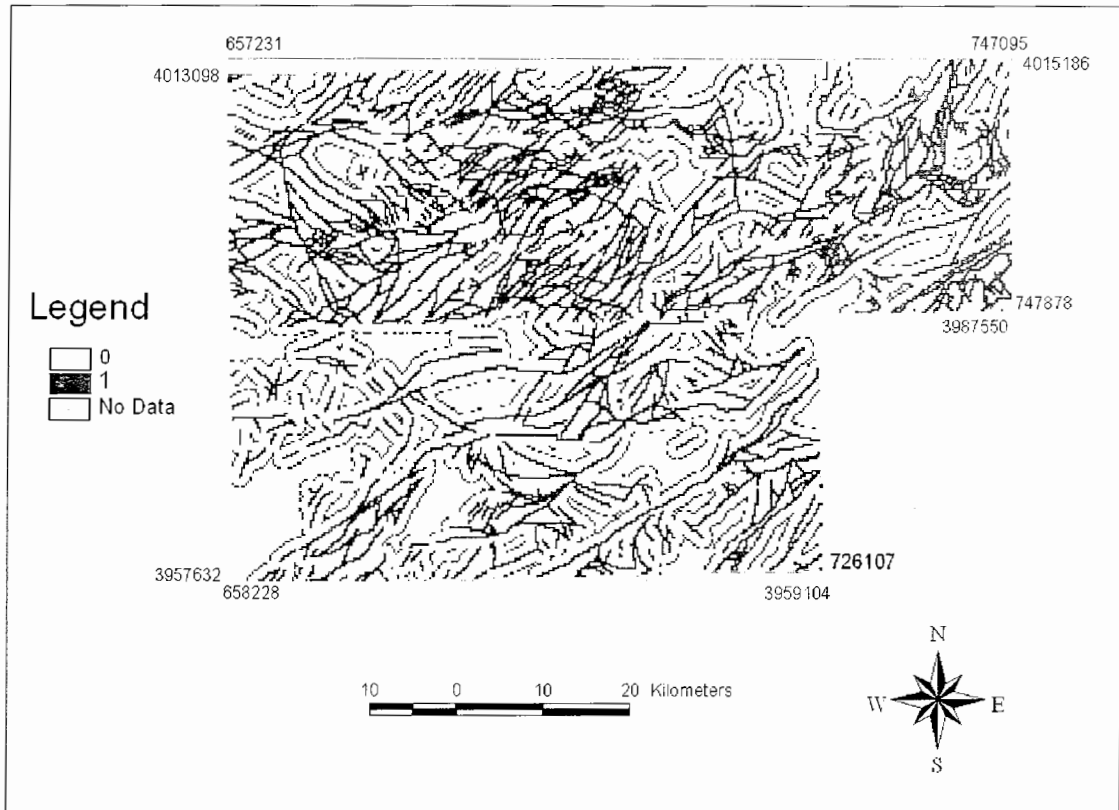
نتایج محاسبات شواهد وزنی برای گسل‌ها در جدول ۱-۵ نشان داده شده است. مهمترین پارامترهای این جدول شامل تعداد اندیس‌ها، وزن‌های W^- و W^+ و کنتراست‌های محاسبه شده می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای بسیاری از فواصل هیچ گونه داده‌ای (اندیس معدنی) وجود ندارد، در نتیجه ارزش‌های وزنی و کنتراست برای این واحدها تعیین نگردیده است.

جدول ۵-۱: نتایج محاسبات شواهد وزنی برای گسل‌های منطقه

Class	#Points	w^+	$s(w^+)$	w^-	$s(w^-)$	Contrast	$s(C)$	$std(C)$
150	17	0.9197	0.2446	-0.5802	0.2779	1.4999	0.3702	4.0514
300	6	-0.1705	0.4094	0.0476	0.2049	-0.2181	0.4578	-0.4764
450	0							
600	1	-1.4369	1.0008	0.1172	0.1864	-1.5541	1.0180	-1.5266
750	0							
900	0							
1050	1	-0.3359	1.0025	0.0139	0.1863	-0.3497	1.0196	-0.3430
1200	5	1.4480	0.4537	-0.1424	0.2006	1.5904	0.4961	3.2058
1350	0							
1500	0							
1501	0							

طبق این جدول مشاهده می‌شود که بسیاری از فواصل غیر از اطراف گسل‌ها دارای کنتراست بالا بوده‌اند و با کانی‌سازی ارتباط داشته‌اند، یعنی در واقع کانی‌سازی در فاصله ۰ تا ۱۵۰ متری و ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متری از گسل‌ها دارای بالاترین کنتراست است. پیدایش کنتراست بالا در دو فاصله از گسل‌های منطقه (۱۵۰ متر اول از گسل‌ها و ناحیه بین فواصل ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متر از گسل‌ها) به این صورت قابل توجیه است که با توجه به مطالعات انجام شده در فصل چهارم حضور دو نوع کانی‌سازی یکی در گسل‌ها و دیگری به صورت عدسی به اثبات رسید. بنابراین با توجه به خروجی این مرحله و به دست آوردن پارامترهای لازم، نقشه دوتایی گسل‌های ناحیه مورد بررسی تهیه شد که در آن به فواصل مذکور ارزش ۱ و به بقیه مناطق ارزش ۰ داده شده است. نقشه دوتایی تهیه شده در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. فرق این نقشه با نقشه شکل ۵-۱ در این است که در این نقشه فاصله ۰ تا ۱۵۰ متر از گسل به عنوان یک معیار اکتشافی اول و فاصله ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متر از گسل به عنوان معیار اکتشافی دوم انتخاب شده (با توجه به نتایج شواهد وزنی و اندیس‌های شناخته شده) و به آنها ارزش ۱ داده شده است در صورتی که در شکل ۵-۱ فقط خود گسل‌ها نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در این فصل کلیه تحلیل‌ها به صورت رقومی صورت گرفته و هر شکل فقط یک گراف

ساده نیست بلکه کلیه نقشه‌ها با مختصات واقعی به صورت زمین مرجع در کامپیوتر ذخیره شده و بنابراین تحلیل‌های مکانی روی آنها به صورت واقعی قابل انجام بوده است.

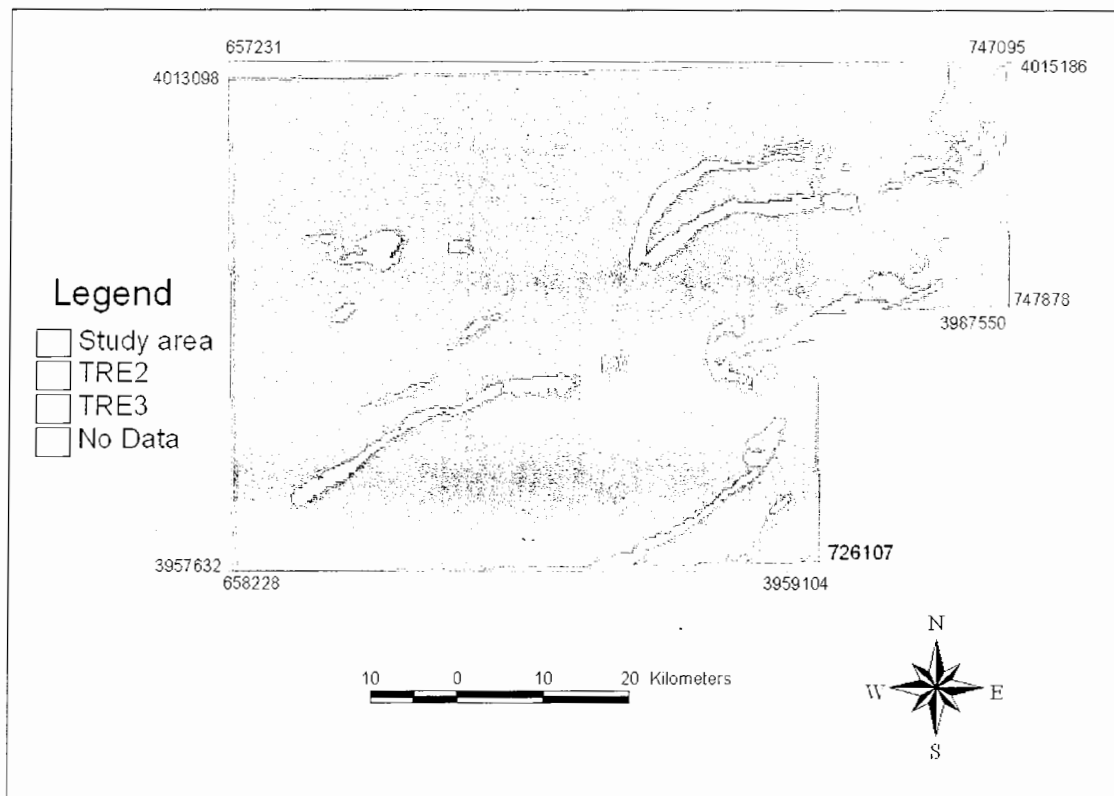


شکل ۴-۵: نقشه دوتایی فواصل ۰ تا ۱۵۰ و ۱۰۵۰ تا ۱۲۰۰ متری اطراف گسل‌های منطقه

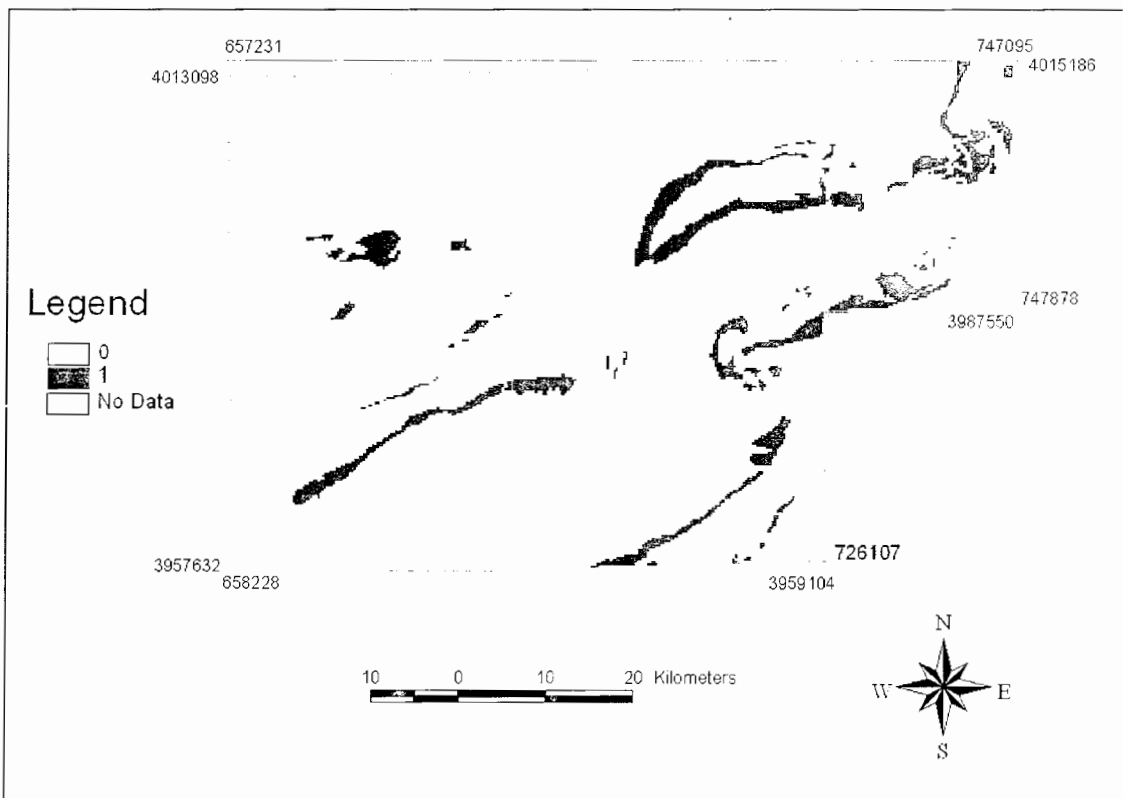
۴-۵- تجزیه و تحلیل رقومی بر روی واحدهای نقشه زمین‌شناسی

در مقیاس اکتشافات ناحیه‌ای، جدایش محیط‌های زمین‌شناسی می‌تواند موجب افزایش نسبت موفقیت تکنیکی شود. با شناخت و جدایش مناسب‌ترین محیط‌های زمین‌شناسی موفقیت تکنیکی اکتشاف تا ۴۰٪ قابل افزایش خواهد بود [۳۲]. بنابراین در مطالعه حاضر نیز با توجه به اندیس‌های شناخته شده موجود در منطقه و نیز مدل‌سازی اولیه صورت گرفته نقشه دوتایی واحدهای زمین‌شناسی تهیه شد. به این صورت که ابتدا واحدهای TRe^2 و TRe^3 (به ترتیب آهک دولومیتی و

دولومیت ضخیم لایه تا توده ای سازند الیکا) به عنوان بهترین واحدهای دارای ارزش بالا انتخاب شده و جداگانه از روی نقشه‌های زمین‌شناسی رقومی شده‌اند که در نقشه شکل ۵-۵ نشان داده شده‌اند. سپس با توجه به این نقشه و به منظور اجرای تحلیل‌های مکانی و قابلیت تلفیق با دیگر داده‌ها در عملیات شواهد وزنی، نقشه دوتایی نشان دهنده نواحی مناسب با کد ۱ و نواحی نامناسب با کد ۰ تهیه شده است. این نقشه، یک نقشه امیدبخش از لحاظ واحد زمین‌شناسی بوده و در شکل ۶-۵ نشان داده شده است.



شکل ۵-۵: واحدهای زمین‌شناسی مناسب به عنوان لیتولوژی سنگ میزبان



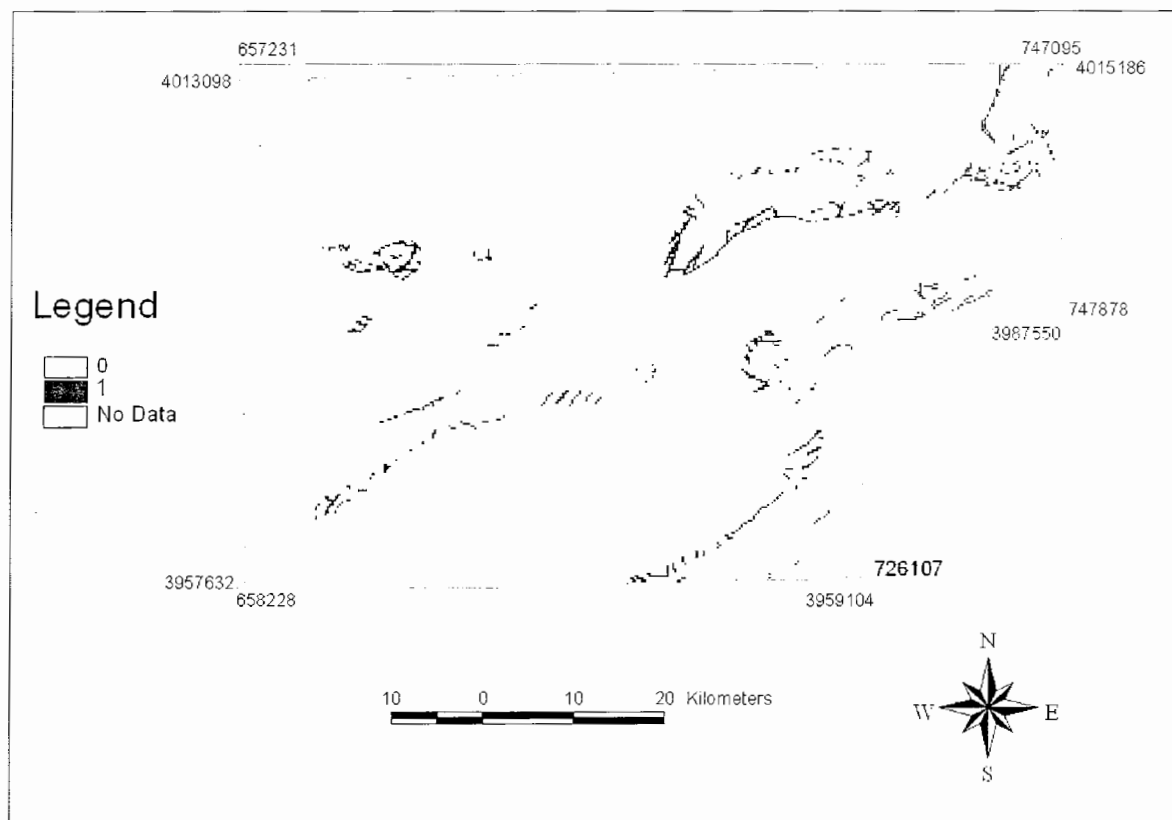
شکل ۵-۶: نقشه دوتایی واحدهای زمین‌شناسی

۵-۵- ترکیب نقشه‌ها و مدل پیش‌بینی مناطق امیدبخش

پس از اینکه نقشه دوتایی (شاهد) واحدهای زمین‌شناسی با توجه به مدل توصیفی ذخایر شناخته شده منطقه به دست آمد این نقشه با نقشه شاهد دوتایی گسل‌های منطقه با استفاده از ترکیب‌های منطقی *and* نشان داده شده در جدول ۵-۲ ترکیب شده و نقشه شکل ۵-۷ به عنوان یک نقشه نشان‌دهنده نواحی امیدبخش در اولویت با کد ۱ و نواحی غیر امیدبخش با کد ۰ به دست آمد.

جدول ۵-۲: ترکیب‌های منطقی *and*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A and B</i>
۱	۱	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۰	۰	۰



شکل ۵-۷: نقشه دوتایی نشان‌دهنده نواحی امیدبخش بر اساس دو معیار اکتشافی گسل‌ها و واحدهای زمین‌شناسی همانطور که مشخص است در روی این نقشه مناطق امیدبخش با رنگ قرمز جدا شده‌اند و مشاهده می‌شود که مساحت مناطق امیدبخش بسیار کوچکتر از نقشه‌های قبلی است. همچنین از روی این نقشه می‌توان دو نوار فلورین‌زایی را در راستای شمال شرقی - جنوب غربی شناسایی نمود.

فصل ششم

پردازش تصاویر Aster منطقه
و استخراج مناطق امیدبخش

۶-۱- مقدمه

پس از به دست آوردن نقشه پیش‌بینی پتانسیل معدنی منطقه بر اساس دو معیار واحدهای زمین‌شناسی و گسل‌ها، در این فصل از پردازش‌های تصاویر Aster ماهواره Terra مربوط به منطقه که هم بزرگ‌مقیاس بوده و هم اطلاعاتی بیشتر و دقیق‌تری را نسبت به عکس‌های هوایی در اختیار می‌گذارند استفاده شد. هدف اصلی در این فصل، شناسایی مناطق امیدبخش می‌باشد. در این راستا از مشخصات اندیس‌های شناخته شده استفاده شده است. علاوه بر این با توجه به نتایج مدلسازی حاصله در فصل چهارم که بخش‌های بالائی سازند الیکا به عنوان میزبان فلورین معرفی شده‌اند، یکی از مهمترین اهداف شناسایی رخنمون‌های الیکا می‌باشد. با توجه به اینکه مقیاس مطالعه بر اساس نقشه زمین‌شناسی، ۱/۲۵۰۰۰۰ بوده و بسیاری از این مناطق در این نقشه برداشت نشده است، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در به نقشه درآوردن این نقاط می‌تواند مفید باشد. نظر به اینکه کلیات پردازش‌های صورت گرفته در این فصل با استفاده از نرم‌افزار ENVI و بر روی داده‌های Aster بوده است لذا در ابتدای این فصل مختصری در مورد داده‌های Aster و نرم‌افزار ENVI ذکر می‌گردد.

۶-۲- پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضابرد پیشرفته Aster

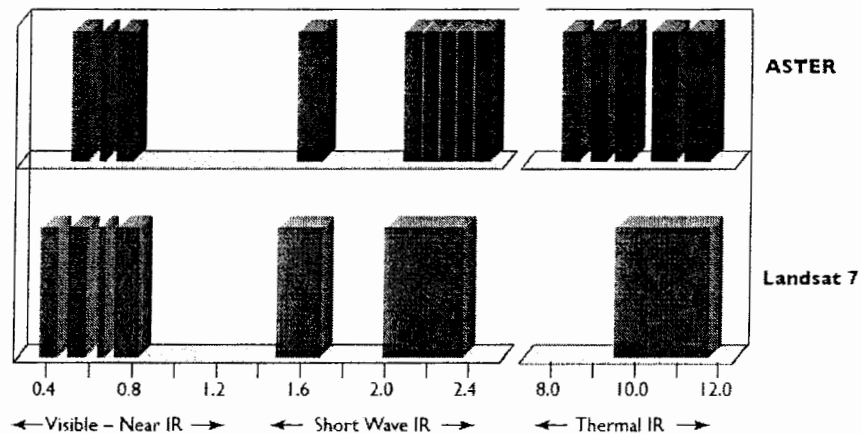
Aster یک دوربین دیجیتالی بزرگ است که در سال ۱۹۹۹ در مدار زمین قرار گرفت و توسط ماهواره Terra حمل می‌شود. فاصله آن از زمین ۷۰۵ کیلومتر، گردش آن به صورت قطبی-قطبی است و از ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی و تقریباً هر ۱۰۰ دقیقه از عرض استوا عبور می‌کند. این دوربین توانایی گرفتن ۶۰۰ عکس با قدرت تفکیک بالا در یک روز را دارد. هر عکس، منطقه‌ای به وسعت ۶۰×۶۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد که اندازه هر پیکسل آن برای باندهای ۱-۳ (VNIR) برابر

۱۵ متر و برای باندهای ۴-۹ (SWIR) برابر ۳۰ متر و برای باندهای حرارتی ۱۴-۱۰ (TIR) برابر ۹۰ متر است. تفاوت عمده این دوربین با دوربین‌های عکاسی این است که؛ اولاً: برای هر رنگ یا دقیق‌تر، هر محدوده طول موج یا باند، یک تصویر مجزا ایجاد می‌شود، چراکه دارای ۱۴ باند بوده و ۱۴ تصویر مختلف می‌تواند ایجاد کند. ثانیاً: Aster دارای سه لنز است که به نام تلسکوپ نیز نامیده می‌شود: TIR، SWIR، VNIR و هر کدام از آنها برای یک بخش متفاوت طیفی در نظر گرفته شده‌اند [۲۷].

جدول ۱-۶: اطلاعاتی مربوط به باندهای سنجنده ASTER [۳۹]

Subsystem	Band No.	Spectral Range	Spatial Resolution	Quantization levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8bit
	2	0.63-0.69		
	3N	0.73-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8bit
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
	10	8.125-8.475		
TIR	11	8.475-8.825	90	12bit
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		

یکی از ویژگی‌های بارز تصاویر Aster قدرت تفکیک بالای آن در مقایسه با لندست است. شکل ۱-۶ به مقایسه باندهای Aster و TM می‌پردازد.



شکل ۶-۱: مقایسه باندهای Aster و TM [۳۹]

داده‌های ماهواره‌ای Aster قابلیت تولید محصولات استاندارد و نیمه‌استاندارد را دارد. محصولات استاندارد بدون تقاضای کاربران تولید شده و شامل سطح داده‌های ۱ و ۲ هستند. مانند L₁A و L₁B. سری داده‌های L₁A خام بوده و هیچ گونه تصحیحی بر روی آنها صورت نگرفته است. روی این داده‌ها تصحیح هندسی انجام می‌گیرد تا داده‌های L₁B تولید شود. تصاویر اولیه به کار رفته در این پروژه از نظر پردازش در تراز L₁B قرار دارند. هر تصویر Aster در سطح L₁B دارای فرمت‌های hdf^۱ و *.met^۲ می‌باشد که برای به تصویر در آوردن هر کدام، بایستی داده با فرمت hdf را باز کرد [۴۲]. پس از باز کردن هر تصویر Aster چهار فایل به صورت زیر قابل مشاهده است.

جدول ۶-۲: فایل‌های هر تصویر Aster در دو سطح L₁A, L₁B [۳۹]

Sensor/telescope	ASTER L ₁ A rows x columns	ASTER L ₁ B rows x columns
VNIR (BANDS 1, 2, 3N)	4,200 x 4,100	4,200 x 4,980
VNIR (BAND 3B)	4,600 x 5,400	4,600 x 4,980
SWIR (BANDS 4-9)	2,100 x 2,048	2,100 x 2,490
TIR (BANDS 10-14)	700 x 700	700 x 830

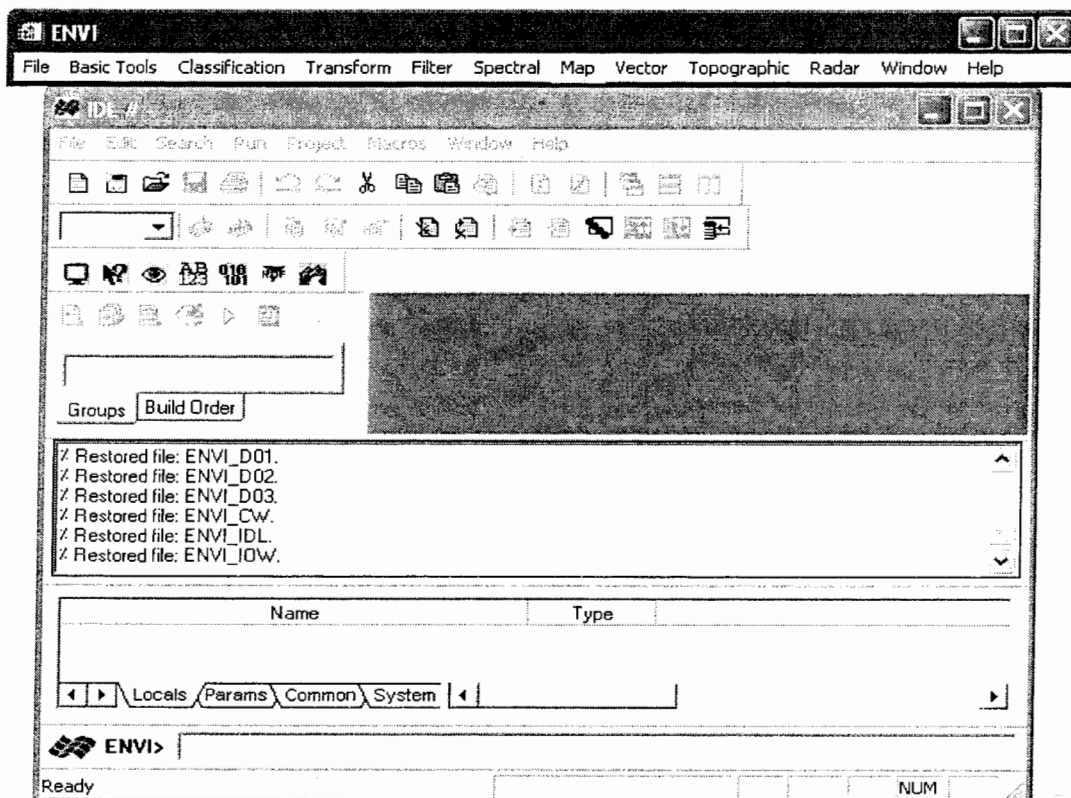
1 Hierarchical Data Format
2 ASCII Metadata Files

۳-۶- مختصری در مورد نرم‌افزار ENVI

نرم‌افزار ENVI^۱ محصول شرکت RSI^۲ است. این نرم‌افزار داده‌ها را در سطح وسیعی پردازش می‌کند و تصاویر با هر اندازه و هر نوعی که باشند را می‌تواند مورد آنالیز قرار دهد. نرم‌افزار مذکور را تقریباً می‌توان بر روی تمامی سیستم‌های عامل متداول نصب نمود و از این جنبه می‌توان گفت که کمترین محدودیت را برخلاف بسیاری از نرم‌افزارهای دیگر تحمیل می‌کند. یکی از جنبه‌های قوی این نرم‌افزار قابلیت نمایش آن است که علاوه بر سرعت بالا از امکانات جانبی بسیاری نیز برخوردار است. انواع نمایش‌های سه بعدی و دو بعدی تصاویر، داده‌های رستری مختلف نظیر DEM و داده‌های برداری در فرمت‌های گوناگون از جمله این امکانات است. این نرم‌افزار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی IDL نوشته شده است و برای اجرا نیاز به این محیط دارد. البته در هنگام نصب، نرم‌افزار IDL نیز نصب می‌شود. IDL یک زبان بسیار قوی برنامه‌نویسی با گرایش ماتریسی و پردازش تصاویر است که در کنار ENVI طیف وسیعی از توابع را در اختیار قرار می‌دهد تا بسیاری از الگوریتم‌ها به صورت خودکار اجرا شود. با کلیک بر آیکون مربوط به نرم‌افزار، ENVI اجرا می‌شود و پس از آن دو محیط جداگانه ENVI و IDL باز می‌شوند. دسترسی به توابع و عملکردهای این نرم‌افزار از طریق منوهای است که در قالب ۱۲ عنوان جداگانه در نرم‌افزار قرار دارند. شکل ۷-۲ منوهای اصلی نرم‌افزار مذکور را به همراه محیط IDL نشان می‌دهد.

1 The environment for Visualizing Images

2 Research Systems, Inc



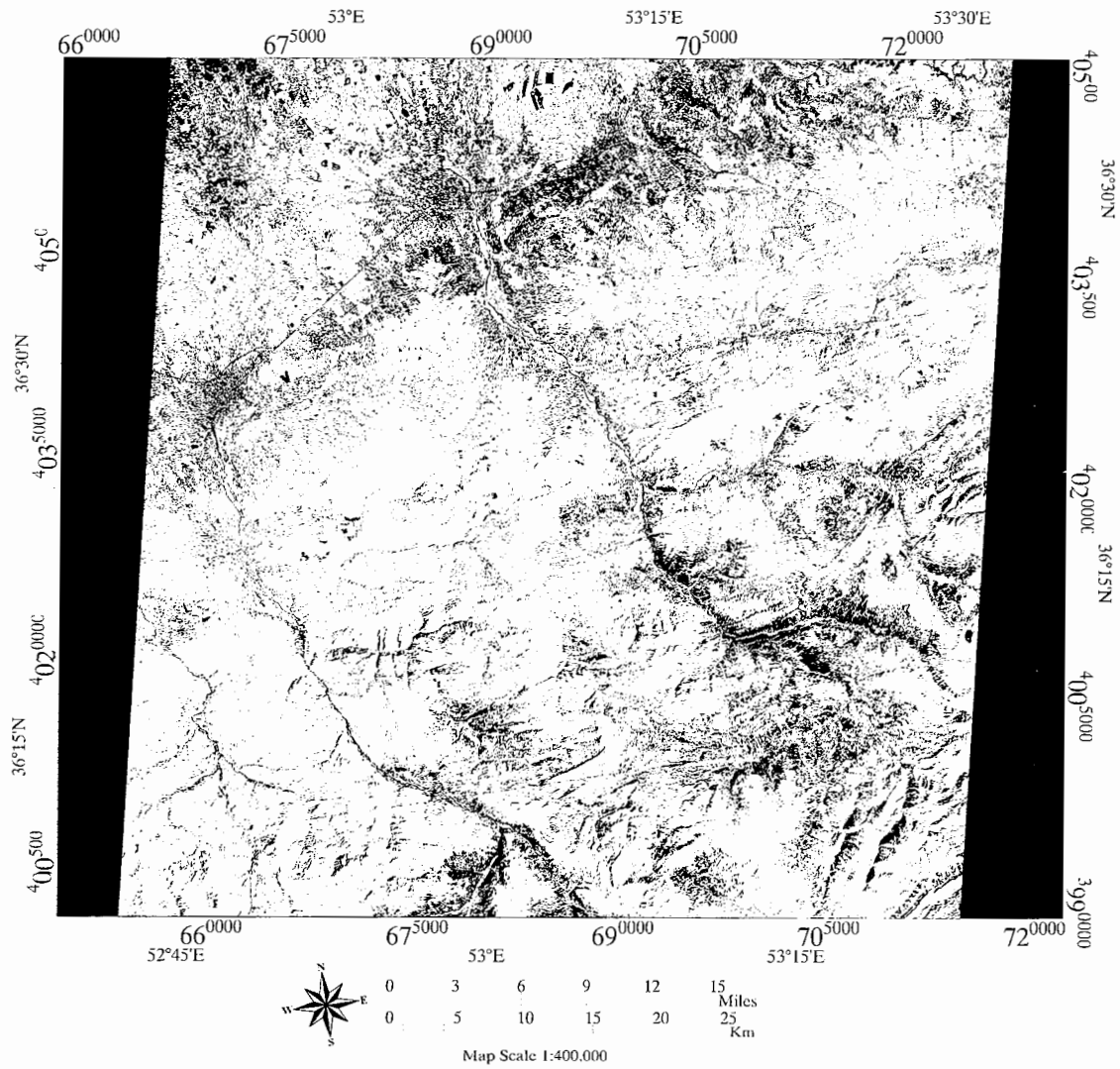
شکل ۲-۶: نرم افزار ENVI و منوهای آن به همراه محیط IDL

۴-۶- موزائیک و آماده سازی تصاویر Aster منطقه مورد مطالعه

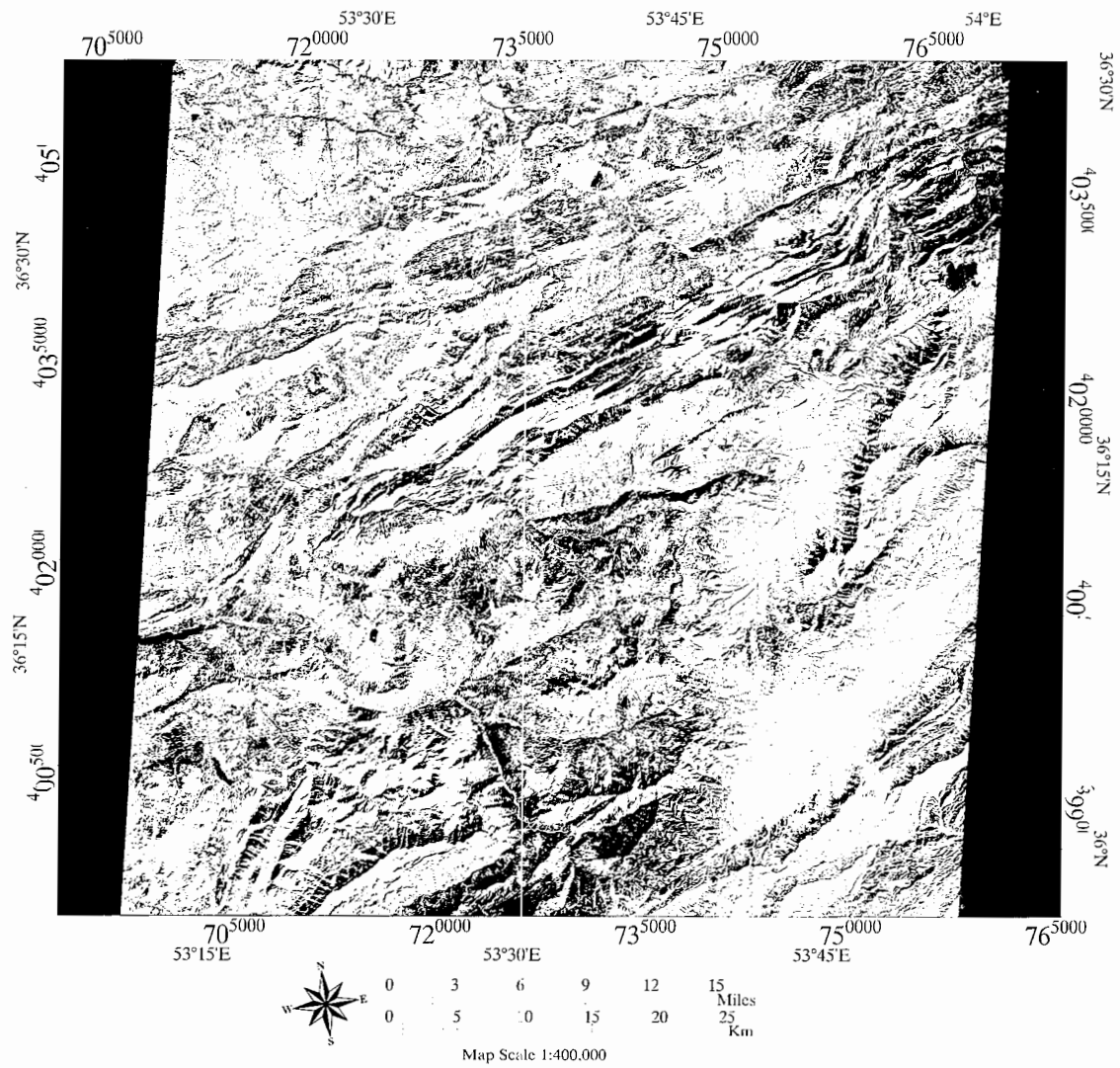
برای منطقه مورد مطالعه از سه Scene تصویر Aster از نوع Level_1B با ID زیر استفاده شد:

- 1- Aster1b_300701_363n_0531e
- 2- AST_L1B_00309242004071835_20060728101025_11144
- 3- Aster1b_300701_358n_0529e

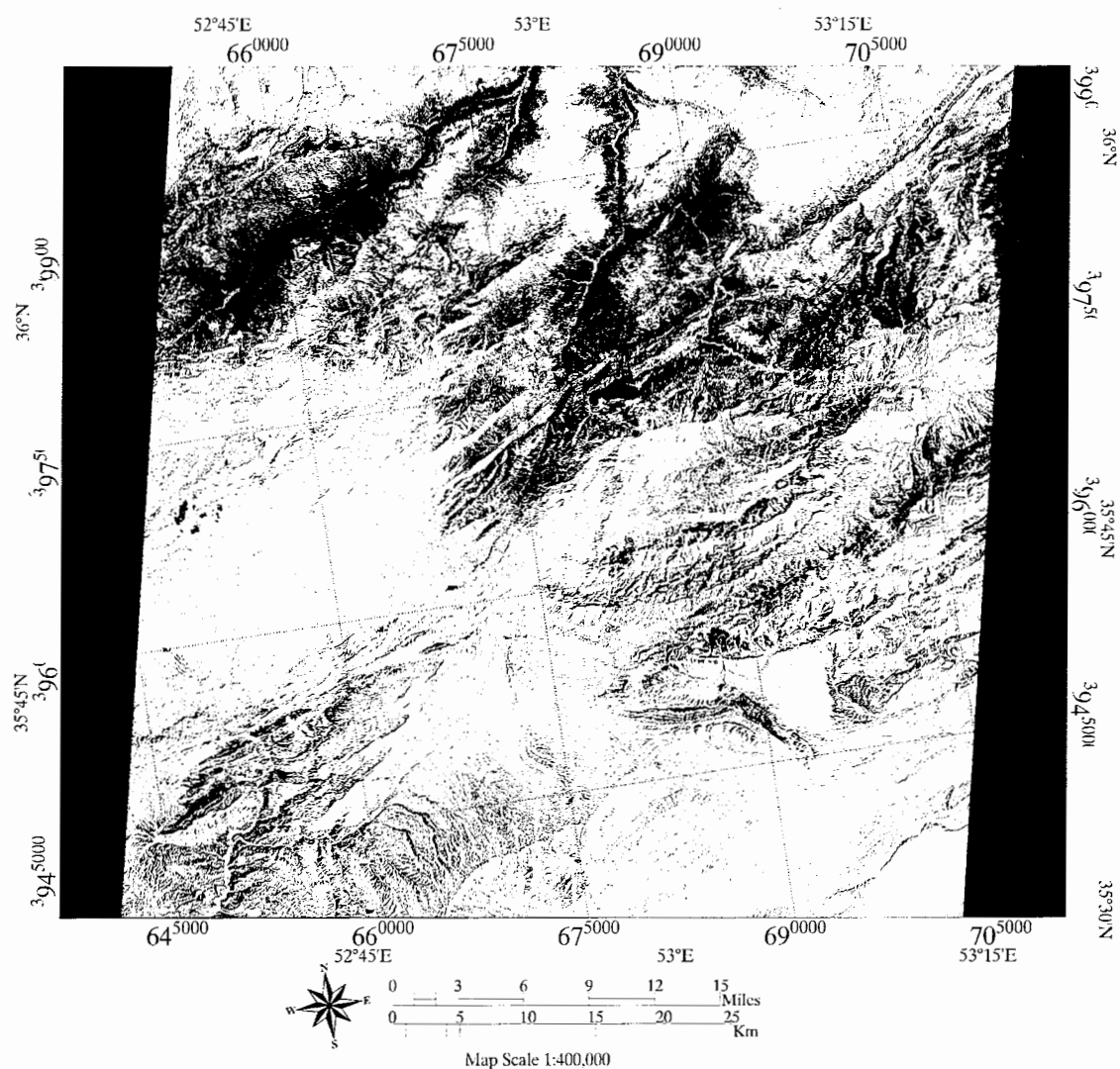
که این تصاویر قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه را پوشش می دهند. روی این تصاویر پس از آماده سازی اولیه از ترکیب باندی 1, 3, 2 : RGB استفاده شده است. در این مناطق دارای پوشش گیاهی با رنگ سبز از بقیه مناطق مشخص می شوند. این سه تصویر در شکل های ۳-۶ تا ۵-۶ به ترتیب شماره نشان داده شده اند.



شکل ۳-۶: تصویر *ASTER* شماره ۱

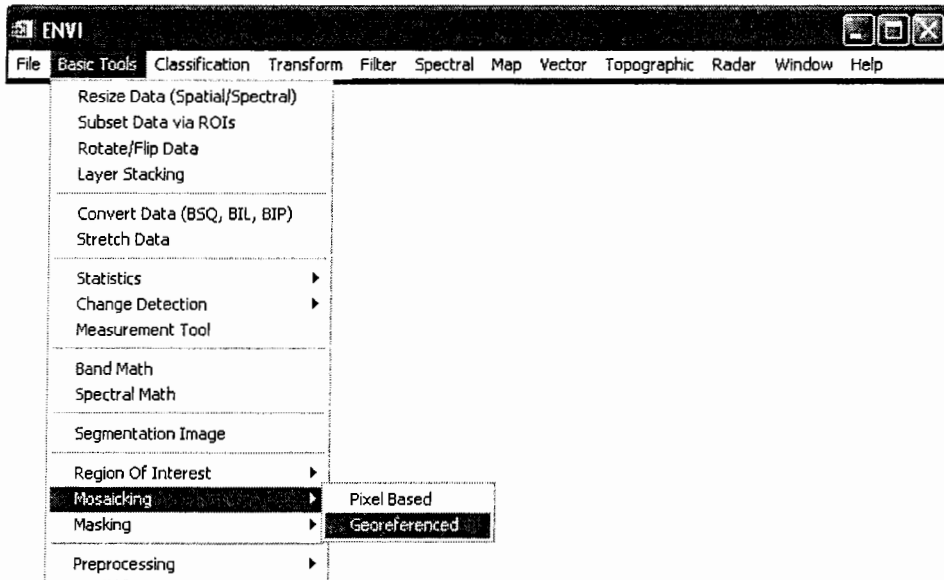


شکل ۶-۴: تصویر *ASTER* شماره ۲



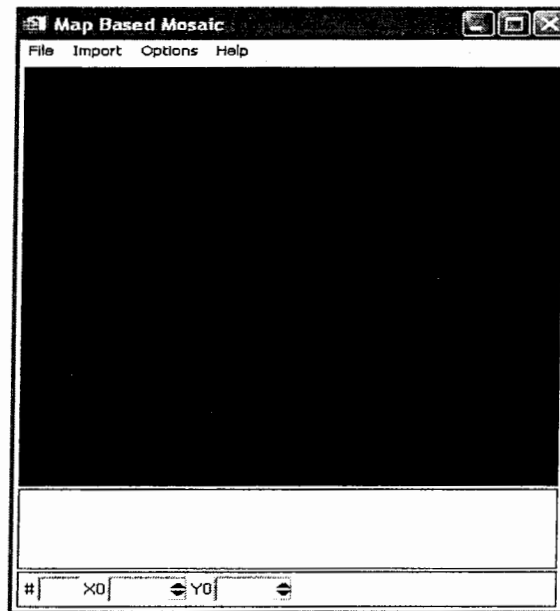
شکل ۶-۵: تصویر ASTER شماره ۳

قبل از شروع پردازش، لازم است که سه تصویر نشان داده شده در شکل‌های ۳-۶ تا ۵-۶ با هم ترکیب (موزائیک) شده، تا منطقه مورد مطالعه از روی آنها جدا شود. برای این منظور از گزینه *Georeferenced* از زیر منوی *Mosaicking* از منوی اصلی *Basic Tools* نرم افزار *ENVI* استفاده شده است (شکل ۶-۶).



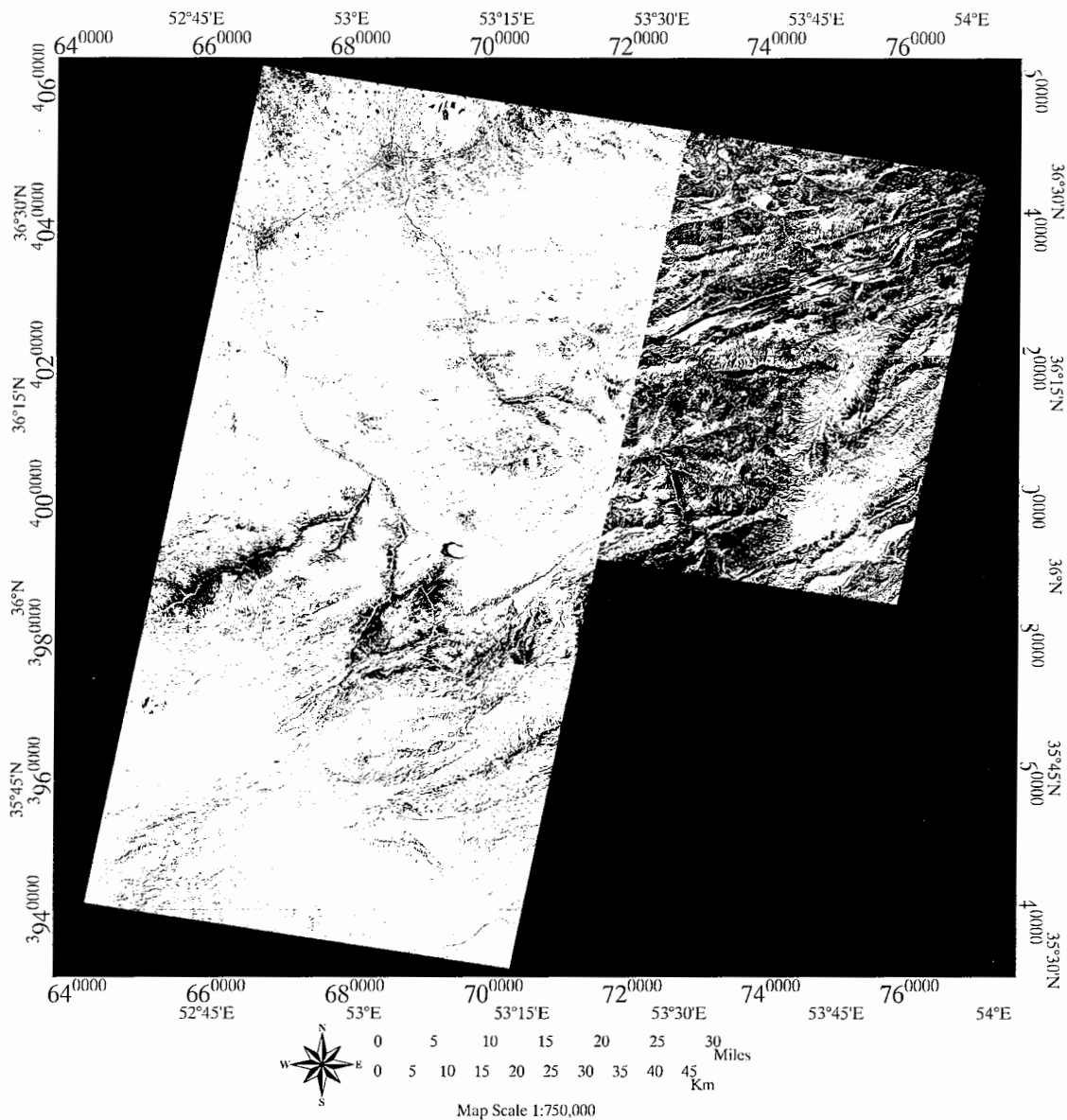
شکل ۶-۶: فراخوانی ایجاد موزائیک

با انجام این کار، پنجره نشان داده شده در شکل ۶-۷ باز خواهد شد.



شکل ۶-۷: پنجره ایجاد موزائیک

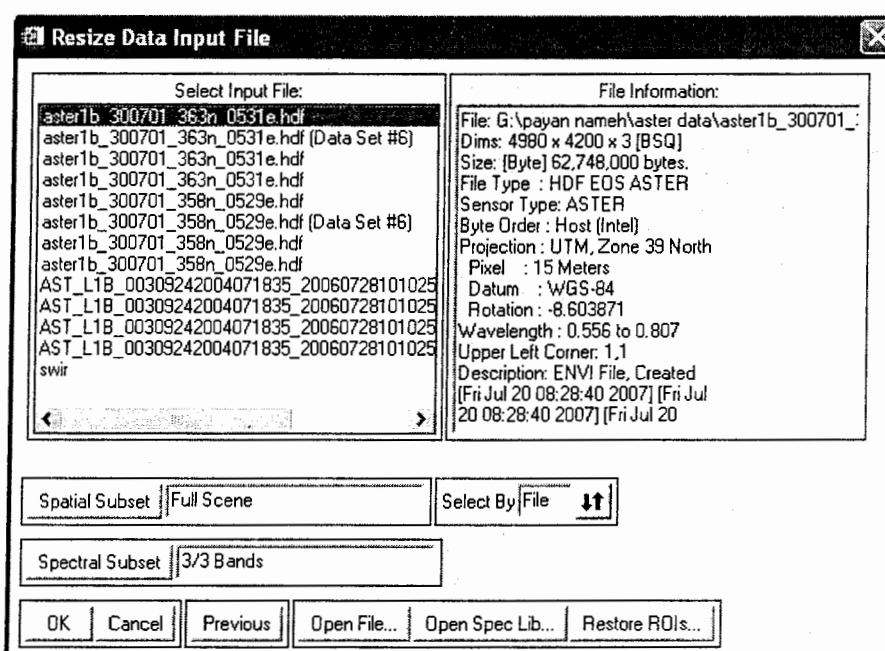
برای فراخوانی تصویر از منوی *Import* پنجره شکل ۶-۷ استفاده خواهد شد. با انتخاب گزینه *Import Files...* از این منو پنجره‌ای باز می‌شود که می‌توان فایل‌های تصاویر *ASTER* منطقه را در آن انتخاب کرد و به نرم‌افزار معرفی نمود. پس از انتخاب فایل‌ها عمل موزائیک کردن انجام می‌گیرد. شکل شماره ۶-۸ تصویر موزائیک شده را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۸: نمایش موزائیک سه تصویر *ASTER*

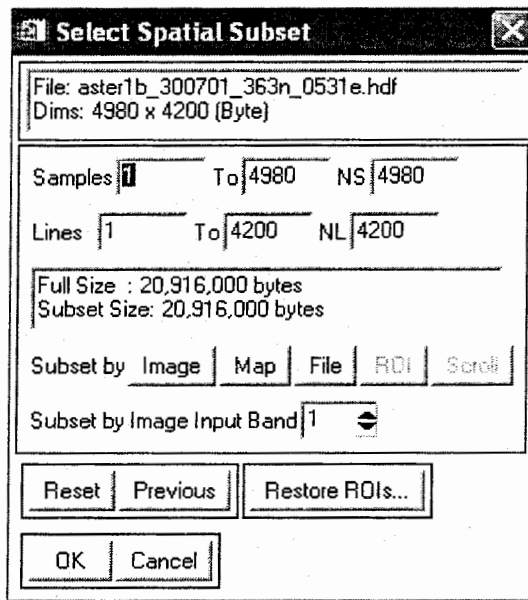
۶-۵- ایجاد زیرمجموعه مکانی منطقه مطالعاتی از کل داده‌های Aster

یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این نرم‌افزار این است که در هر زمان و در هر عملی که قرار است روی تصویر انجام شود، این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان زیرمجموعه طیفی یا مکانی را تعیین نمود. برای ایجاد زیرمجموعه مکانی باید زیرمنوی (Spectral , Spatial) Resize Data را از منوی اصلی Basic Tools نرم افزار ENVI انتخاب نمود تا پنجره شکل ۶-۹ ظاهر گردد.



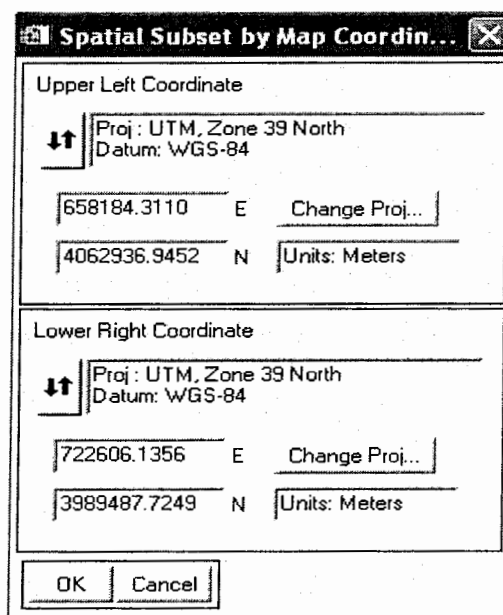
شکل ۶-۹: انتخاب تصویر به همراه گزینه‌های انتخاب زیرمجموعه‌ها

در پنجره ظاهر شده با کلیک روی دکمه Spatial Subset پنجره شکل ۶-۱۰ ظاهر خواهد گردید.



شکل ۶-۱۰: پنجره ایجاد زیرمجموعه مکانی از تصویر

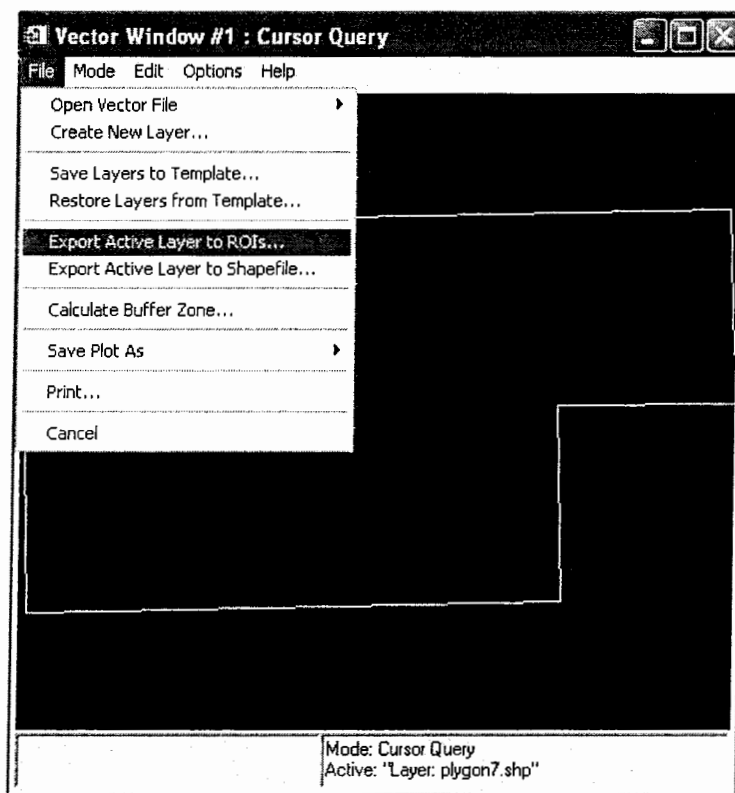
در این حالت با وارد کردن اعداد مربوط به Sample و Line در یک رنج خاص و یا انتخاب یکی از حالات سه گانه Image, Map, File می توان این کار را انجام داد. مثلاً با انتخاب گزینه Map از پنجره شکل ۶-۱۰، پنجره ای مطابق با شکل ۶-۱۱ ظاهر خواهد شد.



شکل ۶-۱۱: پنجره انتخاب زیرمجموعه مکانی از تصویر به وسیله مختصات زمینی

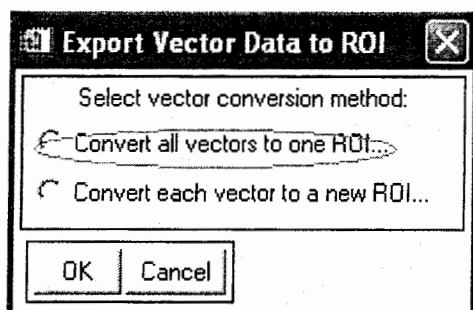
در این پنجره می‌توان منطقه‌ای مستطیل شکل را با وارد کردن مختصات زمینی گوشه سمت چپ بالا در قسمت Upper Left Coordinate و مختصات گوشه سمت راست پائین در قسمت Lower Right Coordinate از تصویر جدا نمود.

گاهی اوقات لازم است قسمتی از تصویر توسط یک مرز موجود جدا شود. در این صورت لازم است تصویر و فایل برداری مورد نظر در پنجره‌ای جداگانه باز شوند. در این حالت ابتدا باید از منوی اصلی File گزینه Open Vector File را انتخاب کرده و از مسیر مورد نظر، فایل برداری را باز کرد. با انجام این کار شکل ۱۲-۶ ظاهر می‌گردد. حال گزینه Export Active Layer to ROIs را از منوی File شکل ۱۲-۶ انتخاب می‌کنیم. با انجام این کار می‌توان مرز موجود را به یک ناحیه (ROI) تبدیل کرد.



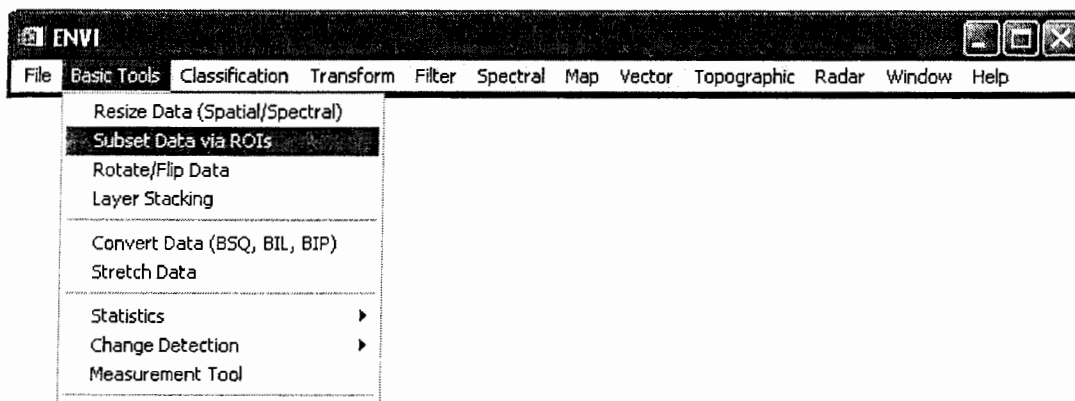
شکل ۱۲-۶: تبدیل یک فایل برداری به یک ناحیه

سپس باید نام فایل تصویری مورد نظر را مشخص کرد. با انجام این کار پنجره شکل ۶-۱۳ باز می‌شود. در این پنجره گزینه Convert all vectors to one ROI... را انتخاب می‌کنیم.



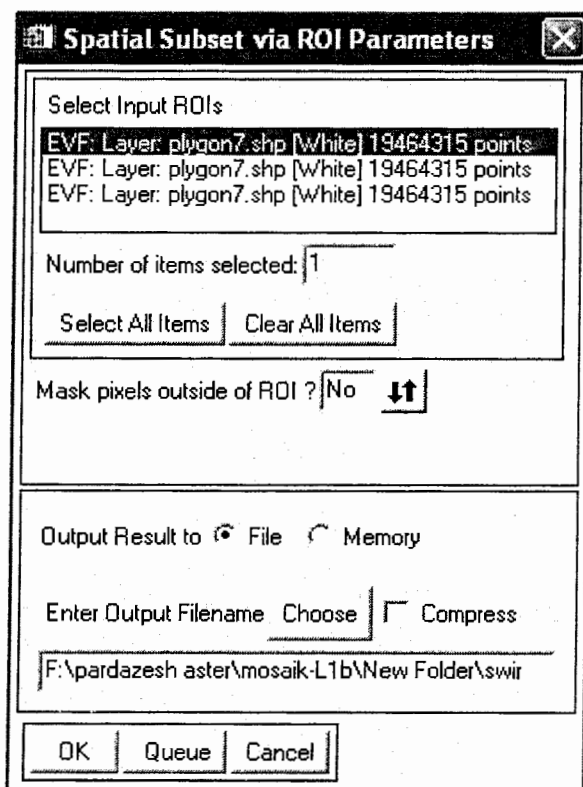
شکل ۶-۱۳: پنجره انتخاب نوع ROI

با انجام این کار فایل برداری به یک ناحیه انتخابی تبدیل می‌شود. در ادامه برای برش تصویر با استفاده از این ناحیه باید از منوی اصلی Basic Tools گزینه Subset Data Via ROIs را انتخاب کرد.



شکل ۶-۱۴: انتخاب گزینه Subset Data Via ROIs

سپس نام فایل تصویری که قرار است برش بخورد را مشخص کرده تا پنجره شکل ۶-۱۵ ظاهر شود. در این پنجره تنظیمات مرحله آخر جداسازی بخش دلخواه تصویر انجام می‌شود.

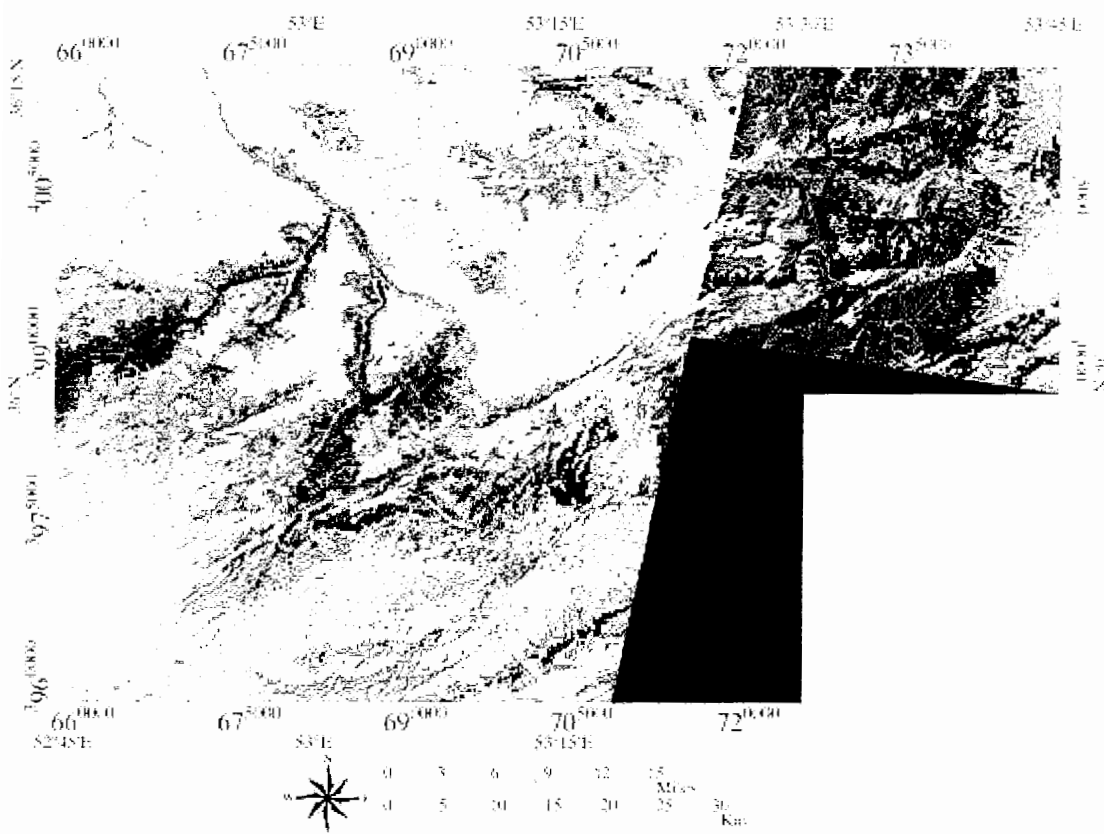


شکل ۶-۱۵: انتخاب فایل ROI مورد نظر برای انجام Subset

در قسمت بالائی پنجره ۶-۱۵ (select input ROIs) نام ناحیه‌ای که به عنوان مرز در نظر گرفته شده را باید انتخاب نمود. آخرین بخش هم مربوط به نام و نشانی فایل خروجی است. فایل برداری منطقه مورد مطالعه در شکل ۶-۱۶ شده است.

با انجام مراحل ذکر شده برای ایجاد زیرمجموعه مکانی توسط یک فایل برداری، بر روی تصویر موزائیک شده شماره ۶-۸، تصویر شکل ۶-۱۷ به عنوان زیرمجموعه مکانی مورد نظر (محدوده مورد مطالعه) به دست خواهد آمد.

شکل ۶-۱۶: فایل برداری محدوده مورد مطالعه



شکل ۶-۱۷: تصویر ASTER منطقه مورد مطالعه با ۱، ۲، ۳: RGB

همان‌طور که از روی این تصویر مشخص است مناطق با رنگ سبز با توجه به داشتن پوشش گیاهی نمی‌توانند به عنوان اولویت اول نواحی امیدبخش مدنظر قرار گیرند. در این تصویر مناطق فاقد پوشش گیاهی، بیشتر در جنوب و شرق منطقه گسترش دارند. لذا بیشتر مطالعات سنجش از دور در این مناطق متمرکز شده است. لازم به توضیح است که مناطق سیاه موجود در تصویر جزء منطقه مطالعاتی بوده ولی به علت در دسترس نبودن داده‌های Aster این منطقه، عملیات پردازش فقط روی داده‌های موجود انجام گرفت.

۶-۶- تشخیص واحدهای سنگی و لیتولوژیکی سنگ میزبان

یکی از روش‌هایی که به نحو مطلوبی محدوده اکتشافی را کوچک می‌کند، شناخت واحدهای سنگی مناسب برای وجود کانی‌سازی است. شناخت این واحدها تا حد بسیار زیادی ریسک عملیات اکتشاف را کاهش می‌دهد. در مطالعه حاضر نیز با توجه به مدلسازی صورت گرفته در فصل‌های گذشته، آهک‌ها و دولومیت‌های بخش بالایی سازند الیکا به عنوان محیط زمین‌شناسی مناسب برای تشکیل ذخیره تعیین شدند. بنابراین شناخت و تشخیص محل رخنمون‌های سازند الیکا می‌تواند در تعیین مناطق امیدبخش نقش اساسی ایفا کند. برای تشخیص راحت‌تر سازند الیکا، ابتدا واحدهایی غیر از این سازند که با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به نحو بارزی قابل شناسایی بودند، جدا شده تا در نهایت شناسایی واحدهای هدف (آهک و دولومیت‌های سازند الیکا) راحت‌تر امکان پذیر باشد. در این راستا از روش‌هایی مانند ترکیب رنگی کاذب، اعمال فیلترها، بارزسازی‌های مناسب، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم‌های گوناگون و... استفاده شده است. در این قسمت، عمل تقسیم‌بندی بر روی تصاویر VNIR اعمال شد و بهترین حالت تقسیم‌بندی ۲/۱ به دست آمد که حاوی اطلاعات مفیدی می‌باشد. سپس با اعمال RGB: 2/1, 1 تصویر شکل ۶-۱۸ حاصل شد. در این تصویر واحدهای سنگی زیادی در مقایسه با نقشه زمین‌شناسی منطقه به وضوح قابل تشخیص هستند. علاوه بر این، در این تصویر حتی دو بخش آهک‌ها و دولومیت‌های سازند الیکا نیز از هم قابل تفکیک می‌باشد. واحدهای قابل تشخیص بر روی این تصویر که با انجام مقایسات دقیق با نقشه زمین‌شناسی به دست آمده‌اند عبارتند از:

۱- TRe^x (آهک الیکا)، سفید رنگ

۲- TRe^x (دولومیت الیکا)، قهوه ای کم رنگ

۳- E^m (مارل، آهک خاکستری و توف)، آبی رنگ

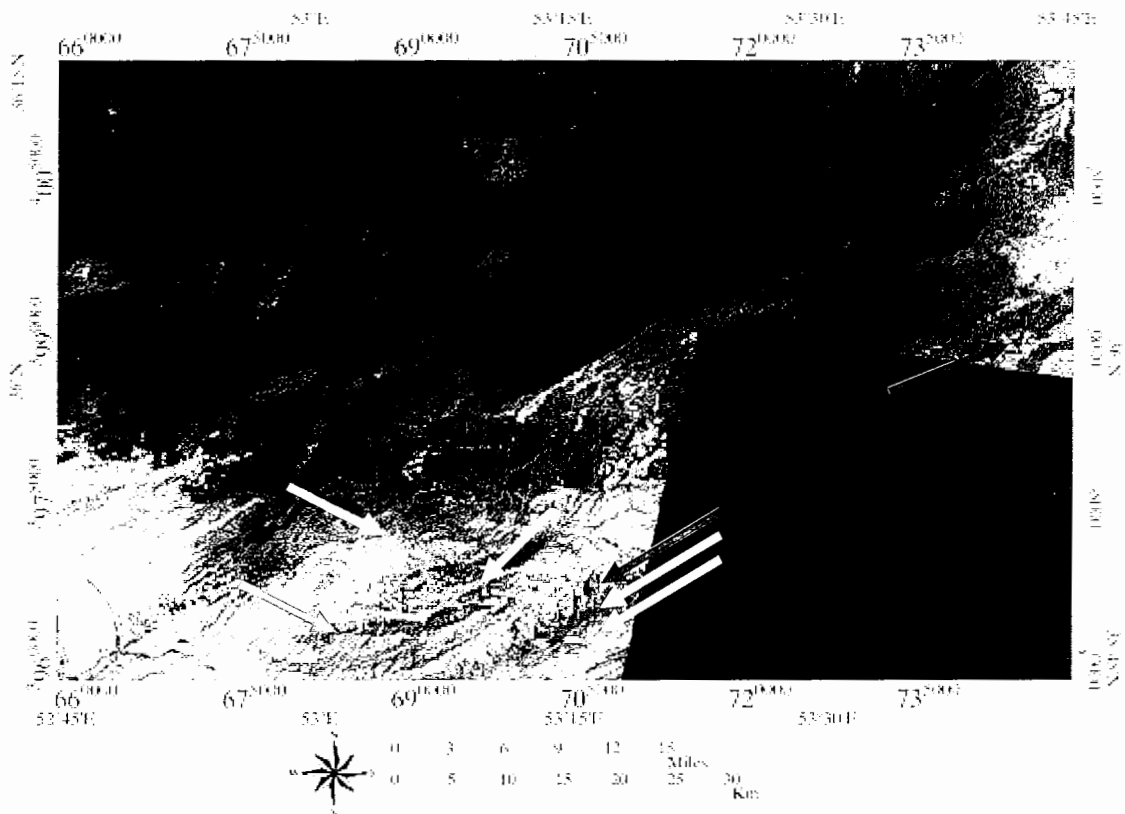
۴- PGf^{sc} (کنگلومرای سازند فجن)، نارنجی رنگ

۵- JL (آهک سازند لار)، آجری

۶- C_1 و C_2 (شیل، شیل ماسه ای، ماسه سنگ لالون و زاگون)، قرمز پررنگ

۷- K_r و Jd و JLs^x (آهک)، زرشکی

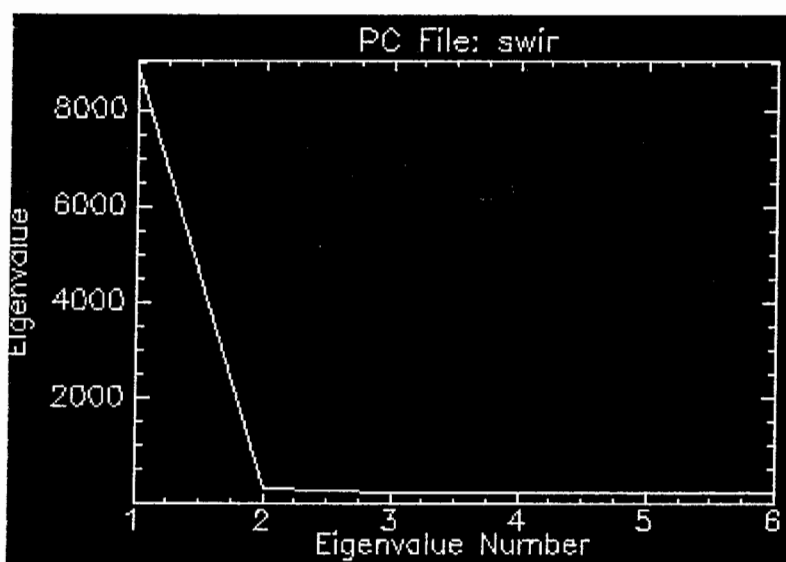
لازم به ذکر است که در تصویر ۶-۱۸ از هر واحد فقط یک مورد مشخص شده است و بقیه موارد با توجه به شباهت رنگ قابل تشخیص خواهند بود.



شکل ۶-۱۸: نمایش تصویر ترکیبی ۱، ۲، ۳/۱: RGB

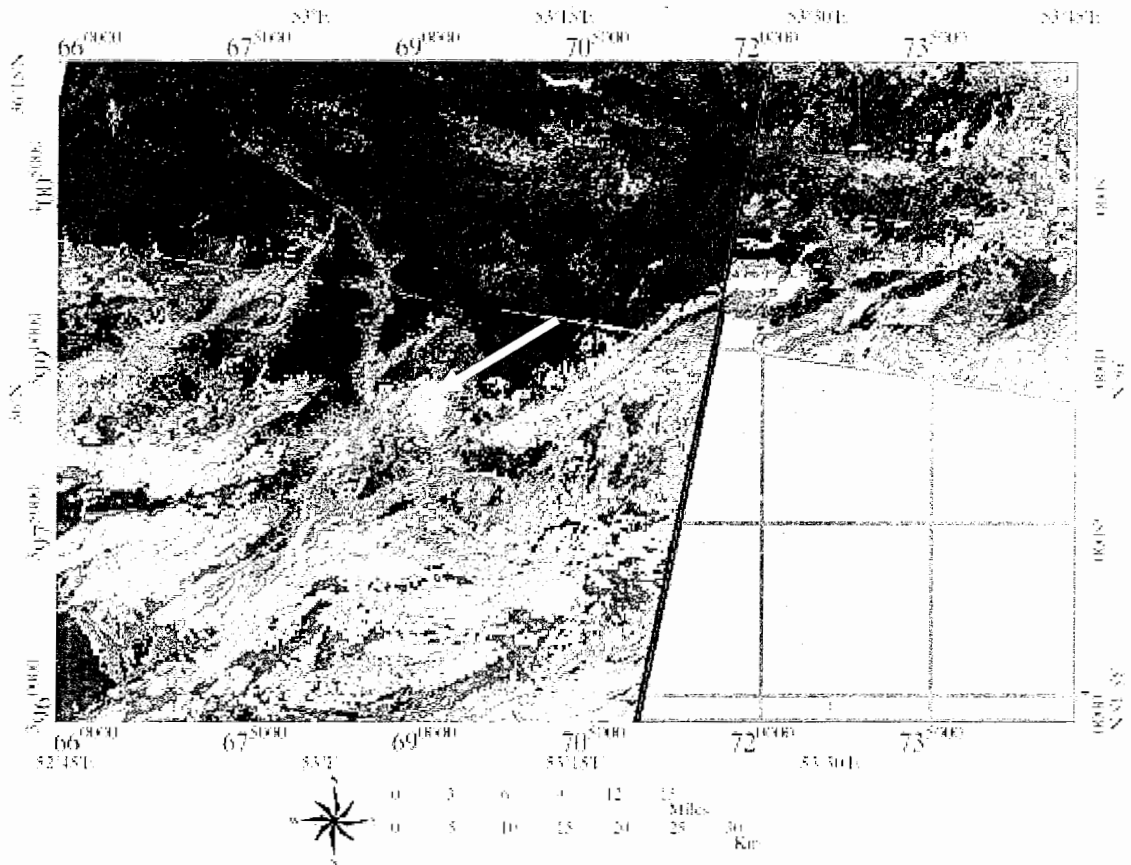
۶-۷- تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی

به منظور شناخت باندهایی که دارای اطلاعات بیشتر بوده و حداکثر واریانس تغییرات را پوشش می‌دهند از روش تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. ابتدا مقادیر ویژه مطابق شکل ۶-۱۹ به دست آمد و سپس با گرفتن اطلاعات آماری لازم، RGB های گوناگونی از این باندها ساخته شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



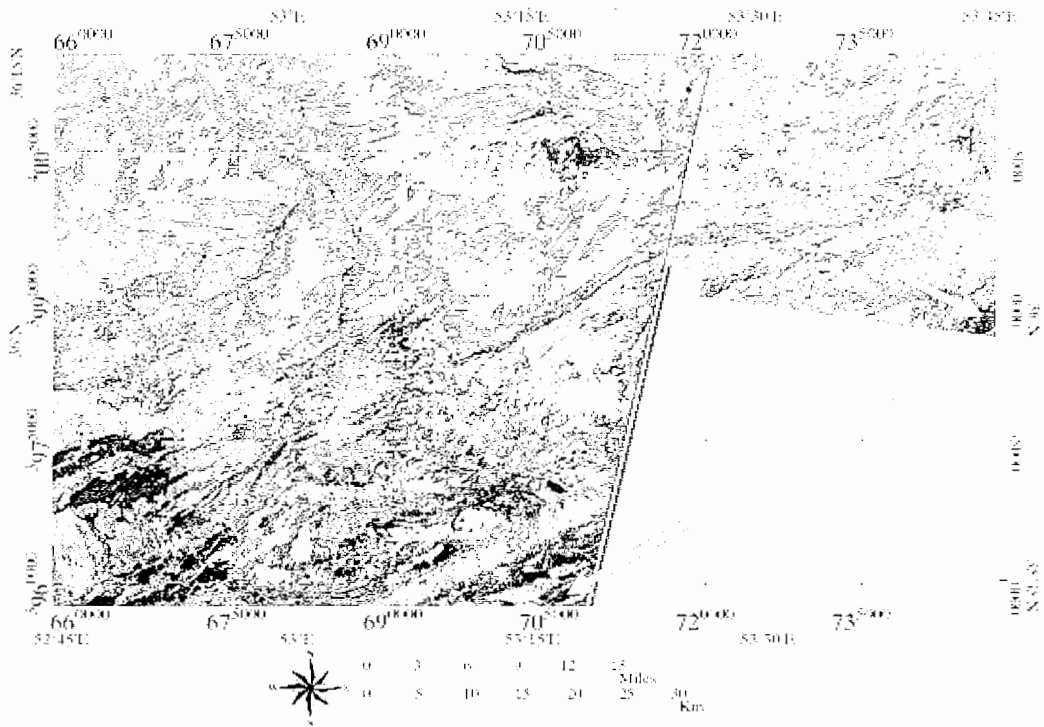
شکل ۶-۱۹: نمودار مقادیر ویژه مربوط به هر باند از فایل SWIR

از ترکیب رنگی RGB: PC4, PC6, PC9 که در شکل ۶-۲۰ نشان داده شده است می‌توان واحد TR_V که شامل بازالت اسپلیتی و سنگ‌های آذرآواری می‌باشد، را با مقایسه با نقشه زمین‌شناسی شناسایی کرد. که این واحد با رنگ سبز بر روی تصویر قابل تشخیص است.

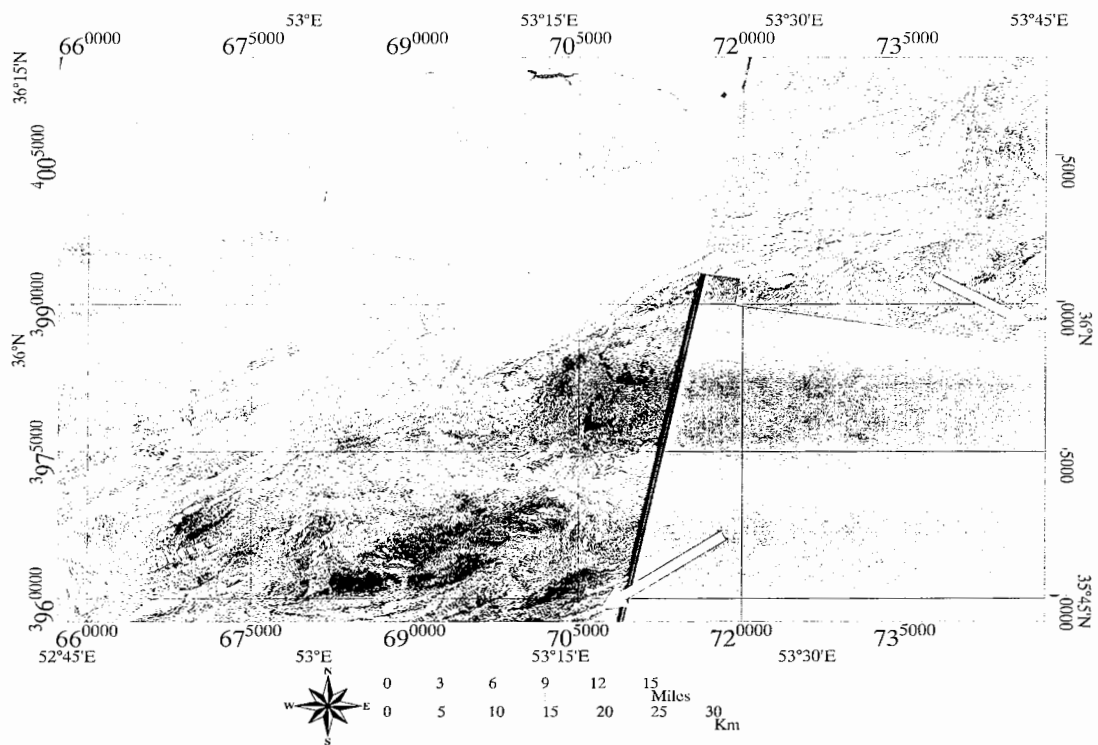


شکل ۶-۲۰: نمایش تصویر با $RGB: PC4, PC6, PC9$

در ترکیب $RGB: PC5, PC8, PC9$ که در شکل ۶-۲۱ نشان داده شده است با اختصاص باند $PC5$ به تفنگ الکترونیکی قرمز واحدهای بخش بالایی سازند الیکا به رنگ قرمز درآمد و در ترکیب $RGB: PC7, PC5, PC9$ که در شکل ۶-۲۲ نشان داده شده است با اختصاص همین باند به تفنگ الکترونیکی سبز، مشاهده شد که الیکا به رنگ سبز درآمد. بنابراین واضح است که باند $PC5$ برای شناسایی واحدهای سازند الیکا مناسب می‌باشد.



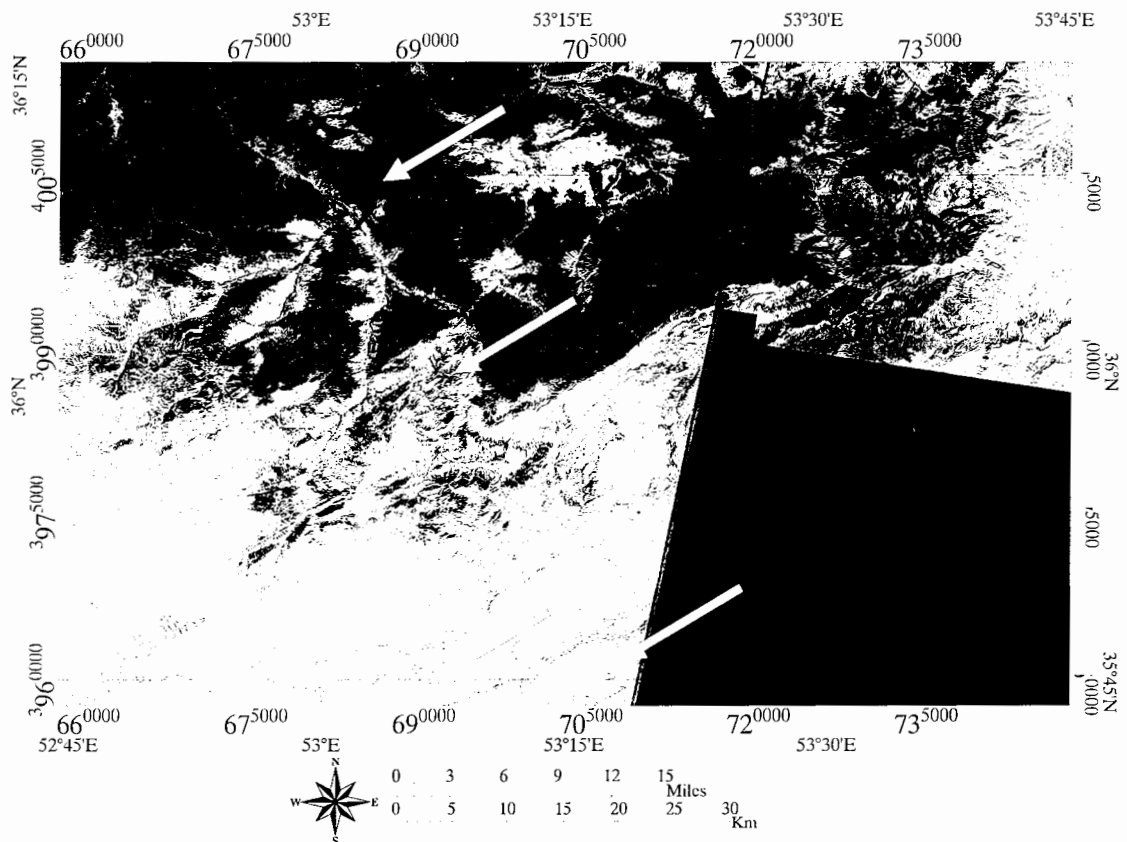
شکل ۶-۲۱: نمایش تصویر با PC_9 , PC_8 , PC_5 RGB



شکل ۶-۲۲: نمایش تصویر با PC_9 , PC_5 , PC_7 RGB

۶-۸- ترکیبات رنگی

- با اعمال ترکیب رنگی ۹، ۶، ۴ RGB که در شکل ۶-۲۳ نشان داده شده است و کنترل دقیق آن با نقشه زمین شناسی منطقه (شکل ۲-۳) چهار کلاس به شرح ذیل قابل تشخیص هستند:
- واحد TR_V (آندزیت و بازالت) به رنگ سبز یشمی،
 - واحدهای G, C_2 (مارل ژپیس دار و کنکومرا و ماسه سنگ های ائوسن) به رنگ صورتی
 - واحدهای TR_e^2, TR_e^1 (آهک و دولومیت های الیکا) با رنگ زرد
 - و پوشش گیاهی با رنگ قهوه‌ای سوخته

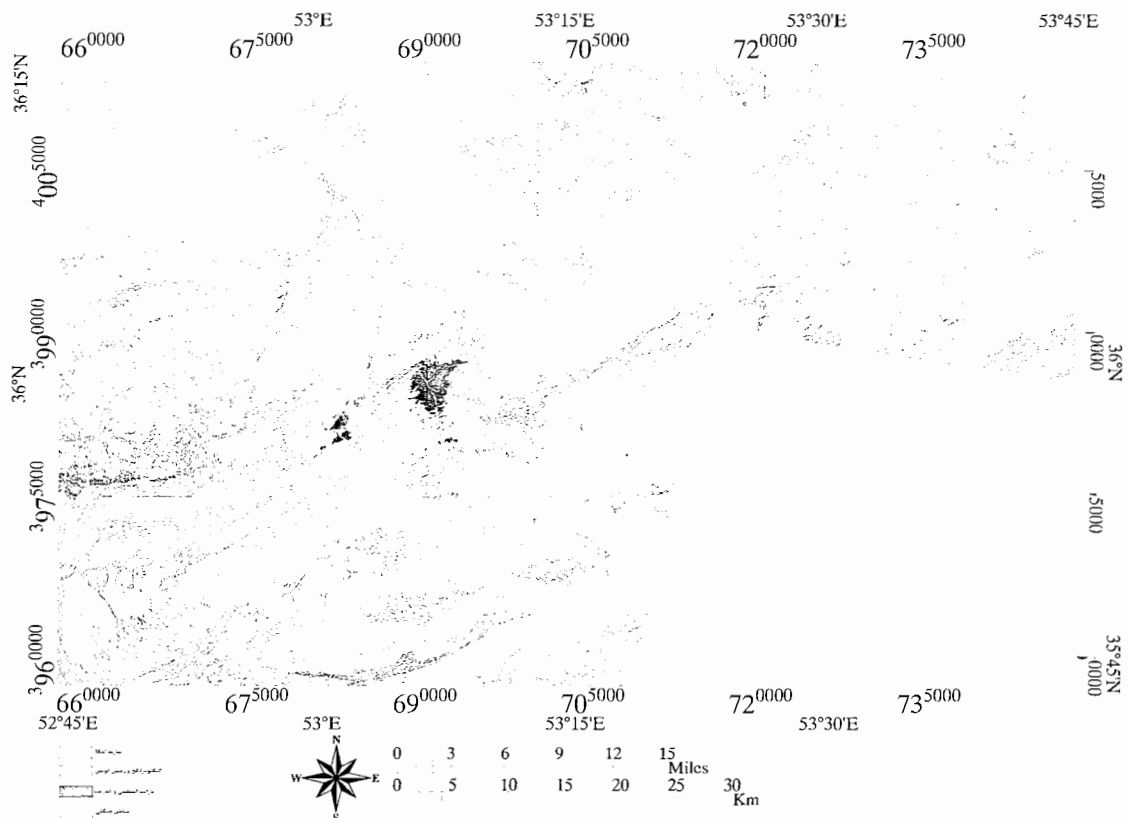


شکل ۶-۲۳: نمایش تصویر با ۹، ۶، ۴ RGB

۹-۶- طبقه‌بندی نظارت‌شده

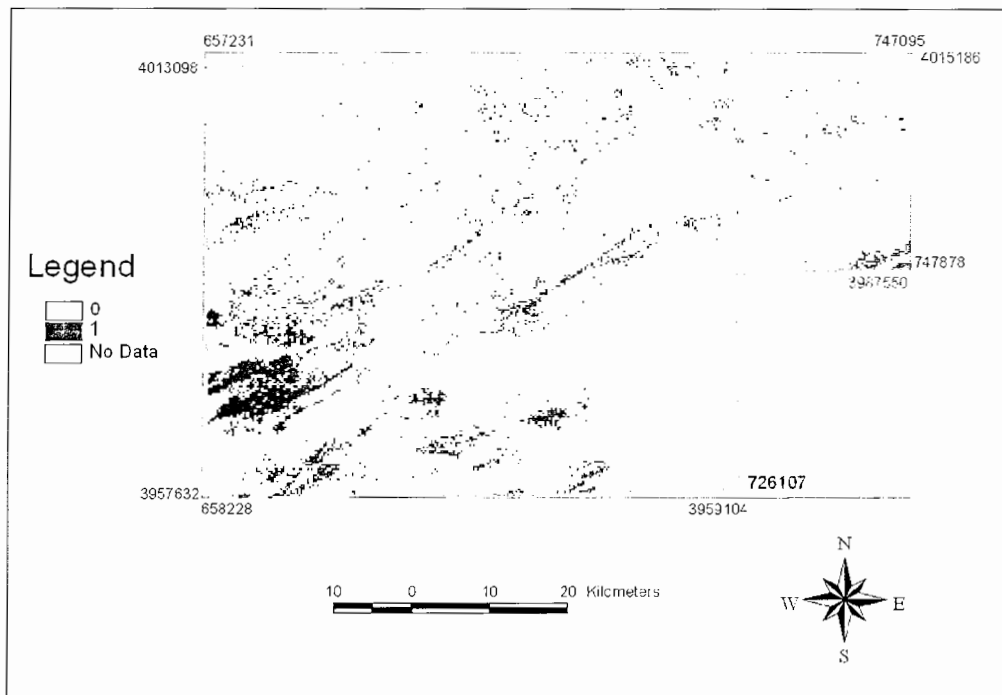
۹-۶-۱- طبقه‌بندی با استفاده از واحدهای الیکای کنترل‌شده

پس از مشخص نمودن چهار واحد نام برده شده در بند ۶-۸ از روی تصویر ۶-۲۳ به منظور استخراج دقیقتر این واحدها به روش رقومی، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم *Maximum Likelihood* استفاده شده است. به این منظور، ۵ کلاس به صورت (۱) آندزیت و بازالت با رنگ بنفش (۲) مارل ژیپس‌دار و کنگلومرا و ماسه ائوسن با رنگ صورتی (۳) آهک و دولومیت های بخش بالایی الیکا با رنگ قهوه‌ای (۴) جنگل و پوشش گیاهی با رنگ سبز و (۵) سایر موارد غیر قابل تشخیص بغیر از کلاس‌های فوق با رنگ سفید، تعریف شد و پس از اعمال نمونه‌های لازم برای طبقه‌بندی، نتیجه طبقه‌بندی به صورت شکل ۶-۲۴ ظاهر شده است.



شکل ۶-۲۴: طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم *Maximum Likelihood* بر روی تصویر ۹، ۶، ۴ RGB

هدف از این طبقه‌بندی مشخص نمودن واحدهای رخنمون دار الیکا بوده است. برای استفاده بهتر از این طبقه‌بندی، تصویر ۶-۲۴ را به محیط نرم افزار Arcview برده و پس از طبقه‌بندی مجدد، کلاس مربوط به رنگ قهوه‌ای (آهک و دولومیت های بخش بالایی سازند الیکا) با کد ۱ و بقیه کلاس‌ها با کد صفر ذخیره شد تا یک نقشه باینری نشان‌دهنده نقاط مناسب برای کانی‌سازی به دست آید. این نقشه در شکل ۷-۲۵ نشان داده شده است.

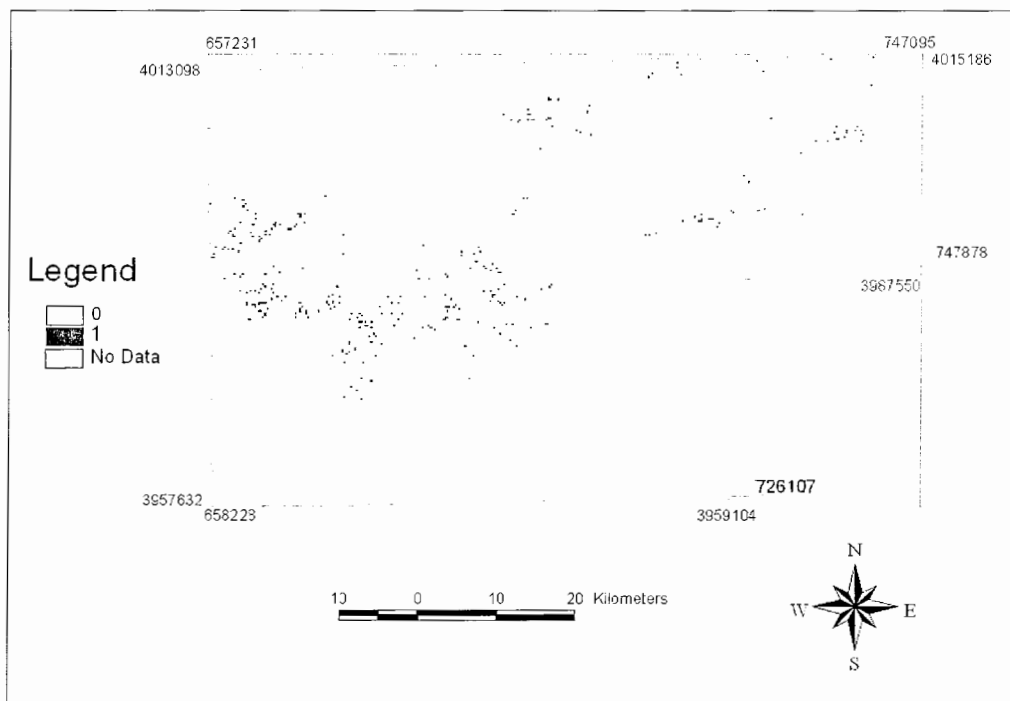


شکل ۶-۲۵: تصویر باینری شده آهک‌های سازند الیکا بر اساس شکل ۶-۲۴

۶-۹-۲- طبقه‌بندی با استفاده از اندیس‌های معدنی شناخته شده

یکی از روش‌هایی که می‌تواند در شناسایی مناطق امیدبخش اکتشافی ذخایر در یک ناحیه مفید باشد، استفاده از اندیس‌های شناخته شده قبلی به عنوان الگو و شاهد می‌باشد. در این حالت ابتدا مختصات اندیس‌های شناخته شده جمع‌آوری شده و سپس نقاطی که خصوصیات مشابه این اندیس‌ها را دارند، جستجو و معرفی می‌شوند. در مطالعه حاضر نیز از ۳۰ نقطه رخنمون دار فلورین که مربوط به ۷ محدوده معدنی می‌باشد (شکل ۵-۳)، به عنوان نمونه‌های شاخص استفاده شد. سپس با

استفاده از الگوریتم *Minimum Distance* یک طبقه‌بندی انجام گردید که نتیجه آن به صورت یک نقشه باینری در شکل ۶-۲۶ نشان داده شده است.



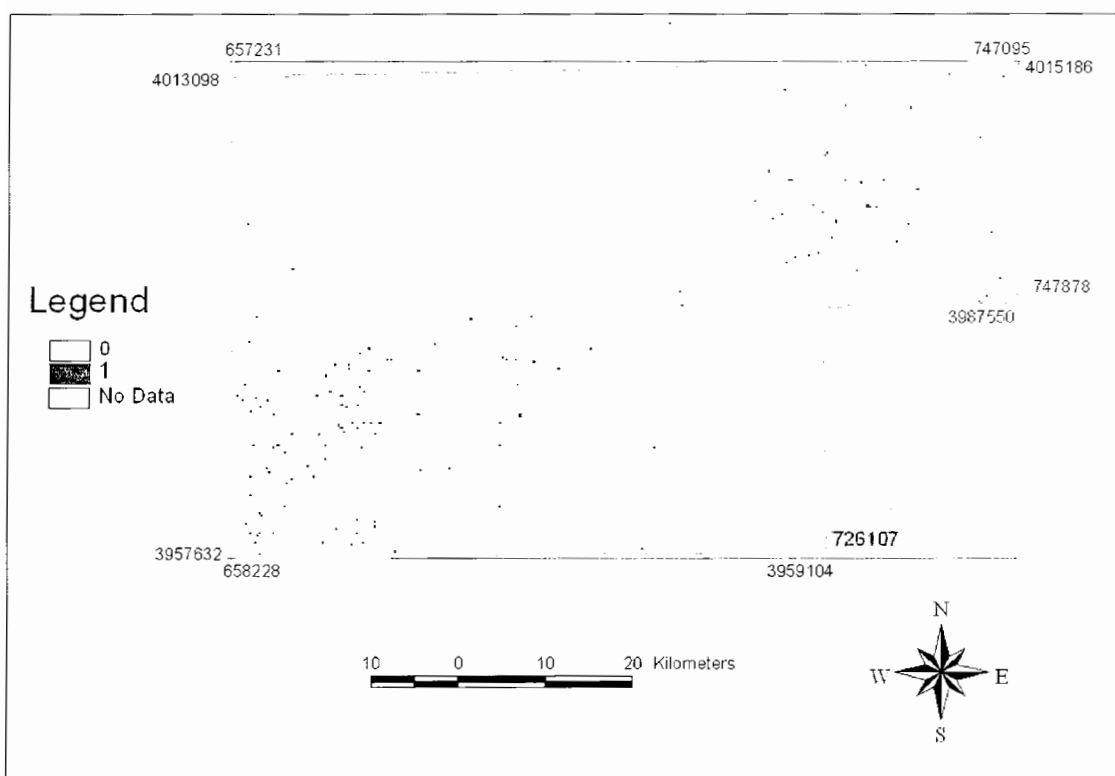
شکل ۶-۲۶: نتیجه طبقه‌بندی با الگوریتم *Minimum Distance* با اندیس‌های معدنی شناخته شده

۶-۱۰- استفاده از محاسبات بانندی برای شناسائی مناطق آلتراسیون کائولینیتی

یکی از روش‌های مفید در پردازش تصاویر ماهواره‌ای تقسیم باندها می‌باشد که اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را کاهش داده و علاوه بر آن اختلاف بین درجات روشنایی را آشکار کرده و مرزها را مشخص‌تر می‌سازد. بنابراین برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی و تشخیص لیتولوژی‌های مختلف می‌توان از آن استفاده نمود.

به منظور شناسائی مناطق آلتراسیون کائولینیتی ترکیب بانندی $\frac{PC4+PC6}{PC5}$ تشکیل شد [۲۷].

نتیجه حاصل از این عمل در شکل ۶-۲۷ آورده شده است.



شکل ۶-۲۷: مناطق معرفی شده به عنوان آلتراسیون کائولینیتی

۶-۱۱- بازدید و پیمایش مقدماتی انجام شده در منطقه

در دو مرحله از منطقه بازدید به عمل آمد مرحله اول به منظور برداشت مشخصات کامل اندیس‌های شناخته شده فلورین برای استفاده در مدل‌سازی که در فصل ۴ و ۵ و ۶ تشریح شد و در مرحله دوم در بعضی از مناطق معرفی شده با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای پیمایش‌هایی به صورت مقدماتی انجام شد. در اثر این پیمایش یک نمونه نایرجا و دارای کانی‌سازی باریت، مالاکیت و آزوریت در مختصات $N=36^{\circ} 00' 15.5''$ و $E=52^{\circ} 52' 22.6''$ مشاهده شد. البته این پیمایش با توجه به مقیاس عملیات اکتشافی به صورت مقدماتی و پراکنده انجام شد و در مراحل اکتشافات بعدی با طراحی پروفیل‌های پیمایش به صورت سیستماتیک می‌توان به منشأ این نمونه دست یافت.

۶-۱۲- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات انجام شده در این فصل و استفاده از شواهد و اندیس‌های شناخته‌شده فلورین و رخنمون‌های سازند الیکا در منطقه، نتایج حاصله را می‌توان به صورت زیر معرفی کرد که از این موارد در فصل هشتم به عنوان یک لایه داده‌ای برای تلفیق استفاده شده است.

- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۵ که بیانگر آهک‌های سازند الیکای می‌باشد، از طبقه‌بندی نظارت-
شده با الگوریتم Maximum Likelihood بر روی تصویر Aster با 4, 6, 9: RGB حاصل شده است.
- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۶ که بیانگر نواحی مشابه با رخنمون‌های فلورین می‌باشد، از
طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم Minimum distance بر روی اندیس‌های معدنی شناخته شده
فلورین حاصل شده است.

- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۷ که معرف آلتراسیون‌های کائولینیتی موجود در منطقه می‌باشد، از
ترکیب باندی $\frac{PC4 + PC6}{PC5}$ حاصل شده است.

فصل هفتم

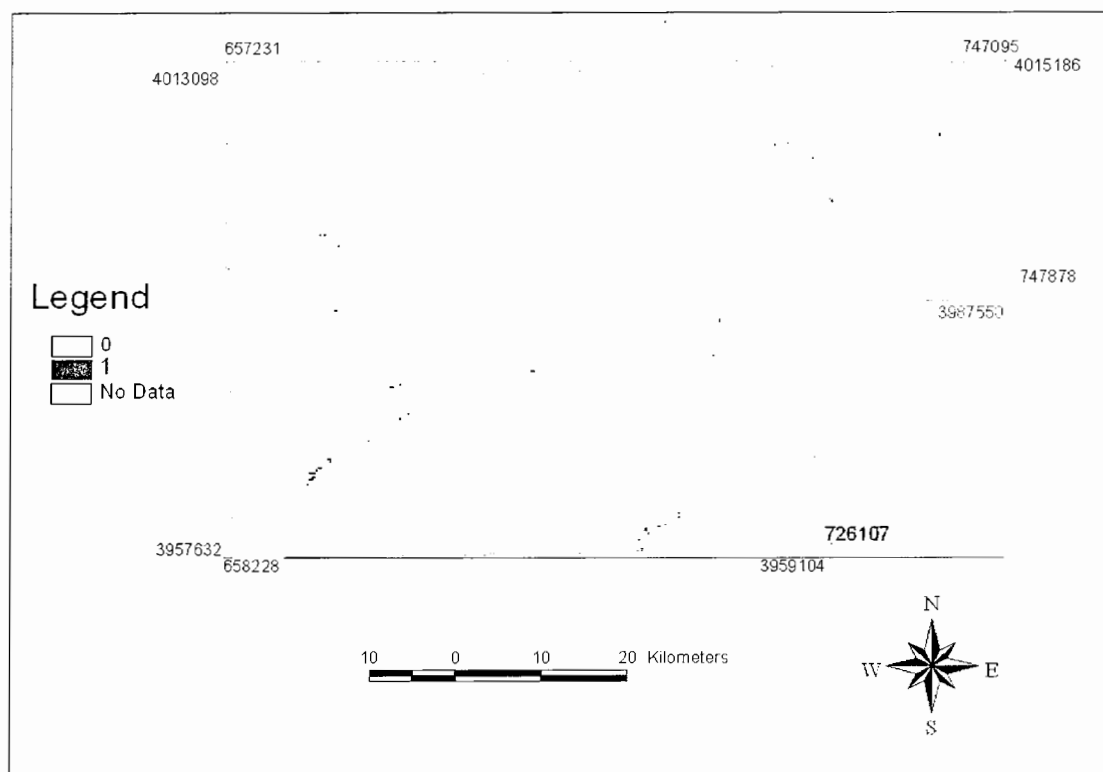
تلفیق، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- مقدمه

در این فصل با توجه به مطالعات انجام شده، ابتدا مدل ذخایر فلورین منطقه معرفی شده و سپس تلفیق نتایج بررسی‌های به عمل آمده در فصل‌های ۵ و ۶ صورت گرفت و در نهایت نتیجه‌گیری و معرفی بهترین مناطق در اولویت برای مراحل بعدی اکتشاف و پیشنهادات اکتشافات متمرکزتر ذکر شده است.

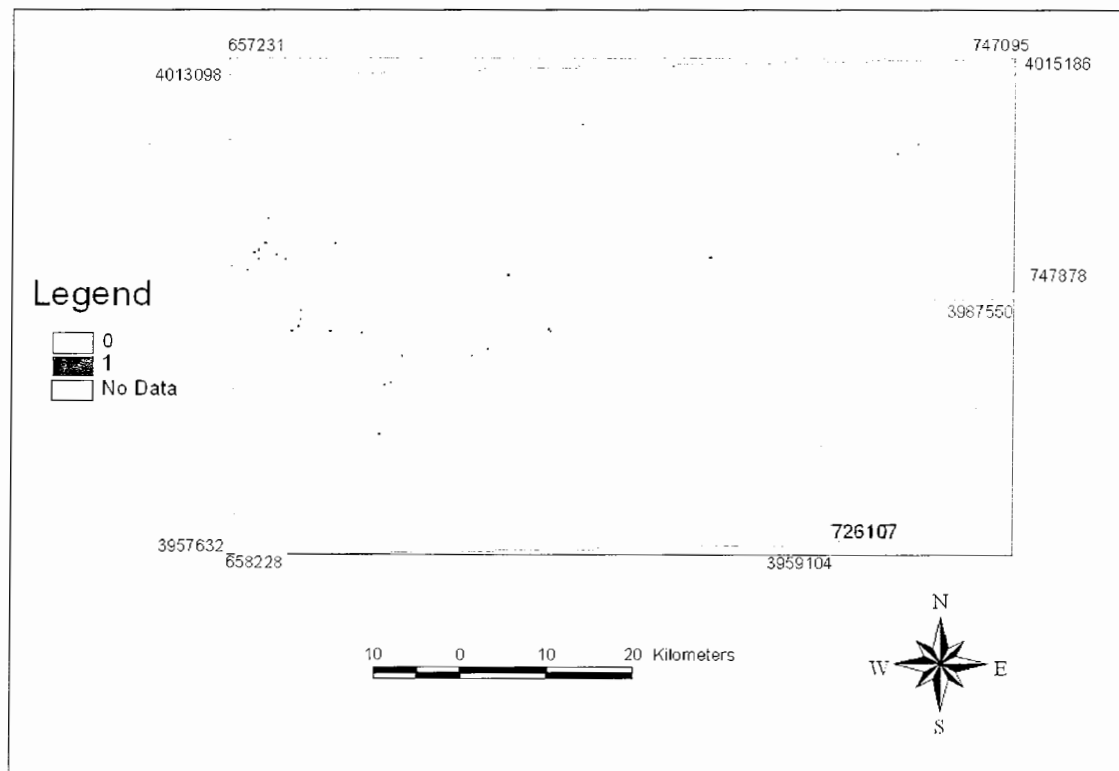
۷-۲- تلفیق نتایج و ارائه نقشه پیش‌بینی مناطق امیدبخش در اولویت

پس از انجام کلیه مطالعات، با انطباق نقشه شکل شماره ۵-۷ که حاصل تجزیه و تحلیل شواهد وزنی با استفاده از دو معیار زمین‌شناسی و گسل‌ها است و نقشه شکل شماره ۶-۲۵ که حاصل شناسایی آهک و دولومیت‌های سازند الیکا از طریق پردازش تصاویر Aster و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده می‌باشد، نقشه شکل ۷-۱ حاصل شد که این نقشه به عنوان یک نقشه نشان‌دهنده مناطق امیدبخش قابل استفاده می‌باشد.



شکل ۷-۱: نقشه امیدبخش حاصل از تلفیق نتایج شواهد وزنی و شناسایی واحدهای الیکا

علاوه بر این نقشه امیدبخش دیگری با استفاده از انطباق شکل‌های ۶-۲۵ و ۶-۲۶ که به ترتیب حاصل پردازش تصاویر *Aster* به منظور شناسایی واحدهای الیکا و نقاط مشابه اندیس‌های شناخته‌شده می‌باشند به دست آمد. این نقشه در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. نقشه شکل ۷-۲ نقشه‌ای است که با در نظر گرفتن معیارهای اکتشافی و نیز با در نظر گرفتن مناطق فاقد پوشش گیاهی نقاط امیدبخش بر روی آن با رنگ قرمز مشخص شده است. نکته جالب توجه این است که با توجه به اندیس‌های شناخته شده فلورین و نیز نحوه پراکندگی مناطق امیدبخش واضح است که اکثر مطالعات اکتشافی گذشته در قسمت نوار مرکزی محدوده صورت گرفته و قسمت جنوبی آن حتی با توجه به اینکه دارای عدم پوشش گیاهی متراکم می‌باشد با توجه به داشتن توپوگرافی شدید مورد اکتشاف قرار نگرفته است و با توجه به اینکه در مطالعه حاضر به عنوان مناطق امیدبخش معرفی شده با طراحی اکتشافات مراحل بعدی و به صورت تفضیلی‌تر می‌توان به ذخایر جدید دست یافت.



شکل ۷-۲: نقشه امیدبخش حاصل از تلفیق نتایج شناسایی واحدهای الیکا و نقاط معدنی

۳-۷- نتیجه‌گیری

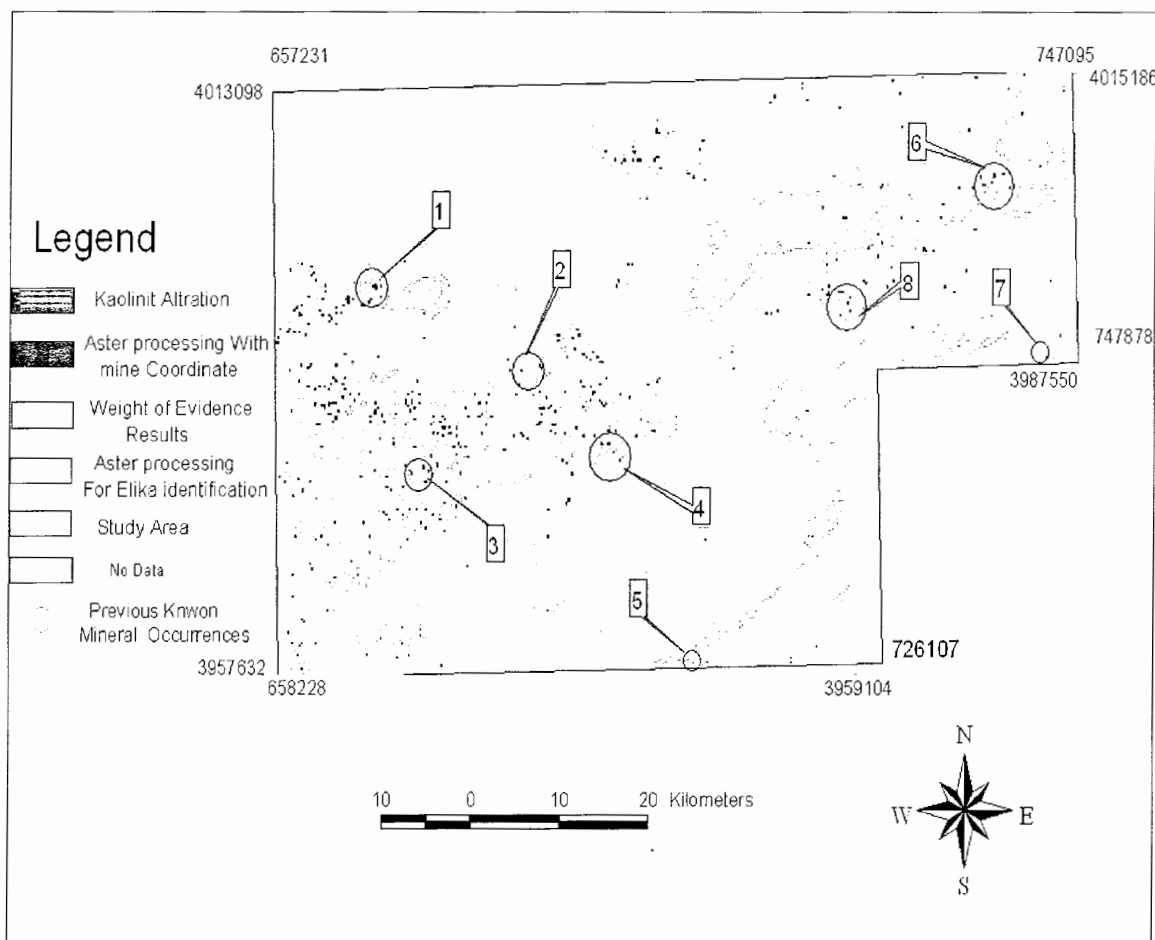
با بررسی‌های انجام شده توسط روش‌های مختلف در فصل‌های قبل چندین نقشه امیدبخش به طور جداگانه به دست آمده است که در زیر به توضیح چهار مورد از آنها خواهیم پرداخت:

۱- نقشه حاصله از شکل ۵-۷ بیانگر نقشه دوتایی نشان‌دهنده نواحی امیدبخش بر اساس دو معیار اکتشافی گسل‌ها و واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد که در تصویر نهائی (شکل ۷-۳) با رنگ سبز سیر نشان داده شده است.

۲- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۵ بیانگر آهک‌های سازند الیکای به دست آمده از طبقه بندی نظارت شده می‌باشد که در تصویر نهائی (شکل ۷-۳) با رنگ سبز کم رنگ نشان داده شده است.

۳- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۶ بیانگر نتیجه طبقه‌بندی با الگوریتم *Minimum Distance* با اندیس‌های معدنی شناخته شده می‌باشد که در تصویر نهائی (شکل ۷-۳) با رنگ قرمز □ نشان داده شده است.

۴- نقشه حاصله از شکل ۶-۲۷ بیانگر مناطق معرفی شده به عنوان آلتراسیون کائولینیتی می‌باشد که در تصویر نهائی (شکل ۷-۳) با رنگ صورتی نشان داده شده است. به منظور اولویت‌بندی و معرفی مناطق امیدبخش به صورت متمرکز، کلیه نقشه‌های امیدبخش مذکور در شکل شماره ۷-۳ روی هم قرار داده شدند تا مناطقی که توسط روش‌های مختلف تأیید می‌گردند بارزتر قابل تفکیک باشند.



شکل ۷-۳: نقشه نهائی معرف مناطق امیدبخش به ترتیب اولویت

همان‌طور که در شکل مشخص است ۸ منطقه امیدبخش معرفی شده است این مناطق به ترتیب اولویت در زیر آورده شده است :

منطقه ۱: با توجه به اینکه در این منطقه سه روش شواهد وزنی (گسل‌ها و لیتولوژی سنگ میزبان)، پردازش تصاویر *Aster* (شناسائی رخنمون‌های جدید الیکا) و شناسائی نقاط مشابه

اندیس‌های معدنی همدیگر را تأیید می‌کنند و دارای نقاط مشترک می‌باشند، در اولویت اول قرار می‌گیرد.

منطقه ۲: کلیه مطالعات انجام‌شده این منطقه را امیدبخش معرفی می‌کنند و علاوه بر این طی پیمایش مقدماتی انجام شده در آن نمونه‌ای نابرجا از کانی‌سازی مشاهده شده است، لذا این منطقه به عنوان اولویت دوم مطرح می‌گردد.

منطقه ۳: در این منطقه کلیه مطالعات همدیگر را تأیید نموده و سه روش مطالعاتی با هم همپوشانی دارند.

منطقه ۴: این منطقه توسط کلیه مطالعات تأیید شده است.

منطقه ۵: با توجه به اینکه این منطقه توسط سه نقشه امیدبخش تأیید شده است در اولویت پنجم قرار گرفته است.

منطقه ۶: این منطقه نیز توسط سه روش تأیید شده است که در آن دو روش با هم همپوشانی دارند.

منطقه ۷: این منطقه نیز توسط دو نقشه امیدبخش تأیید شده است.

منطقه ۸: این منطقه نیز توسط سه روش تأیید شده است.

با توجه به نحوه پراکندگی مناطق امیدبخش در شکل ۷-۳ و مقایسه آن با شکل‌های شماره ۷-۱ و ۷-۲ می‌توان دو نوار فلورین‌زائی را با روند شمال شرق - جنوب غرب تشخیص داد و با توجه به وجود اندیس‌های شناخته‌شده و نیز مدل‌سازی صورت گرفته احتمال وجود اندیس‌های ناشناخته بسیار بالا است. بنابراین با بررسی بیشتر و انجام عملیات اکتشافی متمرکز و سیستماتیک و با برداشت‌های بزرگ مقیاس و پیمایش‌های لازم و نیز تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس می‌توان به ذخایر جدید از نوع پنهان و نیز رخنمون‌های احتمالی فلورین دست یافت. بنابراین با توجه به توضیحات فوق ادامه عملیات اکتشافی در مناطق معرفی شده به منظور پی‌جویی فلورین توجیه‌پذیر بوده و از آنجایی که روز به روز با گذشت زمان لزوم اکتشاف این ذخایر در عمق بیشتر احساس می‌شود نیاز به یک مطالعه جامع به منظور شناسایی نقاط پتانسیل دار و در نهایت یافتن نقاط مناسب برای حفاری احساس می‌شود.

۴-۷- پیشنهادات

با توجه به روشی که در مطالعه حاضر استفاده شده نتایج مطلوبی حاصل شده است که خروجی آن به صورت یک نقشه نشان‌دهنده مناطق امیدبخش معرفی شد. حال پس از شناسایی مناطق امیدبخش باید با استفاده از انواع روش‌های اکتشافی و تلفیق نتایج آنها بهترین مکان‌ها برای اکتشاف تفضیلی معرفی شوند. بنابراین در ادامه دو روش اکتشافات ژئوشیمیایی و اکتشافات ژئوفیزیکی و در نهایت تلفیق نتایج آنها به منظور یافتن بهترین نقاط برای اجرای اکتشافات تفضیلی به صورت زیر پیشنهاد می‌شوند که با انجام عملیات پیشنهادی با احتمال زیادی دسترسی به ذخایر جدید حتی از نوع پنهان ممکن خواهد بود.

- مطالعات ژئوشیمیایی

- نمونه برداری و رقومی نمودن آبراهه‌های مناطق امیدبخش با توجه به نقشه‌های توپوگرافی موجود و آنالیز نمونه‌ها برای عناصر معرف و نشانه شامل Ag, Pb, Cu, Zn, Ba, F
- تجزیه و تحلیل و پردازش نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها و تهیه نقشه‌های آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر مورد اکتشاف به صورت تک‌عنصری و چندعنصری
- کنترل آنومالی‌ها یا بازدید از مناطق دارای آنومالی و انجام حفاری‌های سطحی
- ترکیب نتایج کلیه مطالعات ژئوشیمیایی و معرفی بهترین مناطق امیدبخش در اولویت به صورت یک نقشه

- مطالعات ژئوفیزیکی

- طراحی و اجرای عملیات ژئوفیزیکی IP بر روی مناطق امیدبخش معرفی شده.
- اکثر ذخایر فلورین منطقه به همراه گالن به صورت پراکنده وجود دارند و اگر بتوان گالن را شناسایی نمود می‌توان امید داشت که فلورین نیز همراه آنها یافت شود لذا روش IP که برای کانسارهای پراکنده مناسب است، پیشنهاد می‌گردد.
- تفسیر داده‌های برداشت شده با استفاده از روش‌ها و نرم‌افزارهای موجود و به دست آوردن مدل و پاسخ ژئوفیزیکی ذخایر فلورین همراه سرب و باریت

منابع و مراجع

الف - منابع فارسی

- ۱- "اطلس راه‌های ایران"، ۱۳۸۵، مؤسسه جغرافیائی و کارتوگرافی گیتاشناسی، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰
- ۲- "پی‌جوئی فلورین منطقه شرق دوآب مازندران"، ۱۳۷۳، مؤسسه تحقیقات و مواد معدنی ایران.
- ۳- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰، "زمین‌شناسی ایران"، نشر دانش امروز.
- ۴- رجبی، م.، ۱۳۶۸، "گزارش اکتشاف معدن فلورین پاچی میانا"، مؤسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران.
- ۵- زبیری، م. و مجد، ع.ر.، ۱۳۷۵، "آشنائی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی"، چاپ سوم، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۲۸۷ صفحه.
- ۶- شریعتمدار، ا.، ۱۳۷۷، "زمین‌شناسی و ژنز کانسار فلورین شش رودبار"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- طاهرکیا، ح.، ۱۳۷۵، "اصول و کاربرد سنجش از دور"، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۴۸۰ صفحه.
- ۸- طبسی، ه.، ۱۳۷۵، "آنالیز ساختاری معدن فلورین شش رودبار"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۹- علوی پناه، ک.، ۱۳۸۲، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)"، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۴۷۸ صفحه.
- ۱۰- علوی پناه، ک. و متین فر، ح.ر. و سرمیدیان، ف.، "ارزیابی کاربری داده‌های ماهواره‌ای از نظر صرفه‌جوئی وقت"، دانشگاه تهران، ۱۷ صفحه.
- ۱۱- فاطمی، س.ب.، رضایی، ی.، ۱۳۸۵، "مبانی سنجش از دور"، تهران، انتشارات آزاده، ۲۶۸ صفحه.

- ۱۲- کریستوفر ای. لگ. ؛ ترجمه مر، ف. و هاشمی تنگستانی، م.، ۱۳۸۲، "سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیائی"، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۱۳- کریم پور، م.ح.، ۱۳۶۸، "زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی"، انتشارات جاوید.
- ۱۴- گرجی‌زاده، ح.، ۱۳۷۴، "مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسار فلورین پاچی میانا"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۵- "گزارش اکتشاف مقدماتی فلورین در منطقه خطیرکوه"، ۱۳۷۷، مهندسان مشاور معدنکاو.
- ۱۶- لیل‌سند، ک. و توماس، م.؛ ترجمه مالمیریان، ح.، "پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای"، ۱۳۸۰، تهران، سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح، ۲۱۶ صفحه.
- ۱۷- محمدی، ع.ر.، خاکزاد، ا.، ۱۳۸۵، "بررسی کانی‌شناسی و شواهد ژنتیکی کانسار فلورین امافت سوادکوه"، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- ۱۸- میدز، پ.؛ ترجمه نجفی دیسفانی، م.، ۱۳۷۷، "پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور"، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب انسانی دانشگاه‌ها، ۴۳۷ صفحه.
- ۱۹- "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش سمنان"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲۰- "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش ساری"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲۱- وهاب‌زاده، ق.، خاکزاد، ا.، ۱۳۸۴، "مطالعات کانی‌شناسی در دو معدن فلورین شش رودبار و پاچی‌میانا در البرز مرکزی"، سیزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، کرمان.
- ۲۲- وحدتی دانشمند، ف.، ۱۳۶۱، "یافته‌های جدید درباره مرز بالای سازند الیکا و معرفی نهشته‌های پالند"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲۳- هاپر، د.، ترجمه قادری، م.، ۱۳۷۵، "سنجش از دور"، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ دوم، ۲۷۶ صفحه.
- ۲۴- یعقوب پور، ع.م.، ۱۳۶۷، "مبانی زمین‌شناسی اقتصادی"، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

- ۲۵- یوسفی، م. و خالوکاکائی، ر.، ۱۳۸۵، "کاربرد کامپیوتر در معدن (اکتشاف، استخراج، زمین شناسی و نقشه برداری)"، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر، ۲۸۷ صفحه.
- ۲۶- یوسفی، م.، ۱۳۸۶، "طرح شناسائی پتانسیل های فلورین در شهرستان سوادکوه"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

- 27 - Aleks, K. and Simon, O., 2004, "**ASTER mineral Index Processing Manual**", remote sensing applications geoscience Australia, p.37.
- 28 - Barret, E.D. and Curtist, F., 1992. "**introduction to Environmental remote sensing**", CHAPMAN & HALL, LONDON. p. 426
- 29 - Bonham-Carter, G.F., 1994, "**Geographic Information System for geoscientists: Modelling with GIS**", Pergamon, Oxford, 398 p.
- 30 - Bonham-Carter, G.F., 1995, "**Geological applications of GIS mineral mapping**", CRCAMET, Department of exploration Geophysics: Curtin university of technology, Western Australia.
- 31 - Dalati, M., "**The Role of Remote Sensing in Detecting Active and fresh Fault Zones , case study: Northwest of Syria**", Ał ghab Graben complex ., p.5.
- 32 - De Geoffroy, J., and Wingall, T.K., 1985, "**Designing Optimal Strategies for Mineral Exploration**", Plenum Press, New York.
- 33 - Gregory, T.H., Andrew R.C. and Philip R.K., 1999, "**Geochemistry of southwestern New Mexico fluorite occurrences implications for precious metals exploration in fluorite – bearing systems**", Journal of geochemical exploration 68
- 34 - ITC, 2001, "**principles of remote sensing**", ITC Core Module, version 2, Enschede, the Netherlands, p.410.
- 35 - Junek, P., 2003, "**Geological Mapping in the Cheleken Peninsula, Turkmenistan Area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (Aster)**"
- 36- Lillesand, T.M. and Chipman, J.W. and Kiefer, P.W., 2000, "**Remote sensing and image interpretation**", 4th edn, John Wiley & Sons, U.S., p. 724
- 37 - Loughlin, W.P., 1991, "**Principal component analysis for alteration mapping , the eighth thematic conference on geologic remote sensing**", Denver, Colorado, USA, p.11.
- 38 - Mather, P.M., 1999, "**Computer Processing Of Remotely – Sensed Images**", second Edition, John Wiley & Sons, p.292
- 39 - Michael, A. and Simon, H., "**Aster User Handbook**", Jet Propulsion Laboratory, Version 2, pp.135.
- 40 - Michael, I.W., 2003, "**Engineering and Design REMOTE SENSING**", Engineer Manual, Department of the ARMY US Corps of Engineers Washington, p.166.

- 41 - PANDA ,B.C., 2005, "**Remote Sensing Principles And Applications**" VIVA Books PRIVATE LIMITED new delhi . Mumbai . chennai . Bangalore . Hyderabad ,p. 288
- 42 – "**Processing ASTER DATA using ENVI 4.1**"
http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/heg/heg_summary.asp
- 43 - rencz, A.N., 1998, "**Remote sensing For The Earth Sciences**" , manual of remote sensing , 3rd end., Vol3, A merican society for Photogrammetry , Newyork, p. 707
- 44 - Research Systems,Inc ,"**ENVI Userguid Ver 4.0** " , p.1080
- 45 - Richards, J.A. and Jia, .X., 2005. "**remote sensing digidal image Analysis an Introduction**" , 4rd end., springer- verlag, newYork., p.439
- 46 - rowan, L.C., schemidt ,R.G., and Mars, J.C., 2006, "**Distribution of hydrothermally Altered rocks in the Reko Diq ,Pakistan Mineralized Area based on Spectral Analysis of Aster Data**" ,jurnal of Remote sensing of Environment , Volume 104, pp .74-87.
- 47 – Sabinz, .f.f., 1997," **remote sensing : principles and interpretation** " , 3rd ed , freeman, newyork, NY, p 494
- 48 – Scanvic, J.Y.,1997, "**Aerospatial remote sensing in geology**", A.A. BALKEM-ROTTERDAM/ BROOK FIELD, p.217
- 49 – Tommaso, I. and Rubinstein, N., 2006, "**Hydrothermal Alteration Mapping Using Aster data in the Infiernillo poiphyry Deposite,Argentina**", ore geology reviews :xx
- 50 – Vincent, R.K., 1997, "**Fundamentals of geological and environmental remote sensing**" ,Bowling Green State Univercity, u.s.,p.370
- 51 - Volesky, C.J., Stern, J.R. and Abdelsalam, G.M., 2002, "**Mineral Exploration using ASTER and Landsat ETM+ Data**".
- 52 - Yousefi, M. and Kamkar-Rouhani, A., 2005, "**Modelling of mineral potentials of gold and base metals using GIS in Mahneshan area, Iran**", New Zealand Minerals Conference Proceedings.

Abstract

Flourite is the best source of Flour in the earth that forms in all of geology condition and exist in all of sedimentary, volcanic and metamorphism condition. Since all of mine Flourite recourse is in the south of Mazandaran, the aim of this study is the determining a new source of this material with the use of modeling of known Flourite index in this area as an criteria ,using Aster data and applying Remote Sensing methods and then finding the best area for mineral potential map of Flourits. Science exploration operation doing in risk condition, one of purpose in the reorganizations exploration is the optimum select of mineral potential map and decrease this study area for prospecting favorite material in exploration and decrease exploration parameter such as time, cost and risk. Deciding in selecting best mineral potential area is the steps which must be doing with suitable accuracy and with the using of fast and low cost method in the unit area. The target of this study introduced Flourits potential area in the south of Mazandaran province with the high potential in this area. In according to access this purpose is using the Remote Sensing methods with the pattern recognition. The base of this method is knowledge properties of one the type of specific ore in the specific geology environment and modeling for known mineral index of one ore ,can be a suitable guidelines for achieve to same ore. Thus after the data collection and determinating know Flourite index in this study area, according to achieving distribution model of this index and applying Weight of Evidence method and applying supervised classification and another process for Aster image and at least combination the result all of processing ,eight potential area respectively preference as map. Distribution thus potential area in this map show two veins of Flourite mineralization in NS-SE direction. Thus after the recognition this potential area and applying exploration operation, we can achieve new Flourite mineralization in this area.