شناسایی نواحی مستعد کانه‌زایی ناحیه محسن ابن علی بروجرد با استفاده ازداده های سنجش از دور

زهرا اکبری[۱،*]، ایرج رسا[۲]، علی یارمحمدی[۳]

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۲- گروه زمین شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۳- کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۹/۲۰
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۸۹/۳/۱۰

چکیده

منطقه محسن ابن علی در جنوب شرق شهرستان بروجرد، درشمال غرب پهنه سنندج- سیرجان واقع شده است. اغلب سنگهای رخنمون یافته در منطقه، یک توالی آتشفشانی- رسوبی به سن مزوزوئیک (تریاس) می‌باشد که در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. منطقه مورد بررسی به دلیل وجود فرایندهای زمین‌شناسی متنوع که در امر کانی‌سازی از اهمیت بالایی برخوردار هستند، می‌تواند مناطق مستعدی را جهت پتانسیل‌یابی مواد معدنی معرفی نماید. بدین منظور استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با حجم پوشش بسیار بالا می‌تواند کمک موثری در شناسایی اولیه مناطق امیدبخش باشد.

بدین جهت در منطقه مورد بررسی تفکیک واحدهای سنگی، پدیده دگرسانی و ساختهای تکتونیکی با بهره‌گیری از داده های سنجنده +ETM لندست صورت گرفت. روشهای مختلفی برای تهیه نقشه‌های موضوعی مورد نیاز مانند اعمال فیلترهای مختلف، ایجاد تصاویر رنگی با تلفیق باندهای مختلف (FCC)، تصاویر نسبتی، تصاویر تفریقی و روشهای تحلیل مولفه‌های اصلی(PCA) مورد استفاده قرار گرفت. آشکارسازی و تفکیک دگرسانیها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده نشان‌دهنده کانیهای اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و دگرسانیهای رسی می‌باشد. در این میان ارتباط نزدیکی بین عامل خطوارگی و دگرسانیهای گرمابی تفکیک شده در منطقه مشاهده شد. براساس این مطالعات، یک گروه دگرسانیها در منطقه در روند گسلهای شمال غرب- جنوب شرق درکربناتها و متاولکانیکها و گروه دیگر در امتداد گسلهای شمالی- جنوبی و محل تقاطع گسلها در توده‌های نفوذی منطقه شناسایی شده است. در نهایت با تلفیق این نتایج و مطالعات زمین شناسی سه ناحیه شمال روستای محسن ابن علی، نلخاست و کوه نل به عنوان مناطق امیدبخش برای بررسیهای صحرایی جامع پیشنهاد شد. در ارائه و معرفی مناطق مستعد سعی بر این بود که، بیشترین احتمالات در کانی‌زایی، در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: +ETM، تحلیل مولفه اصلی، مناطق امید بخش معدنی، دگرسانی گرمابی، محسن ابن علی

تلفن نویسنده مسئول : ۰۹۱۲۱۹۰۱۸۴۱ Mail: Akbari_sbu@yahoo.com

مقدمه

کانی‌سازی در پوسته زمین پدیده‌ای نادر و استثنایی است. لذا کشف یک نهشته اقتصادی نیازمند بکارگیری تکنیک ها و فن‌آوری‌های بسیاری است تا ضمن کاستن از هزینه ها و پایین آوردن ریسک، سرعت لازم به عملیات اکتشافی داده شود. دورسنجی علم کسب اطلاعات درباره یک شی، محدوده و یا پدیده بدون تماس فیزیکی با آن است و بیشتر شامل سامانه‌های مشاهده زمین از بالا می‌شود. انرژی رسیده به سنجنده وابسته به نوع ماده و ترکیب شیمیایی آن بوده و می تواند مبنای شناسایی مواد مختلف سطحی باشد.

مزیت های عمده سنجش از دور می‌توان وسعت دید[1] با تکیه بر امواج الکترومغناطیسی، اندازه-گیری‌هایی با ماهیت سطحی به جای نقطه‌ای، امکان گسترش مشاهدات محدود زمینی در نواحی وسیع‌تر بر روی تصویر عنوان کرد. کاربرد داده‌های دورسنجی در اکتشاف و زمین شناسی عموما شامل نقشه برداری خطواره‌های ناحیه‌ای، نقشه برداری شکستگی‌های محلی، نقشه برداری واحدهای زمین شناسی و شناسایی گروه‌های مختلف کانی‌ها می‌باشد. (دالاتی:۱۹۹۵)

مقاله حاضر سعی دارد تا از تکنیک سنجش از دور و با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ETM به عنوان یک ابزار مهم در اکتشاف که می‌تواند به عنوان یک لایه اطلاعاتی موثر در کاهش خطر پذیری امر اکتشاف مطرح باشد، در منطقه مورد مطالعه بهره گیرد. همچنین وضعیت ارتباط و نحوه گسترش دگرسانیهای تفسیر شده بر اساس پردازش تصاویرماهواره‌ای در منطقه بررسی گردید تا الگوی مناسب جهت تمرکز بررسیهای بعدی بدست آید.

محدوده مورد بررسی

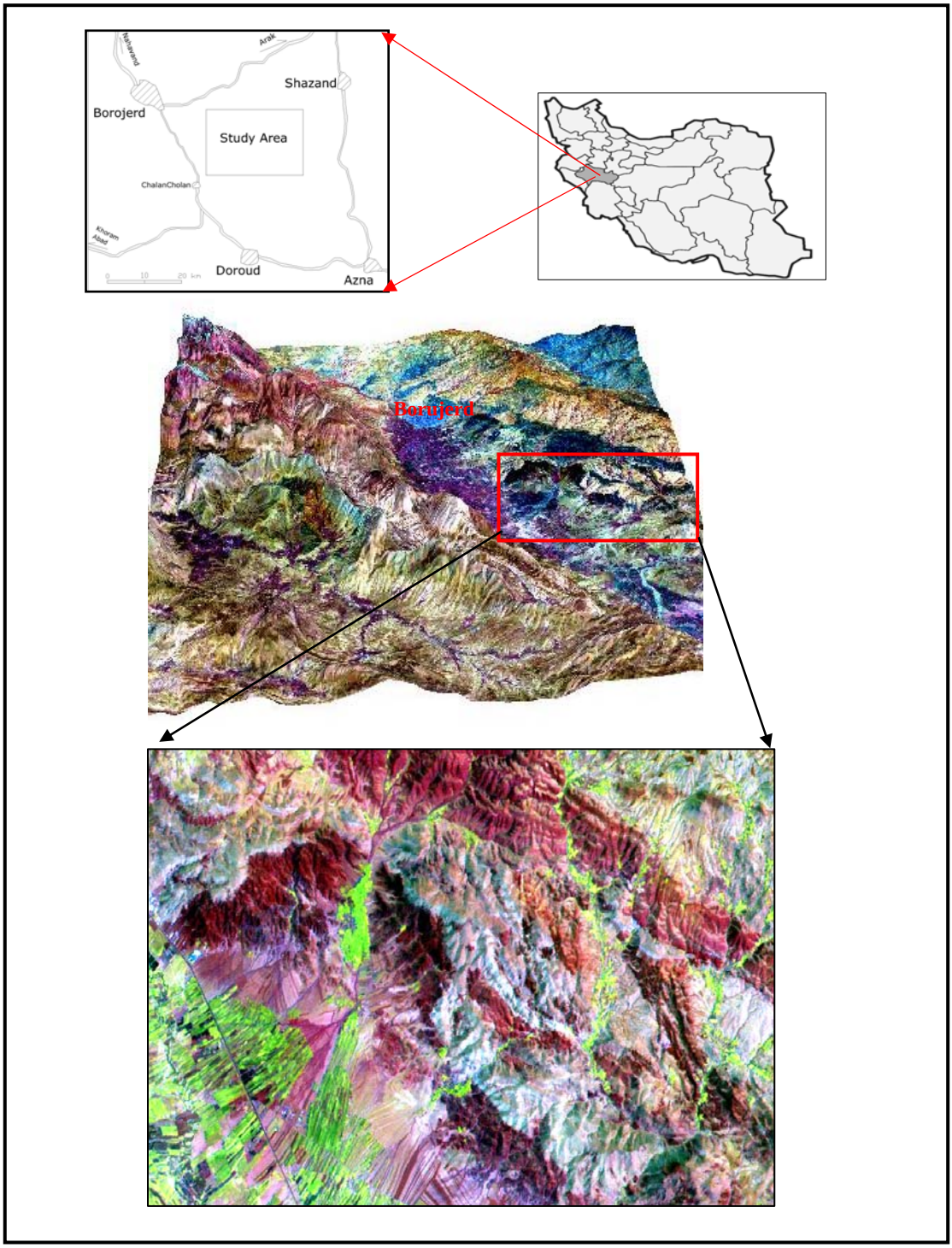
منطقه محسن ابن علی با وسعت تقریبی ۲۰۰ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ´۵۰ °۴۸ تا ´۲ °۴۹ طول شرقی ´۴۲ °۳۳ تا ´۴۸ °۳۳ عرض شمالی در فاصله تقریبی ۳۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان بروجرد از توابع استان لرستان جای داشته و در بلوک یک دویست و پنجاه هزارخرم آباد و برگه یکصدهزار بروجرد واقع شده است شکل(۱). با توجه به زمین شناسی مطلوب زون سنندج- سیرجان از جمله موقعیت خاص تکتونیکی، گستره سنگهای دگرگونی و استعداد ویژه برای میزبانی مواد معدنی و توده های نفوذی، شرایط مطلوبی جهت اکتشافات معدنی دار است. منطقه محسن ابن علی بر اساس نتایج مطالعات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای برگه بروجرد در مقیاس یکصدهزار (مصدق، ۱۳۸۱) به لحاظ کانی‌سازی پتانسیل‌دار تشخیص داده شد. در این تحقیق ادامه بررسیهای اکتشافی منطقه مطالعاتی بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای ETM انجام شد.

زمین شناسی

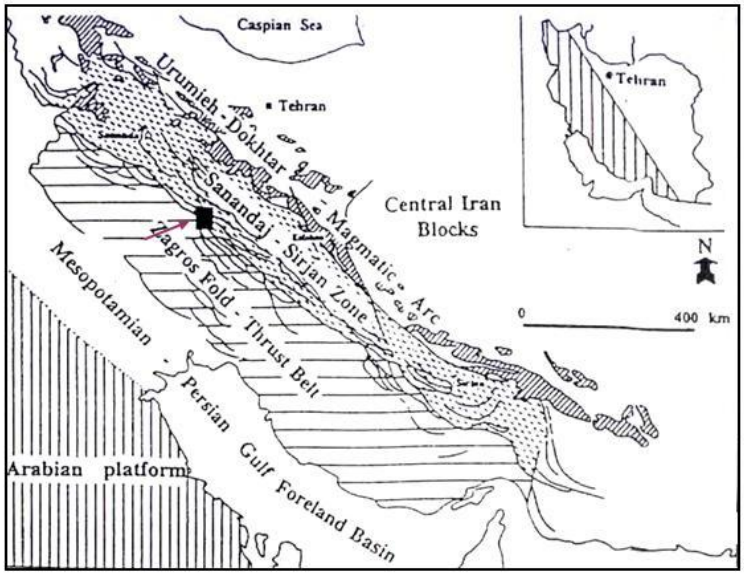
منطقه مورد پژوهش در جنوب شرقی برگه یکصدهزار بروجرد، جزئی از بخش شمالی زون دگرگون شده سنندج- سیرجان و در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده (محجل و سهندی، ۱۳۷۸) واقع شده است شکل(۲). تکامل زمین ساختی آن مانند بخشهای دیگر این زون مرتبط با زایش اقیانوس نئوتتیس است. براساس برگه زمین-شناسی یکصدهزار بروجرد قدیمی‌ترین رسوبات شناخته شده دراین منطقه رسوبات پلیتی و آهکی تریاس است که بصورت دگرشیب توسط رسوبات ژوراسیک پوشیده می‌شوند. سنگهای تریاس

1- Synoptic View

بالائی- ژوراسیک شامل فیلیت، میکاشیست، بازیک دگرگون می‌باشند.
کوارتزیت، آهکهای چرتی و توف‌های اسید و



شکل۱- موقعیت جغرافیایی و تصویر ماهواره‌ای سه بعدی +ETM برگه یکصدهزار بروجرد و موقعیت منطقه مطالعاتی در (RGB:742)



شکل ۲- موقعیت زمین ساختی زونها در باختر ایران . موقعیت منطقه مورد مطالعه با علامت ■ نشان داده شده است.

این مجموعه پس از تحمل یک دگرگونی عمومی توسط توده های نفوذی گرانیتی گرانودیوریتی وکوارتزدیوریتی قطع گردیده‌اند. توده‌های نفوذی منطقه، دو ترکیب و چهره متفاوت یعنی گرانیتی با توپوگرافی پست و گرانودیوریتی با توپوگرافی خشن داشته و در سنگهای تریاس بالائی- ژوراسیک، هاله دگرگونی مجاورتی ایجاد نموده‌اند. بر اساس محجل و سهندی (۱۳۷۸)، زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده از سنگهای شدیداً دگرشکل یافته و دگرگون شامل شیست، فیلیت و آمفیبولیت و نفوذ توده‌های بیشماری از سنگهای نفوذی در پهنه سنندج- سیرجان تشکیل شده است. مهم ترین رویداد زمین شناسی این منطقه، پیدایش توده گرانیتوئیدی بروجرد در زمان ژوراسیک میانی (قادری و همکاران ،۱۳۸۳) است که درون این فیلیتها نفوذ کرده است. دو نوع دگرگونی ناحیه‌ای و همبری در منطقه رخ داده که فیلیتهای همدان حاصل دگرگونی ناحیه‌ای شیلهای پلیتی ژوراسیک است و دگرگونی همبری با گسترش محدودتر در اثر نفوذ توده گرانیتوئیدی به وقوع پیوسته است.

این محدوده بعلت همجواری با برخورد دو ایالت زمین ساختی از جنبش خاصی برخوردار بوده، بطوریکه کلیه واحد های سنگی از سوی شمال شرقی به جنوب غربی برروی یکدیگر رانده شده- اند. از گسلهای مهم این ناحیه میتوان گسل گاومیر،گسل قلعه حاتم، گسل نهاوند را نام برد که همگی در ویژگی تکتونیکی این ناحیه نقش به سزائی داشته اند.

مطالعات دورسنجی

داده ها و اطلاعات مورد استفاده

در این مطالعه تصاویر ETM^{+} به شماره گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۷ که توسط ماهواره لندست ۷ در تاریخ ۲۰۰۲ برداشت شده، مورد استفاده قرار گرفته است (شکل۱). داده های این سنجنده با هفت باند و قابلیت تفکیک زمینی۳۰ متر و باند هشت (باند پانکروماتیک) با قابلیت تفکیک زمینی ۱۵ متر می‌باشد. داده‌های خام انتخاب شده دارای فرمت GeoTiff است که در نرم افزار OrthoEngine در

کنار اطلاعات مداری ماهواره[۱] خوانده شده و با تعریف نام (ID) مخفف برای هر فایل به فرمت pix ذخیره گردید. درکنار تصاویر برای تکمیل اطلاعات از نقشه یکصدهزار بروجرد و شازند، نقشه‌های ۱:۲۵،۰۰۰ ۱:۵۰،۰۰۰ بروجرد و چالانچولان استفاده گردید.

پیش پردازش داده‌های ماهواره‌ای

اولین گام از روند پیش‌پردازش داده‌ها[۲] انجام تصحیحات داده‌ای، تصحیحات هندسی، تصحیحات اتمسفری، فیلترکردن پارازیت‌های اتفاقی است که در نهایت تصاویری که با واقعیت زمین انطباق بیشتری دارند را جهت پردازش های اصلی ایجاد می‌کند.

هنگامی که یک تصویر توسط سنجنده ماهواره‌ای ثبت می شود، پیکسل های آن دارای خطا در موقعیت هندسی و مقدار روشنایی (خطای رادیومتری) است که نیازمند مجموعه‌ای از تصحیحات هستند تا آماده پردازش اصلی گردند. عمده‌ترین عواملی که باعث ایجاد خطاها در تصاویر ماهواره‌ای می‌گردند، ناشی از تغییرات موقعیت و وضعیت سنجنده و سکوی ماهواره، دوران و کرویت زمین و توپوگرافی سطح زمین است و تنها با بازسازی هندسه در زمان تصویر برداری به کمک اطلاعات مداری و نقاط کنترل زمینی قابل حذف می‌باشد. تصحیح هندسی منطقه مطالعاتی به صورت سه بعدی انجام شد که در آن با استفاده از مدل های ماهواره‌ای در کنار تعداد محدودی نقطه کنترل زمینی و مدل ارتفاع رقومی[۳] ویژگی و اندازه اعوجاج هندسی مدل شده تصویر مسطحاتی[۴] شد.

جهت ساخت مدل ارتفاع رقومی (DEM) لایه های برداری نقشه های ۱:۲۵،۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور از قبیل منحنی های میزان، نقاط ارتفاعی، شبکه آبراهه‌ای و خطوط خط الرأس و خط القعر در سیستم مختصاتی مکانی UTM و در قالب اندکس ملی ۱:۲۵۰،۰۰۰ به نرم افزار وارد شده و با الگوریتم های مناسب درون یابی گردید و DEM مورد نظر با وضوح مکانی ۱۰ متر ساخته شد تصحیح رادیومتری شامل تبدیل DN ثبت شده توسط سنجنده به رادیانس و آنگاه تبدیل رادیانس به داده انعکاسی در سطح زمین[۵] است. طی تصحیح رادیومتری، اثر جمعی انتشار[۶] اتمسفر، اثر تفریقی جذب[۷] گازها و بخار آب موجود در اتمسفر و اثر ضربی رادیانس ورودی[۸] خورشید از تک تک باندها حذف می‌شود، طوری که تنها پدیده باقی مانده در تصویر جذب و بازتاب ناشی از پراکنش انرژی الکترومغناطیسی با مواد سطح زمین باشد (باقری و رضایی۱۳۸۵).

برای حذف اثر انتشاری اتمسفر با تقریب زدن میزان رادیانس افزوده شده به هر باند بر اساس باندهای طول موج بلند (باند ۷ سنجنده ETM^+) (جاهدی و فرخی۱۳۷۵) و برای حذف اثر جذبی گازهای اتمسفر و تابش خورشید با روش های تفریب زنی لگاریتمی و یا میانگین‌گیری از کل پیکسل های سین انجام شد که در نهایت داده های انعکاس نسبی تولید شد. نویزهای ناشی از تهیه داده، جزو ذاتی تصویر بوده و حین برداشت، ثبت، انتقال و توزیع داده به داده‌های خام افزوده می شوند. برای تخمین و برداشتن این نویزها از داده های ماهواره‌ای از فیلترهای آماری انحراف

۱-Ephemeris Data
۲- Preprocessing
۳- Digital Elevation Model (DEM)
٤- Planimetric

٥-At- Surface Reflectance
٦- Scattering
۷- Absorption
۸- Incomming Radiance (Irradiance)

معیار[1] استفاده شد. نویز ناشی از پردازش، پیکسل‌های ناخواسته‌ای هستند که به صورت کاذب، ارزشی برابر پیکسل‌های مطلوب و هدف گرفته‌اند. حذف این پیکسل‌ها با اعمال فیلترهایی چون میانه[2]، بالاگذر[3] و انحراف معیار انجام می شود. این مهم در انتهای فرایند پردازش مدنظر قرار گرفت.

پردازش

مهم‌ترین بخش عملیات دورسنجی در یک ناحیه، تفسیر داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از آنها در زمین شناسی که شامل نقشه برداری خطواره های ناحیه‌ای، نقشه برداری شکستگی‌های محلی، نقشه برداری واحدهای زمین شناسی، شناسایی گروه-های مختلف کانی‌ها و تعیین پتانسیل‌های معدنی در منطقه می‌باشد. در این مرحله داده‌های پردازش شده برای استفاده به صورت خروجی نهایی ارائه می‌گردند.

استخراج اطلاعات و شناسایی پدیده‌های زمین شناسی سطحی از تصویر با دو الگوی شناسایی الگوی مکانی[4] و شناسایی الگوی طیفی[5]، انجام شد. با توجه به مزیت داده‌های ماهواره‌ای از جمله دید سه بعدی، ترکیبات رنگی مختلف (FFC) و رقومی بودن داده‌های ماهواره‌ای که علاوه بر امکان تصحیح هندسه تصویر، امکان بارزسازی و توسعه تصویر با الگوریتم های ریاضی توسط کامپیوتر را فراهم می‌کند، می‌توان برای شناسایی، تدقیق و تفسیر واحدهای زمین شناسی، تدقیق ساختاری (گسل‌ها وخطواره ها) استفاده کرد. با در نظر گرفتن عوامل کنترل کننده کانی‌سازی، سه نوع نقشه موضوعی شامل تفکیک واحدهای لیتولوژیکی، نقشه ساختارهای خطی و نقشه دگرسانیها با استفاده از روشهای مختلف پردازشی استخراج گردید که در ادامه مقاله آورده شده است.

۱) تفکیک واحدهای سنگی

تفکیک و جداسازی واحدهای سنگی به این دلیل که تمرکز عناصر در سنگهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد، قابل ملاحظه و دارای اهمیت خاص است. بسته به اینکه دنبال چه نوع ماده معدنی هستیم، واحد سنگی خاصی می‌تواند منشا تولید عنصر مورد نظر باشد. در این راستا شناسایی واحدهای سنگی موجود در محدوده مورد نظر، اثر قابل ملاحظه ای در تشخیص مناطق امید بخش دارد. داده های ماهواره‌ای سبب استخراج اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی واحدهای سنگی در یک محدوده مطالعاتی و به روزکردن (Updating) نقشه های موجود می‌شود.

در منطقه مورد مطالعه برای تفکیک و تدقیق واحدهای زمین شناسی موثر در کانی سازی، اقدام به تهیه تصاویر با رنگهای مجازی، نقشه زمین شناسی برگه و طبقه بندی نظارت شده و برای بهبود کیفیت از روش کنتراست (Contrast) استفاده شد. نتایج نهایی و نوع سنگهای تشخیصی در جدول ۱ و شکل ۳ ارائه شده است.

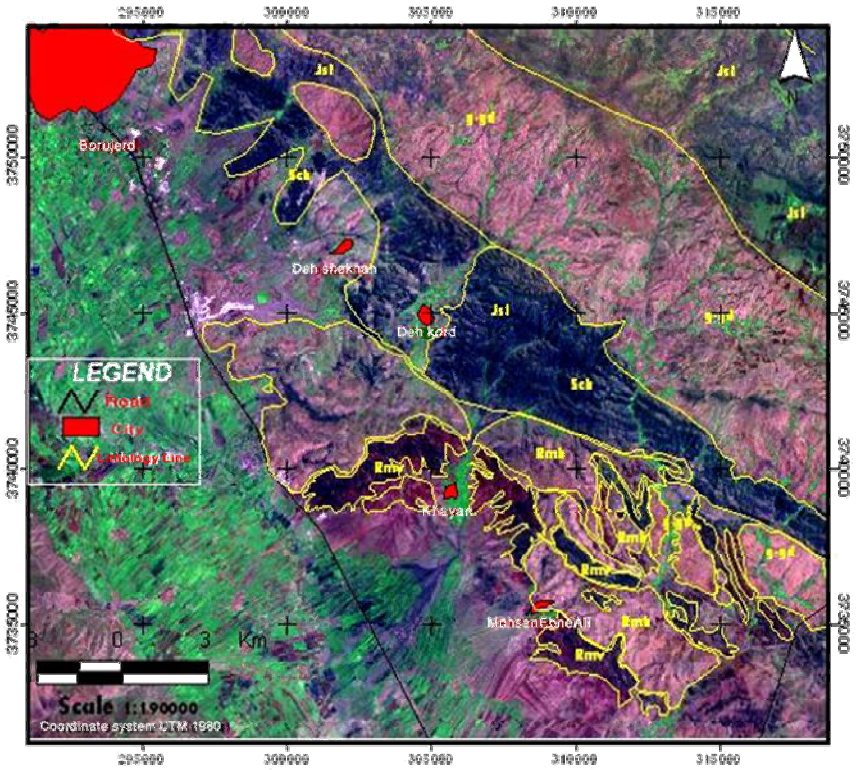
گروه بعدی واحدهای سنگی شامل سنگهای رسوبی- آتشفشانی دگرگون شده است. با توجه به تن رنگی و بازتاب حاصل از سنگها و نیز الگوهای آنها روی نقشه‌های پردازش شده با باندهای ترکیبی مختلف، می‌توان گفت که این واحد شامل مرمر (TRmb)، اسلیت، کوارتزیت و مجموعه آتشفشانی حدواسط و بازیک (TRmv) می باشد. درجه دگرگونی این واحدهای سنگی پایین و در حد رخساره شیست سبز به سن تریاس میانی- بالایی می‌باشد.

1- Standard Deviation
2- Median
3- High-Pass
4- Monoscopic
5- Spectral Pattern Recognition

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در بین توالی سنگهای متاکربناتی و متاولکانیکی، توده نفوذی نلخاست ژوراسیک قرار گرفته که می‌تواند منشا کانی سازی باشد. در جهت همسان سازی نقشه زمین شناسی منطقه با داده‌های ماهواره‌ای آشکار شد که تفاوتی بین این دو اطلاعات وجود دارد. تفاوت آن مربوط است به بخش غربی توده آذرین نلخاست که در تصاویر ماهواره‌ای توده آذرین با مشخصات طیفی همسان با بخش شرقی مشاهده شده در حالیکه در نقشه زمین شناسی به آن وسعت نشان داده نشده است (شکل۴).

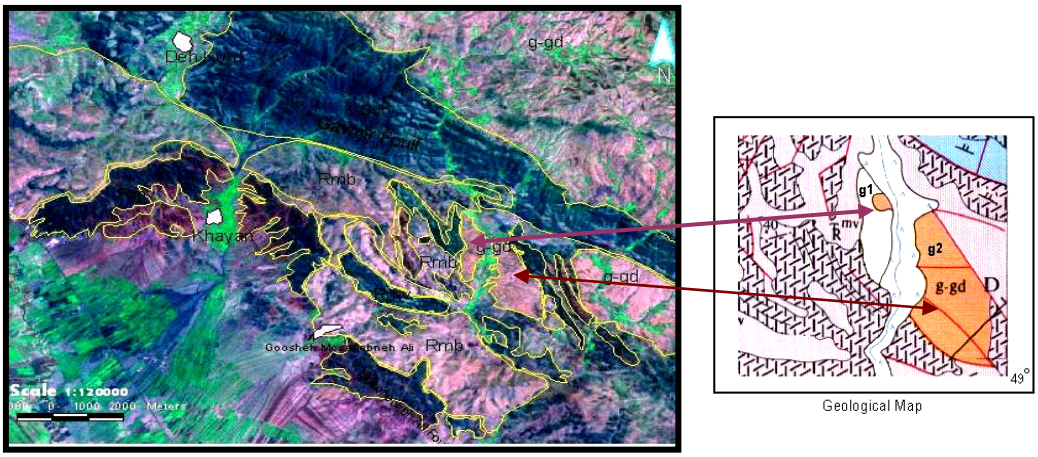
جدول۱- تفکیک واحدهای سنگی منطقه مطالعاتی با استفاده از تصاویر +ETM

گروه سنگی	علامت اختصاری
Granite-granodiorite	g-gd
Slate	Jsl
MetaVolcanic	TRmv
Meta carbonate	TRmb



شکل۳- تفکیک واحدهای سنگی در منطقه محسن ابن علی بر اساس تصاویر ماهواره ای در ترکیب باندی RGB (7.4.2)

همچنین بررسی مشخصه‌های طیفی دقیق بر روی تصاویر ماهواره‌ای تفاوتهای طیفی بارزی را بین واحدهای سنگی متاولکانیکی تریاس (TRmv) نشان می‌دهد، گرچه بر روی نقشه زمین شناسی یک واحد سنگ چینه‌ای یکسان در نظر گرفته شده است، به احتمال زیاد این تفاوت ماهیت و ترکیب متفاوت این واحد را نشان می‌دهد. این موضوع در بررسیهای صحرایی و مطالعات پتروگرافی تائید شد.



شکل ۴: همسان سازی نقشه زمین شناسی: مقایسه گسترش توده آذرین نلخاست
در نقشه زمین شناسی و تصاویر ماهواره‌ای ETM+

۲) استخراج ساختار های خطی (Lineament Structural)

ساختارهای خطی ناشی از فعالیتهای تکتونیکی به ویژه گسلها عامل مهمی در تشکیل ذخایر معدنی و نقش بسزایی در تشکیل یک توده معدنی دارند. به منظور تفکیک بهتر و بارزسازی پدیده های ساختاری، از روش اعمال فیلترهای پایین‌گذر (Low Pass filter) مانند فیلتر میانه‌گیری با عملگرهای ماتریسی ۳×۳ و فیلترهای بالاگذر مانند آشکارساز لبه‌ها (Edge detector) بر روی تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مختلف استفاده گردید (نظام پور، ۱۳۸۵). در موارد لازم سعی شد با دید سه بعدی و انداختن تصویر تهیه شده بر روی DEM، موقعیت واحدها در سه بعد دیده شده و اثر گسل در جابجایی ارتفاع نیز لحاظ شود (چرنیکوف و همکاران:۲۰۰۲).

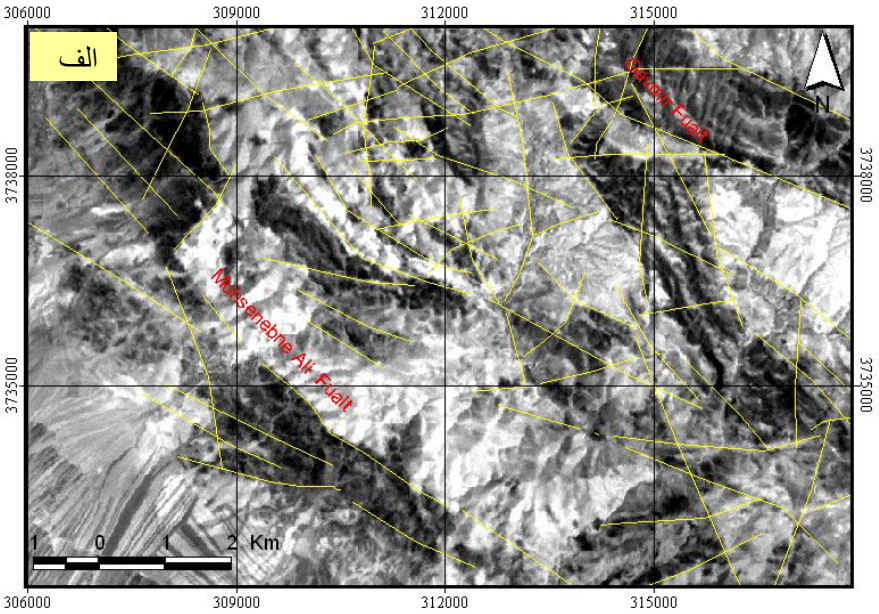
نقشه شماتیکی از گسلها و نمودار گل سرخی آن را در محدوده مورد مطالعه در شکل ۵ الف ارائه شده است.

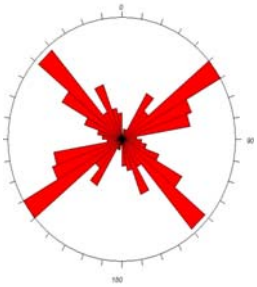
با مراجعه به این تصویر و نتایج کنترل زمینی می توان عملکرد گسلهای اصلی در دو راستای شمال باختر-جنوب خاور و شمال خاور- جنوب باختر را تشخیص داد. بسیاری از این خطواره‌ها در نقشه زمین شناسی مشخص نشده بود که توسط تکنیکهای پردازشی ذکر شده شناسایی شدند. شناسایی خطواره‌ها در کنار مشاهدات صحرایی امکان ارزیابی الگوهای شاخص جهت شناسایی مناطق امید بخش را فراهم آورد.

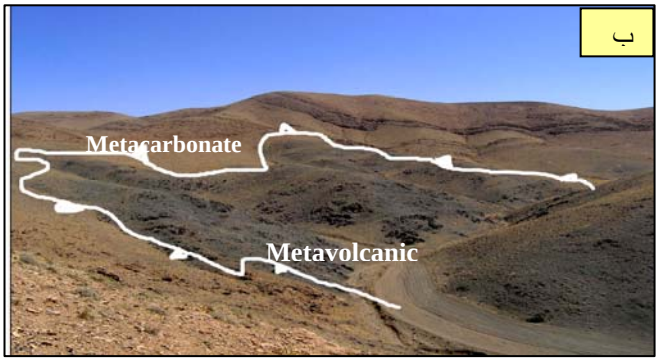
این محدوده بعلت همجواری با برخورد دو ایالت زمین ساختی از جنبش خاصی برخوردار بوده، بطوریکه کلیه واحدهای سنگی از سوی شمال خاوری به جنوب باختری برروی یکدیگر رانده شده‌اند (شکل ۵ ب، ج).

سیستم های گسلش کم شیب و پرفشار و جهت راندگی از شمال به جنوب مشاهده می‌شود. گروه اصلی گسلهای منطقه با روند شمال باختر- جنوب خاور با تبعیت از روند اصلی زاگرس درکنتاکت بین واحدهای مختلف سنگی و از قدیمی‌ترین گسلهای منطقه می باشند. از گسلهای اصلی می توان به گسل گاومیر وگسل محسن ابن علی اشاره کرد.

گروه دوم گسلها با روند شمال خاور-جنوب باختری که بیشتر توده‌های نفوذی و مناطق مجاورآن را قطع کرده‌اند و باعث جابجایی گسلهای نوع اول شده است. این گسلها جوانتر بوده و مسیر آبراهه‌های اصلی نیز در همین روند می‌باشند (اکبری و رسا، ۱۳۸۶).





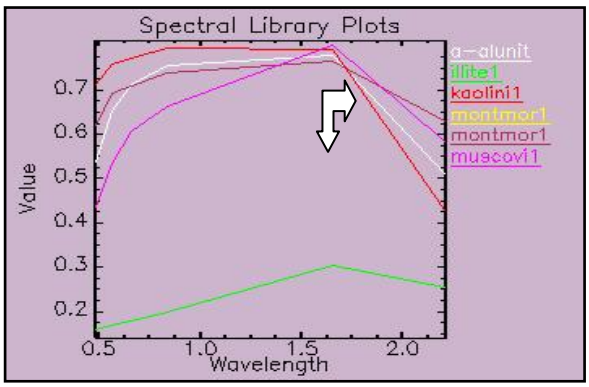


شکل۵- الف) نقشه لایه ساختارهای خطی تفسیر شده بر اساس تصاویر +ETM منطقه مورد مطالعه همراه با نمودارگل سرخی ب) راندگی آشکار واحدهای آهکی بر روی واحدهای ولکانیکی(نگاه به شمال خاوری) ج) ساختار چین خوردگی در محل راندگی در واحدهای کربناتی (نگاه به باختر)

۳) دگرسانی گرمابی

مهمترین قدم در اکتشاف، مشخص کردن واحد زمین شناسی بارور است که بر اساس عوارض سطحی ایجاد شده توسط عوامل دخیل در تشکیل کانسار، شناخته می‌شوند. یکی از این عوارض ، دگرسانیها می‌باشند که در اثر واکنش بین سنگ

دیواره با محلول های کانسار ساز ایجاد می‌گردند. همچنین اغلب کانسارهای شناخته شده الگوی منطقه‌بندی مناسبی از کانی‌سازی و دگرسانی سنگ دیواره را که بصورتهای مختلفی توسط اکسیدهای مهم و یا تمرکز عناصر اصلی تعریف شود، ارائه می‌دهند(رس و همکاران:۲۰۰۱). از طرفی کانی‌سازی کانسارهای فلزی ارتباط نزدیکی با فعالیت‌های گرمابی دارد و از آنجا که فعالیت-های گرمابی و اثرات آن را بطور مستقیم نمی‌توان روی نقشه زمین شناسی نشان داد و نیز گاهی تشخیص آن روی زمین مشکل است، لذا شناسایی این گونه پدیده‌ها، در انتخاب محل کانی سازی و بررسی محدوده کانی‌سازی، از روی تصاویر ماهواره‌ای مفید می‌باشد. منطقه مورد پژوهش



شکل۶- پاسخ طیفی(Reflectance Spectra) کانیهای رسی نسبت به باندهای سنجنده +ETM لندست

شامل یک دگرگونی ناحیه‌ای به عنوان زمینه است که با جایگیری توده نفوذی، هاله دگرگونی مجاورتی تشکیل شده است. داده های ETM^{+} قادرند تعدادی از کانی‌ها را بر اساس الگوی طیفی آنها استخراج و تفکیک نمایند. پردازش طیفی داده‌های ماهواره‌ای شامل ورود داده های بازتابی/ تابشی در قالب سین، کاهش ابعاد مکانی، کاهش و سفید کردن نویز در باندها، استفاده از روشهای تصاویر مجازی[1] (FCC)، نسبت باندی[2] و تحلیل مولفه اصلی(تنگستانی و مور :۲۰۰۱)، (برگر ۲۰۰۰) جهت شناسائی آنومالیها برای بررسی اولیه تنوع طیف، تفسیر و صحت سنجی نتایج که شامل تلفیق با سایر لایه‌های اطلاعاتی تولید شده در محیط GIS برای کسب بهترین نتایج و کنترل زمینی و معرفی مناطق امید بخش است (ونکاتارامن: ۲۰۰۰). در تهیه نقشه دگرسانیهای گروه کانیهای هیدروکسیل و کانیهای اکسیدآهن با استفاده از تصاویر+ETM در منطقه مورد مطالعه از متدهای فوق استفاده گردید. سه کانی عمده در دگرسانیهای رسی عبارتند از ایلیت، کائولینیت و مونت موریلونیت که در مورد کانسارهای رگه‌ای آلونیت را نیز باید به آنها افزود. بازتاب طیفی این کانیها در محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک[3] قرار می‌گیرد. با توجه به پاسخ طیفی این کانیها که نسبت به سنجنده +ETM در نسخه چهارم نرم افزار ENVI، Resample شده‌اند (شکل۶)، حداقل انعکاس در محدوده باند ۷ (λ=2.2μm) و بیشترین انعکاس در باند ۵

1- False Color Composition (FCC)
2- Band Ratio

3-Short Wave Infrared (SWIR)

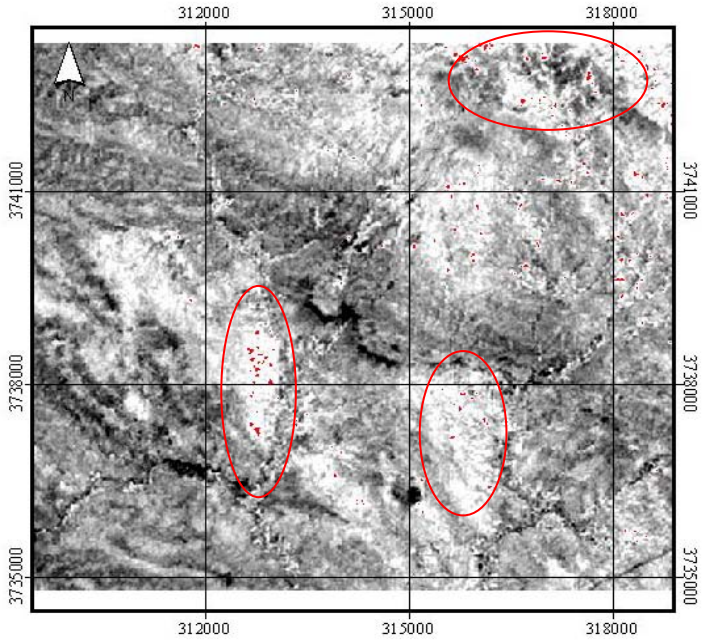
((λ=1.6μm) مشاهده می‌شود. بنابراین تصاویر نسبتی ETM5/ETM7 می‌تواند به عنوان یک شاخصه جهت تشخیص نواحی دگرسان مورد توجه باشد.

جدول۲- نتایج حاصل از آنالیز مولفه اصلی (PC) جهت تفکیک کانیهای هیدروکسیل‌دار

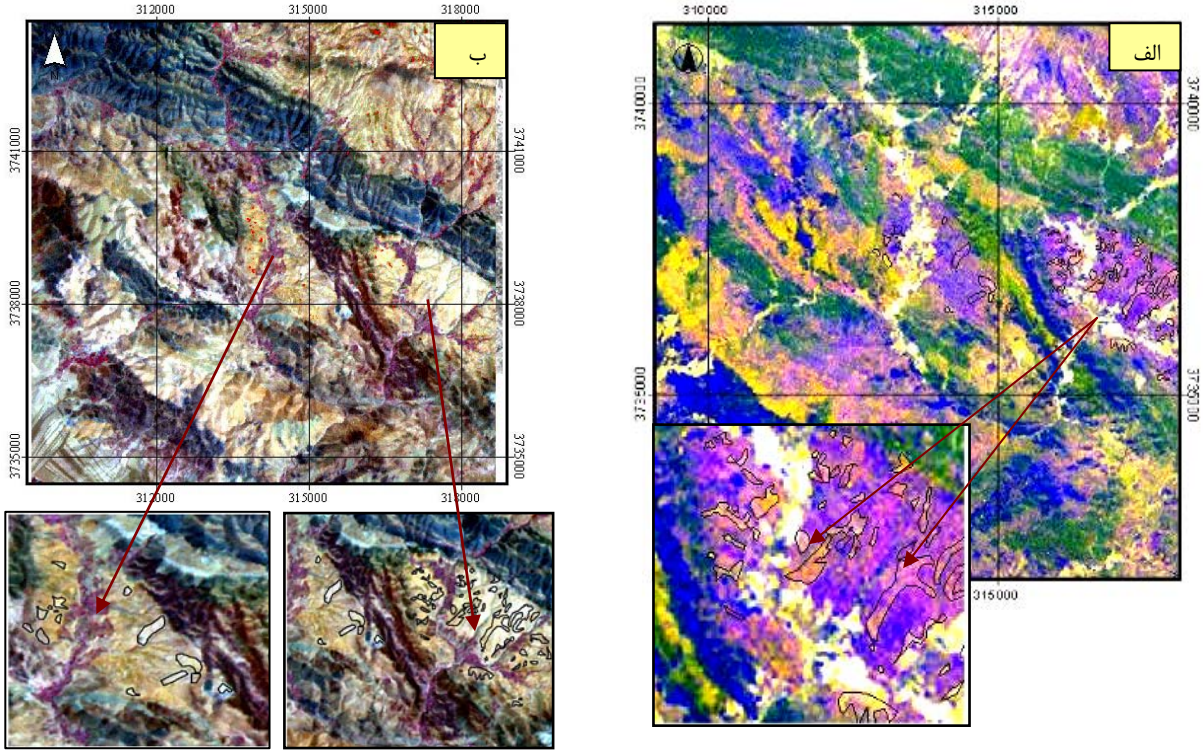
PC4(1457)					
Eigenvector	**Band 1**	**Band 4**	**Band 5**	**Band 7**	**Eigenvalue**
PC1	0.258	0.442	0.811	0.284	2279.148
PC2	-0.066	-0.701	0.557	-0.440	285.493
PC3	0.348	-0.558	0.165	0.404	285.493
PC4	-0.899	-0.038	-0.069	0.750	69.524

به منظور شناسایی کانیهای هیدروکسیل‌دار از روشهای PC4(1,4,5,7), PC4(5,7) و Band (5/7) Ratio و متد تفریق باندی (7-5) استفاده شد. در تمام این روشها پیکسلهای هیدروکسیل‌دار تشخیص داده شده‌اند. بدین منظور مولفه های اصلی (PC) مربوط به باندهای ۷، ۵، ۴،۱ تهیه (جدول۲) و از آنها در ترسیم نقشه دگرسانی استفاده شد (رنجبر و همکاران :۲۰۰۴) (شکل۷). با تلفیق چند روش تحلیل مولفه اصلی و تفریق بین باندی و قرار دادن آنها در ترکیب باندی [PC4(1,4,5,7), PC4(5,7), 7-5] در فیلترهای RGB و ترکیب باندی، RGB(531) مناطق دگرسانی تفکیک شده با متد تحلیل مولفه اصلی تائید شد (اشکال ۸ الف و ب).

فعالیت مشابهی نیز جهت تشخیص کانیهای اکسید آهن انجام شد. بازتاب طیفی تمام این کانیها در محدوده طیفی مرئی قرار می‌گیرد.

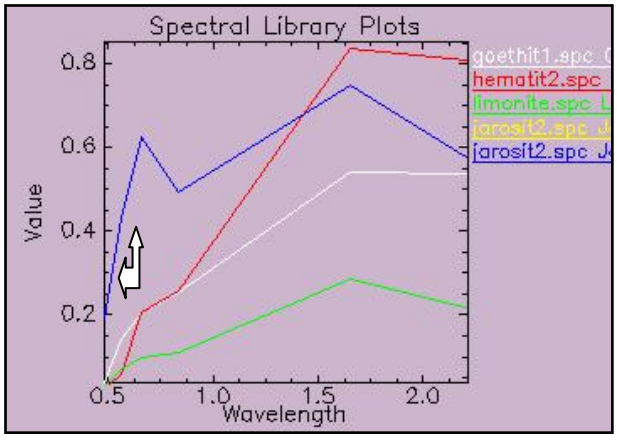


شکل۷- تصویر حاصل از آنالیز مولفه اصلی PC4(1,4,5,7) و نمایش مولفه PC4 -) جهت تشخیص کانیهای هیدروکسیل‌دار، پیکسلهای روشن توده های نفوذی و پیکسلهای قرمز مناطق محتمل دگرسانی را بر اساس الگوی طیفی نشان می‌دهد.



شکل۸- الف) تصویرمجازی حاصل[PC4(5,7),PC4(1,4,5,7), 7-5] در فیلترهای RGB ب) FCC(531) در فیلتر RGB، پیکسلهای زرد طلایی مناطق محتمل دگرسانی رسی را نشان می‌دهد

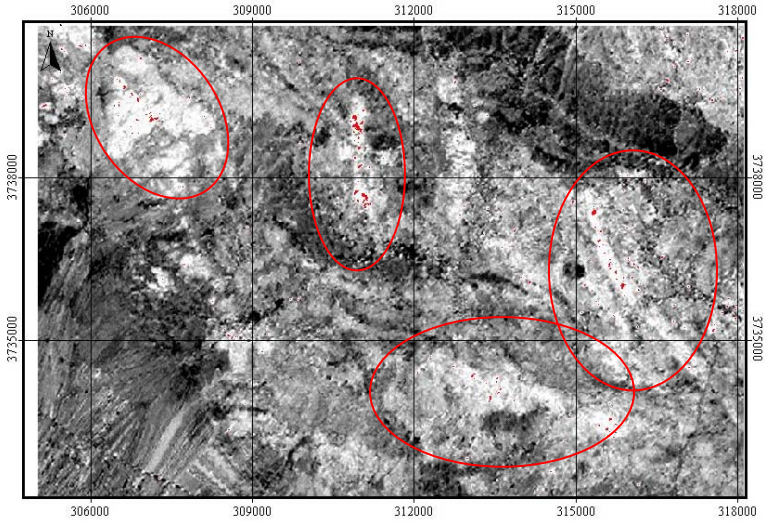
با توجه به پاسخ طیفی این کانیها کـه نـسبت بـه سـنجنده +ETM (شـکل۹)، حـداقل انعکـاس در محدوده باند۱(λ=0.4μm) و بیشترین انعکـاس در بانـد۳ (λ=0.6μm) مـشاهده مـی‌شـود. بنـابراین تصاویر نسبتی ETM3/ETM1 می‌تواند به عنـوان یک شاخصه جهت تشخیص نواحی دگرسان مـورد توجه باشد. به منظور شناسایی کانیهای آهن دار از روش PC3(1,3,4,5) اسـتفاده شـد (ژنـگ و همکاران :۲۰۰۷)(تنگستانی و مور :۲۰۰۰). بـدین منظور مولفه های اصلی (PC) باندهای مورد نظـر محاسـبه (جـدول۳) و از آنهـا در ترسـیم نقـشه دگرسـانی اسـتفاده شـد (شـکل۱۰).



شکل ۹- پاسخ طیفی(Reflectance Spectra) کانیهای اکسید آهن نسبت به باندهای سنجنده +ETM لندست

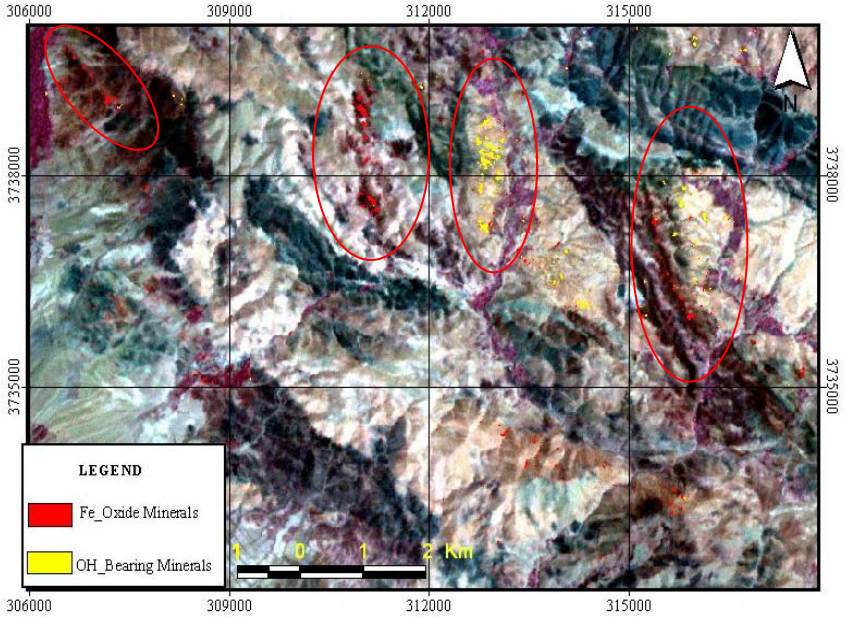
جدول۳- نتایج حاصل از آنالیز مولفه اصلی (PC) جهت تفکیک کانیهای اکسیدآهن در منطقه مطالعاتی

PC3(1345)					
Eigenvector	**Band 1**	**Band 3**	**Band 4**	**Band 5**	**Eigenvalue**
PC1	0.249	0.563	0.348	0.707	3084.086
PC2	-0.092	-0.469	0.878	-0.026	228.013
PC3	0.817	-0.549	-0.274	0.675	128.534
PC4	0.414	-0.411	-0.181	0.210	23.559



شکل۱۰- تصویر حاصل از آنالیز مولفه اصلی PC3(1,3,4,5) و نمایش مولفه (PC3 -) جهت تشخیص کانیهای اکسید آهن، پیکسلهای روشن منطبق بر واحدهای متاولکانیکی و پیکسلهای قرمز کانیهای آهندار را نشان می‌دهد.

در نهایت با استفاده از تمام روشهای پردازشی بر روی تصاویر ماهواره‌ای انواع دگرسانیهای رسی و کانیهای اکسید آهن منطقه شناسایی شدند. شکل(۱۱) نقشه پراکندگی مناطق دگرسانی شناسایی شده در تصاویر ماهواره‌ای +ETM را نشان می‌دهد. در شکل (۱۲الف) تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ساختارهای خطی و لایه دگرسانیهای استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای +ETM را نشان می‌دهد. با در نظر داشتن ارتباط دگرسانیها و خطواره‌ها و همچنین کنترل صحرایی مشاهده شد که دگرسانیها از روند گسلهای منطقه تبعیت می‌کنند شکل (۱۲ب) (اکبری و رسا، ۱۳۸۶). یک تیپ از دگرسانیها از جمله اکسیدآهن درکربناتها و متاولکانیکها از روند گسلهای شمال غرب- جنوب شرق تبعیت می‌کنند و سری دوم دگرسانیها که شامل اکسیدآهن و دگرسانی رسی است، عمدتاً در توده‌های نفوذی و در امتداد گسلهای شمالی- جنوبی و در محل تقاطع گسلها شناسایی شده‌اند. این همپوشانی رابطه بین زونهای دگرسانی را با زونهای تکتونیک مشخص می‌کند. نقش پدیده-های زمین شناسی ساختمانی اعم از چین-خوردگی، سیستم درز و شکاف و گسلهای منطقه در جایگیری توده‌های نفوذی و گسترش دگرسانیهای گرمابی بسیار مهم است. تراکم شکستگی (ضریب خطوارگی) در منطقه بالا است. این شکستگیها توانایی ذخیره‌سازی و انتقال حجم زیادی از آبهای زیرزمینی و سیالات گرمابی را دارند. این فاکتور جهت تعیین مناطق با پتانسیل کانه زایی حائز اهمیت است.



شکل۱۱- نقشه تفکیک دگرسانیهای منطقه مطالعاتی در تصویر ماهواره ای +ETM در ترکیب رنگی(531)RGB

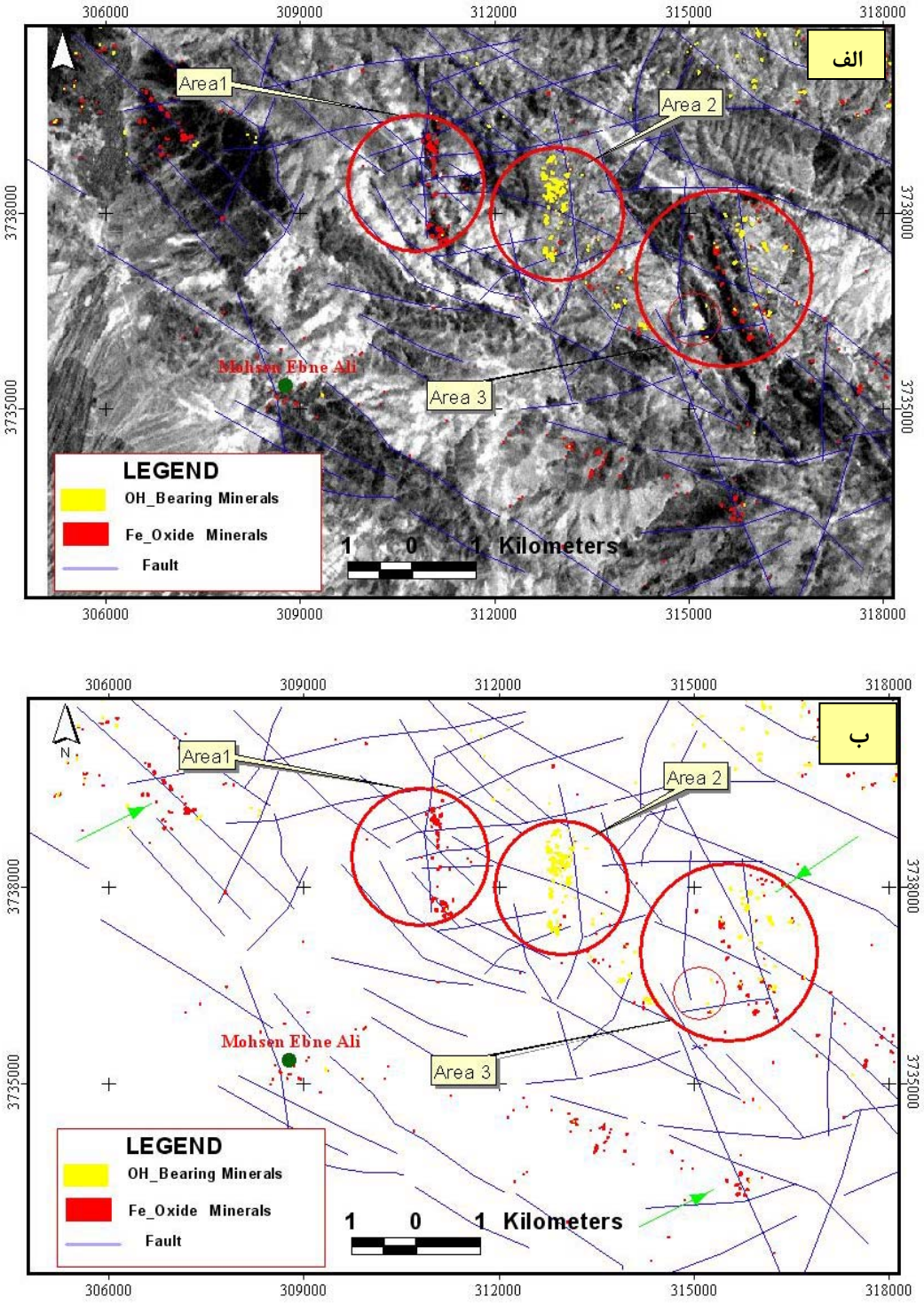
بحث و نتیجه گیری

در ایـن مطالعـه سـعی شـد معیارهـای مـوثر در شناسایی مناطق با پتانسیل بالای معدنی به کمک پردازش و تفسیر تصاویر ماهوارهای ETM مشخص گردد. در انتخاب این منـاطق، پارامترهـایی نظیـر تاثیر عملکرد گسلها، گسترش واحدهای سـنگی و توده های نفوذی و دگرسانی‌های گرمابی تفکیـک شده مدنظر قرار گرفتند. در منطقـه مطالعـاتی بـا استفاده از پردازش تصاویر ماهوارهای ETM بـرای تفکیک و تدقیق واحدهای زمین شناسی مـوثر در کانی سازی تصاویری با رنگهـای مجـازی و طبقـه بندی نظارت شده و بـرای بهبـود کیفیـت از روش کنتراست استفاده شد کـه سـبب تفکیـک دقیـق توالیهای متاکربناتی و متاولکانیکی تریاس و تـوده نفوذی نلخاست (ژوراسیک) شد که می‌تواند منـشا کانی سازی احتمالی باشد.

بررسیهای ساختاری در منطقـه بـه همـراه نتـایج کنترل زمینـی عملکـرد گـسلهایی بـا دو راسـتای شمال باختر-جنوب خاور و شمال خـاور- جنـوب باختر را شناسایی شد. بسیاری از این سـاختارهای خطی در نقشه زمین شناسی مشخص نـشده بـود که توسط تکنیکهای پردازشی شناسایی شدند.

تعیین گسترش انواع دگرسانی ها در محدوده محسن ابن علی نتایج جالبی را در برداشته است. جهت تفکیک کانی های هیدروکسیل‌دار روش های تحلیل مولفه اصلی و تفریق بین باندی و قرار دادن آنها در ترکیب باندی ,PC4(5,7), 5-7 RGB [PC4(1,4,5,7)] و برای کانیهای آهندار، تصاویر نسبتی ETM3/ETM1 و PC3(1,3,4,5) استفاده شد که نتایج قابل قبولی به همراه داشت. مهمترین دگرسانیهای تفکیک شده شامل اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و دگرسانیهای رسی می‌باشد. گسترش این دگرسانیها الگوی منظم و مشخصی را نسبت به ساختارهای تکتونیکی نشان می‌دهند. بطوریکه یک تیپ از دگرسانیها از جمله کانیهای آهندار در کربناتها و متاولکانیکها از روند گسلهای شمال غرب- جنوب شرق تبعیت می‌کنند و سری دوم دگرسانیها که

شامل کانی های آهن دار و دگرسانی های رسی است، عمدتاً در توده‌های نفوذی و در امتداد گسل های شمالی- جنوبی و در محل تقاطع گسل ها تشکیل شده‌اند.



شکل۱۲(الف، ب)- نقشه ارتباط خطواره ها و دگرسانیهای گرمابی تفکیک شده بر اساس پردازش تصاویر ETM+ ناحیه مطالعاتی

با تلفیق نقشه های حاصل از تفکیک واحد های سنگی، دگرسانی‌ها و ساختارهای تکتونیکی و بهره‌گیری از داده های موجود از همه مهمتر کنترل صحرایی مشخص شد که ساختارهای تکتونیکی دارای دو روند اصلی با تراکم شکستگی (ضریب خطوارگی) بالا است و ارتباط بین زونهای دگرسان و شکستگیها با مناطق مستعد کانه سازی در منطقه مورد مطالعه قابل شناسایی است.

بنابراین با توجه به این مطالعات می‌توان گفت که هجوم توده های نفوذی ژوراسیک منطقه بروجرد (قادری و همکاران،۱۳۸۳) به داخل توالیهای رسوبی- ولکانیکی دگرگون شده تریاس در منطقه می‌تواند به عنوان مکانی جهت یافتن پتانسیلهای بالای کانه سازی مورد توجه قرار گیرد. می‌توان گفت که غالب کانه‌زایی های منطقه بطور مستقیم یا غیر مستقیم با توده‌های نفوذی در ارتباط است. در ارائه و معرفی نقاط مستعد موارد ذکر شده در بالا منظور شده است. با تلفیق نقشه‌های حاصل از تفکیک واحدهای سنگی، ساختارهای خطی و دگرسانیهای تفکیک شده بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای ETM در محیط GIS، سه ناحیه امید بخش شناسایی شد (شکل۱۲) که شامل:

۱- شمال روستای محسن ابن علی: این محدوده متشکل از توالی رسوبی- ولکانیکی دگرگون شده می باشد که وجود کانیهای آهندار هم روند با گسلهای شمال غرب- جنوب شرق (گسل های قدیمی) شناسایی شده است. بر اساس برداشتهای ژئوشیمیایی ناحیه‌ای برگه یکصدهزار بروجرد (مصدق،۱۳۸۱)، ثبت آنومالی هایی از عناصر طلا و عناصر همراه دراین محدوده گزارش شده است. در این محدوده به منظور بررسی پتانسیل فلزی منطقه در رخنمون‌های سنگی و دگرسانیهای همراه و همچنین جهت شناسائی عوامل کنترل‌کننده ساختاری و لیتولوژیکی، اکتشافات لیتوژئوشیمیایی در حوضه آبریز شمال روستای محسن ابن علی توسط شرکت کان ایران (۱۳۸۴) صورت گرفته است. به کمک معیارهای ژئوشیمیایی، سنگ شناسی، میکروسکوپی و صحرایی، کانی سازی طلا در این منطقه در ارتباط مستقیم با روند شکستگیها و گسلهای منطقه تائید شد (اکبری و رسا،۱۳۸۶).

۲-نواحی امید بخش درتوده نفوذی نلخاست شرقی و غربی و نواحی مجاور آن: این محدوده با توجه به نتایج بدست آمده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای از جمله وجود دگرسانیهای اکسیدهای آهن و رسی، تاثیر عملکرد گسلها و مجاورت توده نفوذی با واحدهای کربناته، می‌تواند به عنوان محدوده امید بخش محسوب گردد.

۳- شمال و شرق کوه نل: با توجه به نتایج حاصل مطالعات دورسنجی، نفوذ توده گرانودیوریتی در واحدهای متاولکانیکی و سنگهای کربناته، وجود تقاطع چندین گسل و دگرسانی های هم روند با گسلهای شمالی- جنوبی (گسلهای جوان)، حائز اهمیت است. همچنین وجود ذخایر معدنی مشابه این منطقه از جمله چندین اسکارن تنگستن که در امتداد محور دورود- شازند می باشند (مانند اثر معدنی تنگستن بامسر و روشت (جهانگیری،۱۳۸۰) و کانسار تنگستن نظام‌آباد (عزیزپور و قادری: ۱۳۷۸)، امکان کانه‌زایی در این ناحیه را افزایش داده است.

بطور کلی در این مطالعه محدوده امید بخش شماره ۲ و ۳ توسط نتایج حاصل از مطالعات دورسنجی معرفی می شود که جهت کنترل زمینی و در صورت نیاز ادامه عملیات اکتشافی پیشنهاد می گردد.

منابع

- اکبری، ز.، و رسا، ا.، ۱۳۸۶. اکتشافات ژئوشیمیایی، کانی سنگین و آلتراسیون و دورسنجی منطقه محسن ابن علی بروجرد با نگرشی ویژه برکانی‌سازی طلا و عناصر همراه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی،۲۲۰ص.

- باقری، س.ب.، و رضایی.ی.، ۱۳۸۵. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده ،۲۶۸ص.

- جاهدی، ف.، و فرخی، ش.، ۱۳۷۵. مبانی سنجش از دور ایران، ۳۲۸ص.

- جهانگیری، ح. ا.،۱۳۸۰ . گزارش بررسی آثار معدنی تنگستن اسکارنی بامسر و نهشته های آن در آبرفت مروک استان لرستان ،گزارش سازمان زمین شناسی کشور.

- قادری، م.، رمضانی، ج.، ولی زاده، م.، فردین دوست، ز.، و احمدی خلجی، ا.، ۱۳۸۳. تعیین سن اورانیم- سرب کمپلکس نفوذی ژوراسیک بروجرد و توده‌های وابسته در زون سنندج- سیرجان، مجموعه مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین،سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی.

- عزیزپور، م.، و قادری، م.، ۱۳۷۸. ژئوشیمی، کانی‌شناسی و ژنز اثرهای معدنی تنگستن اسکارنی بامسر و رگه‌ای روشت و مقایسه آن با کانسار تنگستن نظام‌آباد (شازند-اراک)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۶ص.

- محجل، م.، و سهندی، م.ر.، ۱۳۷۸. تکامل تکتونیکی پهنه سنندج- سیرجان در نیمه شمال باختری و معرفی زیر پهنه های جدید در آن، مجله علوم زمین،سال هشتم، شماره ۳۱-۳۲، ص ۲۸-۴۶.

- مصدق، غ. ر.، ۱۳۸۱. گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک مقیاس یکصد هزار برگه بروجرد، سازمان صنایع و معادن استان لرستان، مهندسین مشاور کان ایران.

- نظام پور، م. ه.، و رساء، ا.، ۱۳۸۵. استفاده از روش سنجش از دور جهت تعیین نواحی مستعد کانه‌زایی در اطراف توده پورفیری با تاکید بر تاثیر ساختارهای خطی، انارک، ایران، نشریه دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، شماره چهاردهم،ص ۶۹- ۵۹.

-Burger, H., 2000 .“Remote Sensing and GIS for locating favorable zones of lead - zinc -zopper zineralization in Rajpu Dariba area, Rajasthan, India”, International Journal of Remote Sensing., V. 21(17), p.3253-3267.

-Chernicoff,C.J., Richards, J.P., and Zappetinio, E.O., 2002. “Crustal lineament lontrol on lagmatism and lineralization in north western Argentina,Geological, Geophysical and Remote Sensing Evidence ” ,Ore Geology Reviews.,V. 21, Issue 3-4 , p.127-155.

- Dalati, M., 1995.“Application of remote sensing to geology, tectonic and mineral explo- ration, CaseStudy: El- Rouge Depression”, Proceedings of the 14th International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan (ERIM)., V.1, p. 411-419

-Ranjbar, H., Honarmand, M., and Moezifar, Z., 2004. “Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt”, Journal of Asian Earth Sciences, Article in press, (www.elsevier .com/locate/jseaes).

- Large, R.R., Rodney, L., Allen., and Michael, D., 2001.“Hydrothermal alteration and volatile element halos for the Rosebery K Lens Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposit, Western Tasmania” , Jour. Economic Geology, V. 96(5), p. 1055-1072.

- Tangestani, M. H., and Moore, F., 2001.“ Comparison of three principal component analysis techniques to porphyry copper alteration mapping: A case study, Meiduk area, Kerman, Iran”, Canadian Journal of Remote Sensing, 27,P.176-181.
-Tangestani,M.H., and Moore,F., 2000. “Iron oxide and hydroxyl enhancement using the Crosta Method: a case study from the Zagros Belt, Fars Province, Iran”,International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation., V.2, p. 140-146.

-Venkataraman, G., Babu Madhavan, B., Ratha, D.S. and SinhaRoy, S., 2000.“ Spatial modeling for base-metal mineral exploration through integration of geological datasets”, Natural Resources Research Journal., V.9(1) , P. 27-42.
-Zhang, G. F., X. H. Shen, L. J. Zou, C. J. Li, Y. L. Wang., and S. L. Lu, 2007. Detection of hydrocarbon bearing sand through remote sensing technique in Western slope zone of Songliao basin, China. International Journal of Remote Sensing, 28, p. 1819-1833
.