

پردازش‌های دورسنجی جهت تشخیص ساختارهای تکتونیکی زمین‌شناسی و زون‌های دگرسانی در پهنه اکتشافی شهرستان میانه (شمال غرب ایران)

معصومه صدیقی تکریمی^۱، علیرضا گنجی^{۲*}، آرش گورابجیری پور^۳، محمدرضا انصاری^۴ و افشین اشجع اردلان^۵

۱- دانشجوی زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، میانه

۴- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس

۵- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران

نویسنده مسئول: arganji@yahoo.com *

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۹۹/۹/۲ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۳

چکیده

هدف این پژوهش بررسی پتانسیل کانی‌سازی فلزات مس، طلا و مولیبدن در سطح پهنه میانه (با تمرکز بر بخش‌های غربی و شرقی-شمال شرقی) می‌باشد. بدین منظور رویکرد مورد نظر استفاده از مطالعات زمین‌شناسی مستقیم و نمونه‌برداری در خصوص کانی‌سازی فلزات مذکور بوده است. برای بحث در مورد پتانسیل کانی‌سازی از داده‌های غیرمستقیم (دورسنجی) استفاده شد. به این صورت که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور به بررسی کانی‌سازی و دگرسانی در منطقه مورد مطالعه پرداخته شده و نتایج طبقه‌بندی می‌شود. در این مرحله از نرم‌افزارهایی همچون ArcGIS، ENVI، Image Analyzer استفاده شد. نتایج نشان داد که پهنه شرقی میانه هیچ‌گونه پتانسیل فلزی نشان نداد. در بخش غربی پهنه میانه وضعیت کانی‌سازی فلزی متفاوت می‌باشد، زیرا در این قسمت، سنگ‌های آذرین نفوذی، نیمه‌عمیق و خروجی بصورت گسترده مشاهده می‌شود که اغلب توسط پدیده دگرسانی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. مجموع این شرایط باعث گردیده که کانی‌سازی فلزی در بخش‌هایی از پهنه غربی میانه مشاهده گردد. اعم این کانی‌سازی‌ها عبارت‌اند از، وجود کانی‌سازی طلا در رگه و رگچه‌های سیلیسی، وجود کانی‌سازی مولیبدن بصورت رگچه‌ای و وجود کانی‌سازی آهن به صورت گوتیت و هماتیت است.

واژه‌های کلیدی: دورسنجی، ساختارهای تکتونیکی، پهنه اکتشافی میانه

پیشگفتار

اطلاعات اولیه در مورد زمین‌شناسی منطقه شمال شرق میانه و شناخت ایالات سنگ‌شناسی آذرین، دگرگونی و رسوبی آن معطوف به تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چهار گوش سراب (بهریزی و همکاران، ۱۳۷۱) بوده است. یکی از مهم‌ترین پتانسیل‌های کانه‌زایی در این محور، کانسار مولیبدن پورفیری سیاه کمر در ۳ کیلومتری شرق محدوده قاضی ولی می‌باشد که در مرحله اخذ گواهی کشف و پروانه بهره‌برداری می‌باشد. در سری سنگ‌های ولکانیک و پیروکلاستیک مربوط به دوره‌های ائوسن و میوسن، توده‌های بارور میوسن؟ در بخش‌های مختلف منطقه نفوذ نموده که متأثر از این توده‌ها و سیستم‌های گرمایی مرتبط با آن‌ها، کانه‌زایی‌های پورفیری مولیبدن سیاه کمر، طلای حصار، طلای داشکسن، مس-طلای قهرمانلو، مس-طلای شیخدرآباد و... تشکیل شده است.

پژوهشگران در سال‌های اخیر مطالعات نسبتاً جامعی بر روی کانی‌سازی‌های متنوع موجود در زون میانه-هشترود از جمله کانسار مس-مولیبدن پورفیری سونگون و اسکارن‌های همراه آن (کالیگاری، ۲۰۰۴)، کانسار مس-طلای مسجد داغی (علیرضایی و همکاران، ۲۰۰۸)، مس پورفیری سوناجیل (حسین‌زاده، ۱۳۸۷)، مس-مولیبدن پورفیری هفت‌چشمه (شرکت محمدی و زرناب، ۲۰۰۷) و مس-مولیبدن کیقال-بارملک (سیمونز، ۱۳۹۰) انجام داده‌اند. همچنین چندین کانسار مهم طلای ایپی‌ترمال نظیر زایلیک-صفی خانلو (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۰۸)، شرف‌آباد-هیزه‌جان (علیرضایی و همکاران، ۲۰۰۸) و پژوهش پیش رو در این زون مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در کانسار مس چهارآباد ۵ افق کانه‌زایی شناسایی شد و هر یک از این افق‌ها شامل سه پهنه کانه‌زایی شده، شسته شده و سرخ اکسیدان است. بر این اساس هدف از این پژوهش بررسی پتانسیل کانی‌سازی فلزات مس، طلا و مولیبدن در سطح پهنه میانه (با تمرکز بر بخش‌های غربی و شرقی-شمال شرقی) می‌باشد.

زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

گستره مورد مطالعه در تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵) و علوی (۱۹۹۱) در پهنه ساختاری البرز- آذربایجان و ارومیه- دختر و در تقسیم‌بندی افتخارنژاد (۱۳۵۹) جزء مناطق ریفتی با باقیمانده پوسته اقیانوسی قدیمی و مرتبط با گودال خزر جنوبی قرار می‌گیرد. در منطقه‌بندی زمین‌ساختی- رسوبی بربریان و کینگ (۱۹۸۱)، این گستره بخشی از فلات آذربایجان و در زمره ایران مرکزی است. در نقشه ثقل‌سنجی دهقانی و ماکریس (۱۹۸۳) ضخامت پوسته قاره‌ای در آذربایجان بین ۳۰ کیلومتر (ساحل دریای خزر) و ۴۵ کیلومتر در تغییر است. این ضخامت در گودال ارومیه به ۴۲ کیلومتر می‌رسد (معین وزیری، ۱۳۷۵ به نقل از تاج‌بخش، ۱۳۸۹). قیطانچی (۱۹۹۶) با مطالعه پس‌لرزه‌های زلزله ۱۹۹۰ رودبار ضخامت پوسته در شمال باختر ایران را حدود ۴۴ کیلومتر تعیین می‌کند.

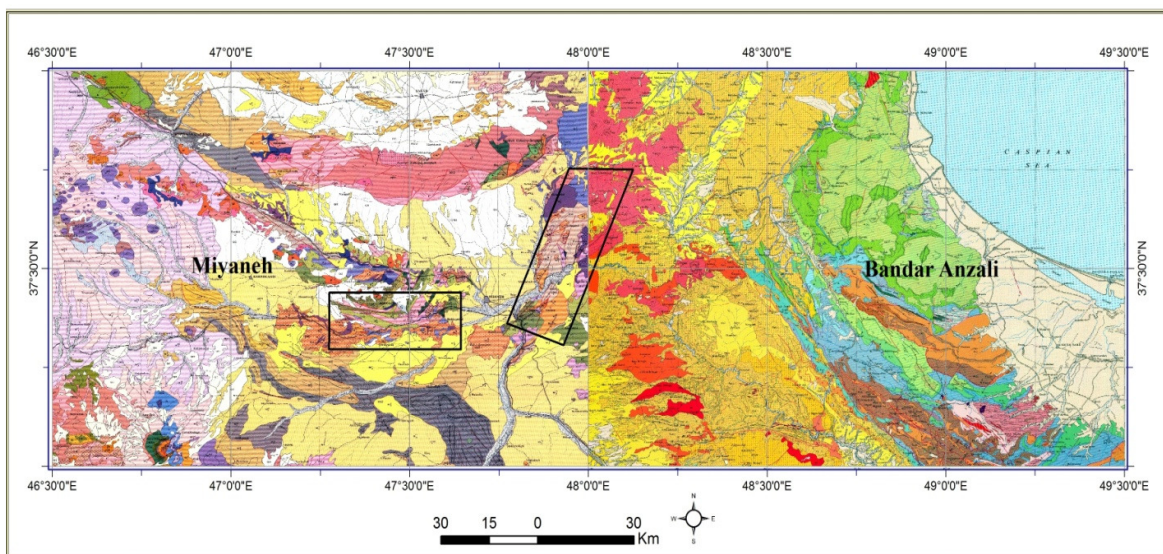
از سوی دیگر می‌توان گفت فعالیت شدید آتشفشانی با ترکیب شیمیایی اکثراً آلکالن در سنوزوئیک (ترشیری و کواترنری) خاص فعالیت شدید آذربایجان و قابل مقایسه با ولکانیک‌های ارمنستان و قفقاز کوچک است که از ائوسن تا کواترنری در پهنه گسترده‌ای از فلات آذربایجان نمایان شده است. ماسون و همکاران در مطالعات خود، ضمن معرفی حوضه خزر به عنوان یک بلوک بی‌لرزش، سخت و مقاوم که در یک زون برخوردی درگیر است، دو زون کششی یکی در شمال گسل تبریز و جنوب فلات تالش و دیگری در نزدیک مرز جمهوری آذربایجان و شمال فلات تالش معرفی نموده است (ماسون و همکاران، ۱۹۸۵).

همچنین زیربنای عناصر ساختاری منطقه آذربایجان در ارتباط با همگرایی صفحات عربی- اوراسیا و درگیری خرده صفحات ایرانی در میدان تنش این الگوی فشارشی است. در این میان مقاومت پوسته به نوعی اقیانوس خزر جنوبی در مقابل فشردگی، به همراه عملکرد گسله‌های چپ‌گرد

تحقیقاتی نیز در این زمینه انجام شده است. خضری (۱۳۸۰) در تحقیقی پترولوژی توده‌های نفوذی منطقه را از نوع گرانیتوئیدهای تیپ I، متآلومینوس و از سری کالک آلکالن تعیین کرده است. همچنین بر اساس شواهد ژئوشیمیایی عناصر اصلی و نادر و پتروگرافی توده‌های نفوذی و شواهد صحرائی محیط قوس آتشفشانی قاره‌ای را برای ماگماتیسیم منطقه در نظر گرفته است. گلگون (۱۳۸۰) در تحقیقی اعتقاد دارد سیالات اپی‌ترمال در مراحل نهایی فعالیت ماگمایی در داخل درز و شکاف‌ها و شکستگی‌های سنگ مادر نفوذ کرده و باعث تشکیل رگه‌های کوارتزی و پیریتی در آن‌ها شده‌اند. آنالیزهای انجام شده بر روی ۲۰۰ نمونه سنگ توسط گلگون، میانگین طلا را در این منطقه ۳/۵۹ گرم در تن مشخص کرد. حاجی‌مرادی (۱۳۷۷) زمین‌شناسی اقتصادی و پترولوژی کانسار طلا- پلی متال میوه رود را در تحقیقی مورد بررسی قرار داده است. ایشان در رگه‌های منطقه بوزلوخ حضور طلای طبیعی را در میان دانه‌های کوارتز گزارش کرده است. ایشان ماگماتیسیم منطقه را از نوع کالک آلکالن سدیک و مرتبط با زون فرورانش حاشیه قاره‌ای دانسته و کانسار خاروانا را از نوع مس پورفیری تیپ دیوریتی معرفی کرده است. غلامی (۱۳۸۰) زمین‌شناسی و عوامل کنترل کننده کانه‌زایی زون‌های طلا دار کانسار میوه‌رود را در منطقه خاروانا در تحقیقی مورد بررسی قرار داده است. ارجمندزاده (۱۳۸۵) در تحقیقی ژئوشیمی، دگرسانی و کانی‌سازی طلا در استوک گرانیتوئیدی منطقه خاروانا را مورد بررسی قرار داده است. ایشان ذخیره منطقه خاروانا را به صورت یک سیستم پورفیری Cu-Au معرفی کرده‌اند. عینعلی (۱۳۸۵) در تحقیقی به بررسی زون‌های متاسوماتیک و اسکارنی منطقه پرداخته است. ایشان زون‌های اسکارنی منطقه را از نوع اسکارن طلا دانسته‌اند. صادقی و همکاران (۱۳۹۷) کاربرد سنجش از دور در شناسایی رخساره‌های کانی‌هایی رودخانه ابهررود را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این مطالعه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و روش‌هایی چون ترکیب رنگی کاذب ۷۴۲ و فرمول سه نسبتی ساینز (۱۹۹۲) می‌توان به آثار رخساره‌های گرمایی- ماگمایی و مناطق امید بخش جهت بررسی‌های دقیق‌تر در منطقه پی برد. بیکدلی و همکاران (۱۳۹۳) به مطالعه کانه‌زایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس رسوبی چهارآباد، شمال باختر زنجان پرداختند.

حاصل از حرکات خشکی‌زایی کالدونین است و هیچ فاز کوهزایی طی پالئوزوئیک زیرین تا دونین، سرزمین آذربایجان را تحت تأثیر قرار نداده است. در اوایل دونین، گسل تبریز موجب شکستگی و تقسیم بسیار مشخص رخساره‌ها در آذربایجان شده است. نقشه‌های زمین‌شناسی در برگیرنده منطقه مورد مطالعه موجود در کشور که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه گردیده است در جدول‌های ۱ و ۲ و شکل ۱ آورده شده است.

ارس، راست‌گرد تالش، بزگوش - میانه - سنگوار و راست‌گرد تبریز که پیرامون فلات آذربایجان را احاطه کرده‌اند مهم‌ترین (بربریان، ۱۹۸۳). از نظر چینه‌شناسی شمال باختر ایران، به اعتقاد افتخارنژاد (۱۹۷۵) حرکات پرکامبرین پایانی، بالازدگی‌های مهمی را در آذربایجان به وجود آورده و به طور محلی سبب دگرشیبی‌های زاویه‌دار در چند نقطه از جمله تکاب و نقره‌داغ شده است در سنگ‌های پالئوزوئیک میانی، نشانه‌هایی حاکی از فرسایش در سراسر آذربایجان دیده می‌شود که نمایانگر بالآمدگی



شکل ۱. ورقه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ در برگیرنده محدوده مطالعاتی

جدول ۱. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ در برگیرنده محدوده مطالعاتی

Row	Name	Name	Geology
1	Bandar e Anzali	بندر انزلی	موجود
2	Miyaneh	میانه	موجود

جدول ۲. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ در برگیرنده محدوده مطالعاتی

Row	Name	Name	NO SHEET	Geology
1	Givi	گیوی	5665	موجود
2	Hashtjin	هشتجین	5664	موجود
3	Sarab	سراب	5565	موجود
4	Miyaneh	میانه	5564	موجود
5	Sar Eskand	سراسکند	5464	موجود

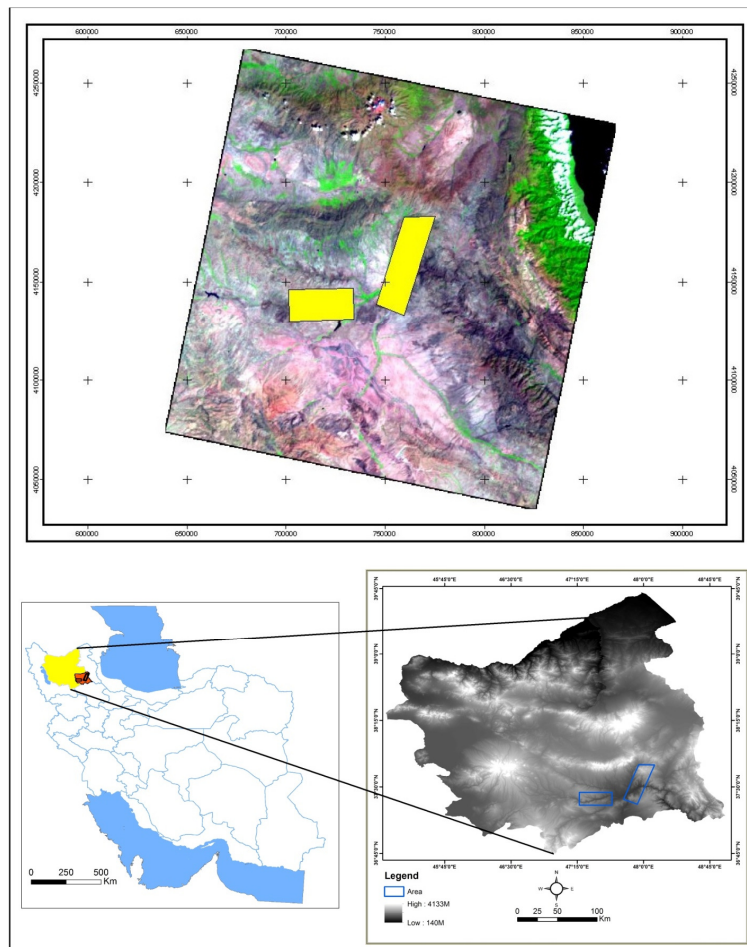
استخراج شد. که از ERDAS Imagine 8.4 جهت بررسی و بازبینی داده‌های سنجنده ASTER استفاده شد. تصاویر سنجنده ASTER نیاز به تنظیماتی از نظر ویژگی‌های

روش تحقیق

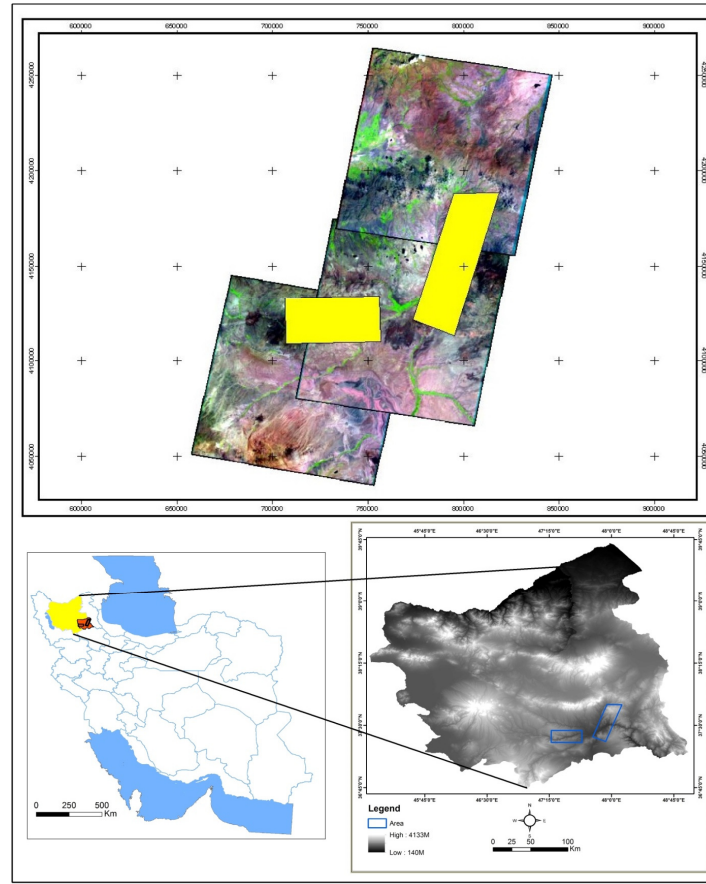
در مرحله پردازش تصاویر زون‌های مهم دگرسانی و همینطور ساختارهای تکتونیکی محدوده مورد بررسی

اکسیدهای آهن، کانی‌های پیروفیلیت و آلونیت به عنوان نماینده زون دگرسانی آرژلیک پیشرفته، کانی کائولینیت به عنوان نماینده زون دگرسانی آرژلیک، کانی سیرسیت به عنوان نماینده زون دگرسانی فیلیک و کانی‌های اپیدوت و کلریت به عنوان کانی‌های شاخص دگرسانی پروپلیتیک می‌باشد. جهت تشخیص دگرسانی سیلیسی از روش‌های نسبت باندی ۱۲ به ۱۳ که از باندهای حرارتی سنجنده ASTER هستند استفاده گردید. در این تحقیق جهت انجام مطالعات سنجش از دور و کسب اطلاعات زمین‌شناسی و اکتشافی از قبیل ساختارهای حلقوی، خطواره‌ها، لیتولوژی‌ها و آلتراسیون‌های مختلف از تصاویر ماهواره‌ای ASTER و ETM استفاده شد که مشخصات کلی این تصاویر به ترتیب در جدول‌های (۳ و ۴) آورده شده است. همچنین در نقشه‌ی جداگانه در شکل‌های (۲ و ۳) نقشه موزائیک شده تصاویر ماهواره‌ای به ترتیب برای Landsat 8 و ASTER مشاهده می‌شوند.

زمین مرجع بودن و محاسبه‌های آماری و ساخته شدن PYRAMIDها در هر تصویر دارند که این نرم‌افزار ابزار مناسبی جهت این اهداف می‌باشد. و همچنین از نرم‌افزار Geomatica V10.1 در محیط Focus جهت تفکیک گسل‌ها و ساختارهای حلقوی در صحنه مطالعاتی استفاده شد. در هر مورد فیلتر مورد نظر اعمال گردید تا نتیجه بهتری حاصل شود. از نرم‌افزار ENVI4.8 جهت بررسی‌های طیفی هر کانی و تشخیص هر کانی استفاده شد. برای این منظور ابتدا یک کتابخانه طیفی برای هر صحنه مطالعاتی سنجنده ASTER ساخته شد و با استفاده از آن و روش‌های مختلف تفسیر طیفی، کانی مورد نظر در محدوده شناسایی گردید. انواع مختلف روش‌های طبقه‌بندی برای تصاویر اعمال شد که از بین آن‌ها روش Pixel_Sub Match, SAM (Mapping Angle Spectral), PCA و Filtering همراه با نسبت باندی نتایج خوبی به همراه داشت. داده‌های استخراج شده شامل دگرسانی



شکل ۲. نقشه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ دربرگیرنده محدوده



شکل ۳. نقشه موزاییک تصاویر ماهواره‌ای ASTER دربرگیرنده محدوده

جدول ۳. تصاویر ماهواره‌ای ASTER دربرگیرنده محدوده مطالعات

Row	Aster Index Name
1	AST_L1B.003:2014663964
2	SC:AST_L1B.003:2008162817
3	SC:AST_L1B.003:2013219637
4	SC:AST_L1B.003:2007210925
5	ASTER1B_070302_372
6	ASTER1B_070302_378

جدول ۴. ردیف و گذر تصاویر ماهواره‌ای ETM دربرگیرنده محدوده مطالعاتی

Row	PATH	ROW
1	168	34
2	167	34

شناسایی شده بوسیله تصاویر ماهواره‌ای ساختارهای حلقوی^۱ هستند. ساختارهای حلقوی می‌توانند مرتبط با اثر توده‌های نفوذی باشند که در سطح زمین رخنمون ندارند ولی سبب بروز دگرسانی‌هایی در سطح زمین شده‌اند.

پردازش‌های دورسنجی جهت تشخیص ساختارهای تکتونیکی زمین‌شناسی در بهینه اکتشافی میانه در منطقه میانه پدیده‌های تکتونیکی تفکیک شده شامل گسل‌ها و ساختارهای حلقوی می‌باشد. اولین ساختارهای

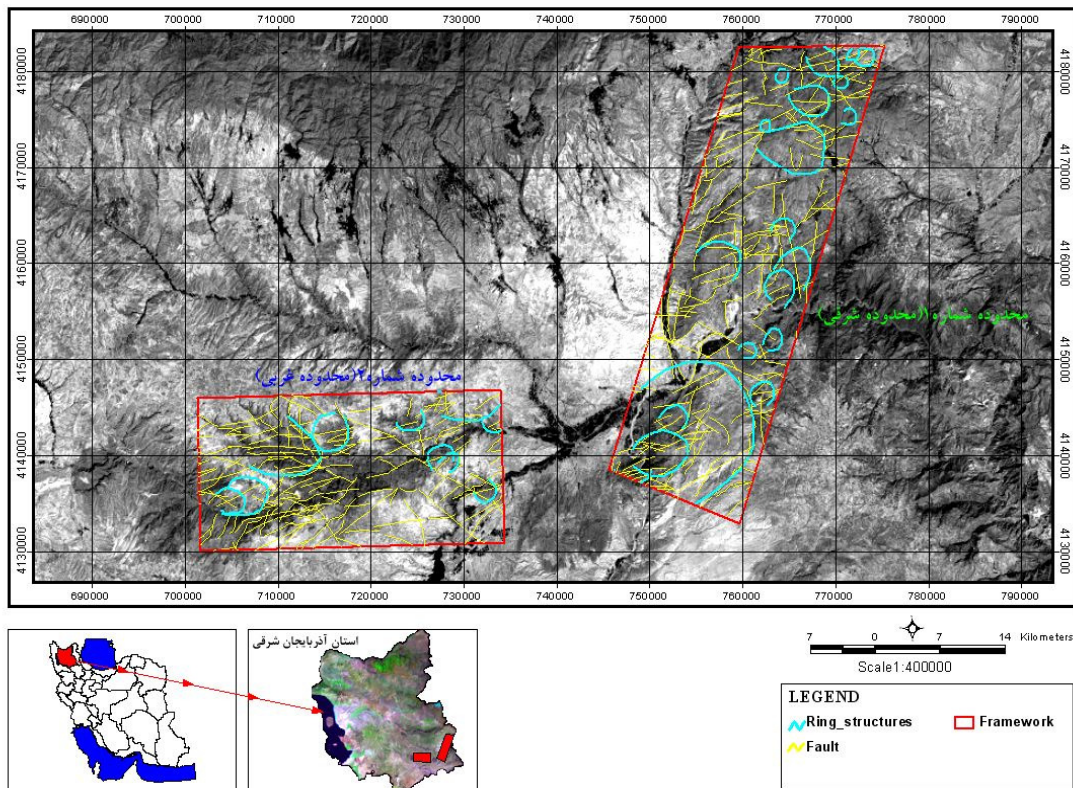
¹ Structures Ring

روند ساختاری در محدوده قابل توجه است. گسل‌ها در محدوده این صحنه مطالعاتی دارای روندهای شمال باختری- جنوب‌خاوری است که گسل‌هایی با روند شمال خاوری- جنوب باختری و شمالی- جنوبی آن‌ها را قطع کرده‌اند.

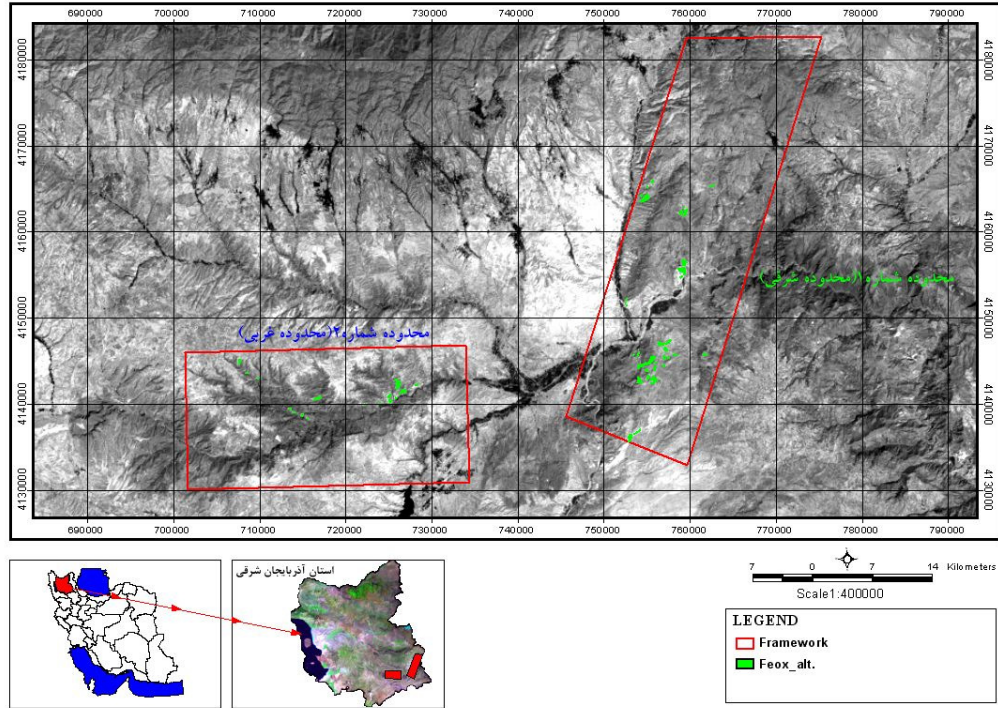
پردازش‌های دورسنجی جهت تشخیص زون‌های دگرسانی در پهنه اکتشافی میانه

در پردازش تصویر سنجنده ASTER در محدوده‌های مورد بررسی در پهنه اکتشافی میانه از روش‌های مختلف تفسیر طیفی در نرم‌افزار ENVI 4.8 استفاده شد تا کانی‌های شاخص زون‌های دگرسانی‌های مختلف شناسایی شود. در شکل‌های (۵ تا ۱۱) پراکندگی کانی‌ها در هر تصویر به صورت جداگانه نمایش داده شده است. در شکل (۱۲) نیز تصویر Hill Shade استخراج شده از مدل رقومی ارتفاعی شده روی محدوده مورد بررسی مشاهده می‌شود.

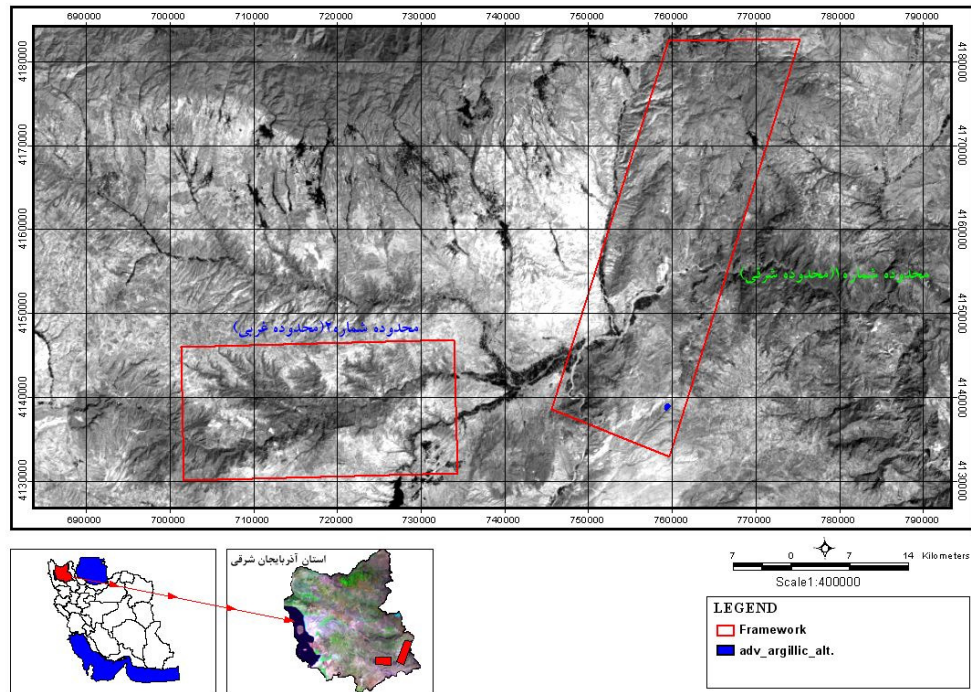
روش کار در استخراج ساختارهای تکتونیکی این گونه بوده است که ابتدا تصویر با ترکیب باندی ۱،۲،۳ در محیط RGB با استفاده از نرم‌افزار Geomatica V10.1 و همینطور نرم‌افزار Arc GIS 9.2 پردازش شد و ساختارها در این ترکیب شناسایی گردید. سپس از ترکیب باندی ۱،۲،۴ جهت تأیید داده‌های استخراج شده استفاده شد و همزمان از فیلترهای Sharpening Edge برای تشخیص مرز ساختارهای حلقوی و گسل‌ها و سپس از فیلتر Edge Laplacian Detector جهت تفکیک ستیغ کوه‌ها از گسل‌ها استفاده شد. در شکل (۴) گسل‌ها و ساختارهای حلقوی استخراج شده از تصاویر سنجنده ASTER و لندست ۸ در محدوده مورد بررسی مشاهده می‌شود. روند ساختارهای حلقوی در محدوده شماره ۱ یا محدوده شرقی شمالی جنوبی و در محدوده شماره ۲ یا محدوده غربی شرقی است. وجود این تعداد ساختارهای حلقوی می‌تواند دلیلی بر وجود سنگ‌های نفوذی زیرسطحی باشد که به عنوان یک منبع گرمائی در محدوده فعالیت دارند و از طرفی تفاوت



شکل ۴. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش گسل‌های محدوده مورد بررسی با استفاده از ترکیب باندی RGB(3,2,1). Sharpening Edge و Edge Laplacian Detector که با لایه وکتوری زرد رنگ و ساختارهای حلقوی که با لایه وکتوری آبی رنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.

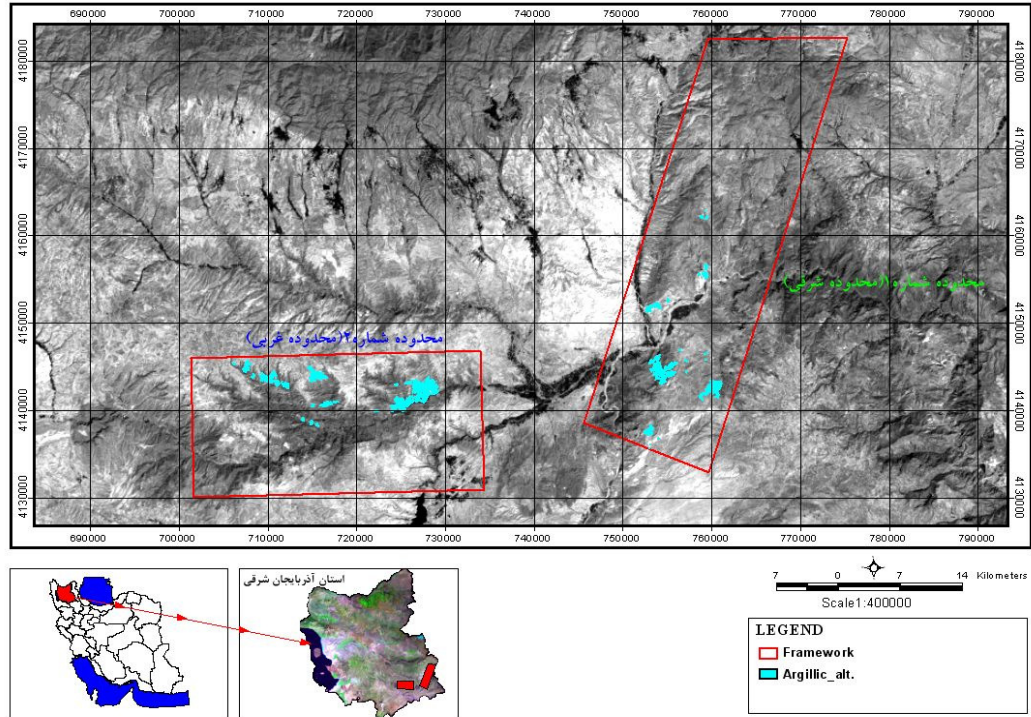


شکل ۵. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش دگرسانی‌های اکسید آهن استخراج شده با استفاده از روش‌های MF^1 و SAM^2 که با لایه وکتوری سبز رنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.

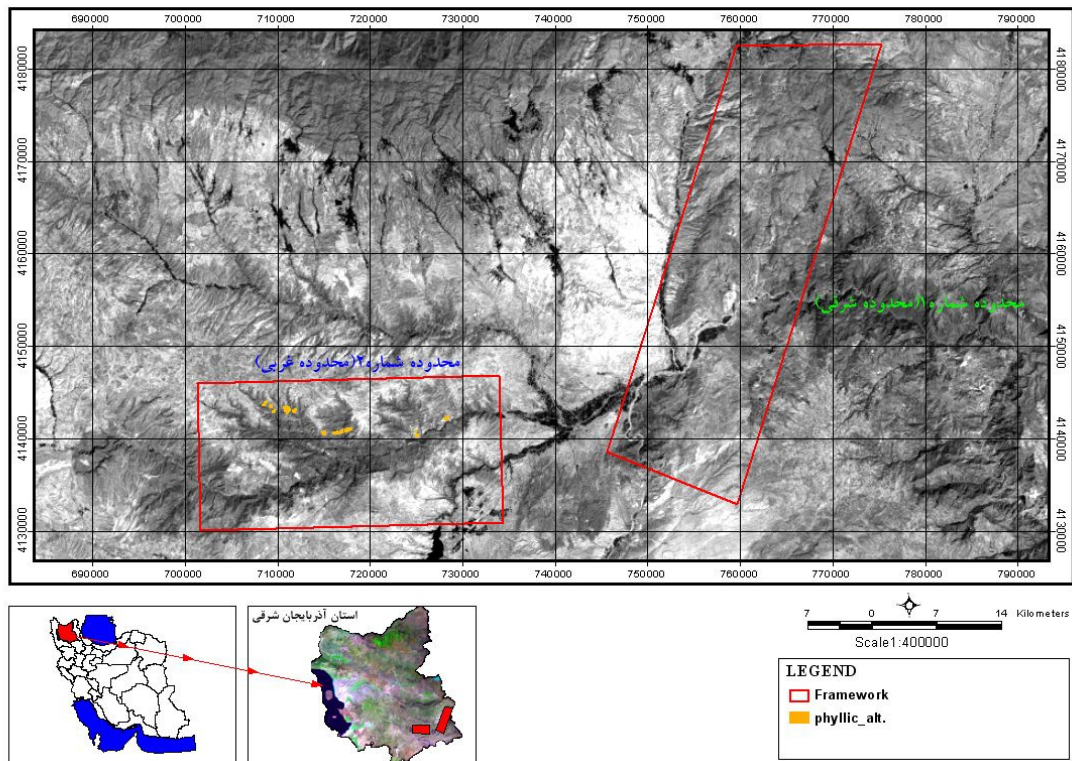


شکل ۶. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش دگرسانی‌های آرزلیک پیشرفته استخراج شده با استفاده از روش‌های MF^3 و SAM^4 که با لایه وکتوری آبی رنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.

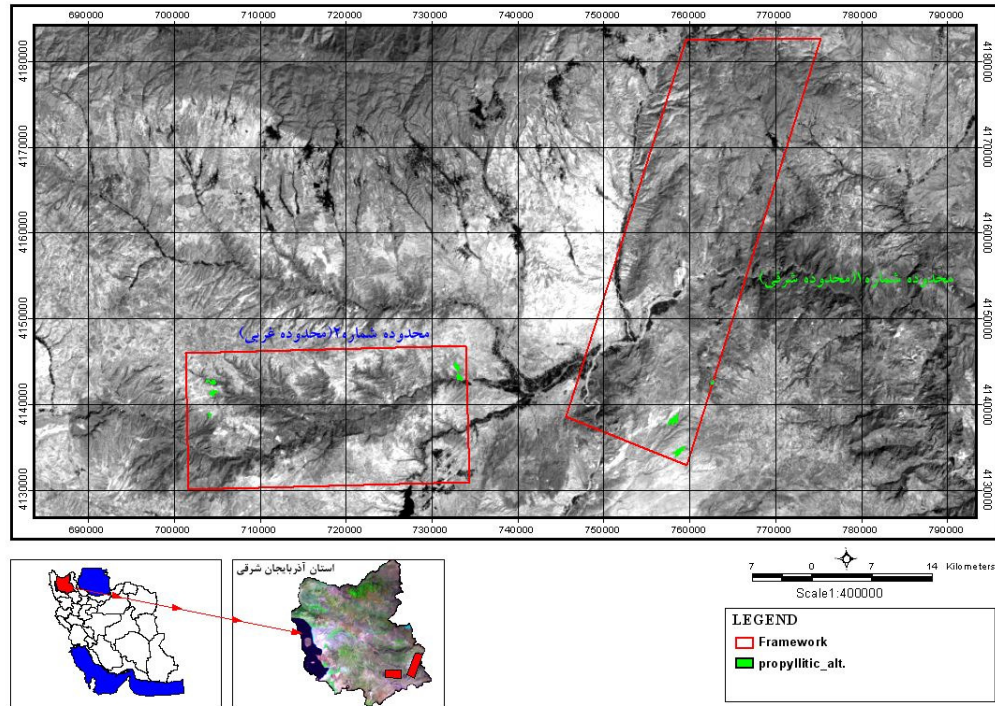
1. Match Filtering.
 2. Spectral Angle Mapping.
 3. Match Filtering.
 4. Spectral Angle Mapping.



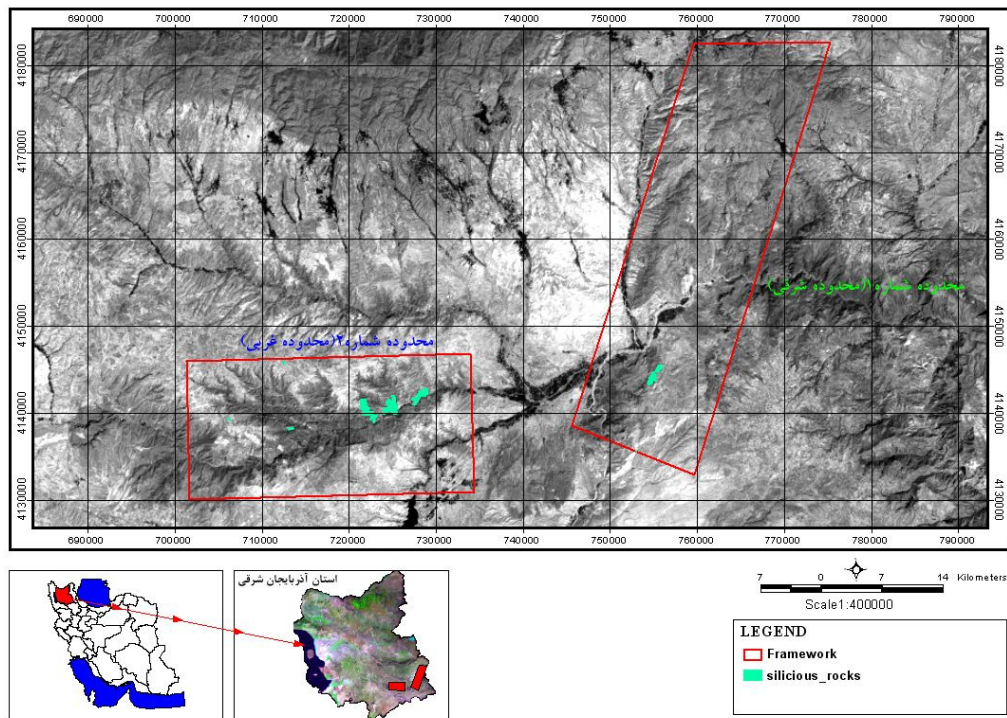
شکل ۷. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش دگرسانی‌های آرژیلیک استخراج شده با استفاده از روش‌های MF و SAM که با لایه وکتوری آبی رنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.



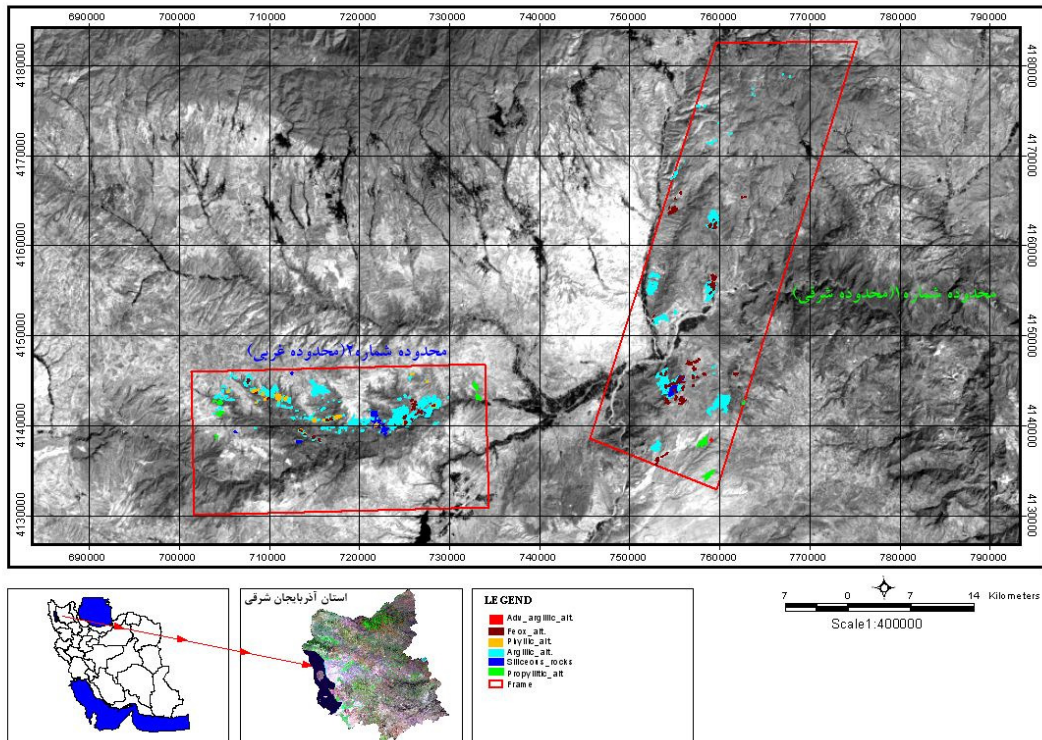
شکل ۸. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش دگرسانی‌های فیلیک آرژیلیک استخراج شده با استفاده از روش MF که با لایه وکتوری زرد رنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.



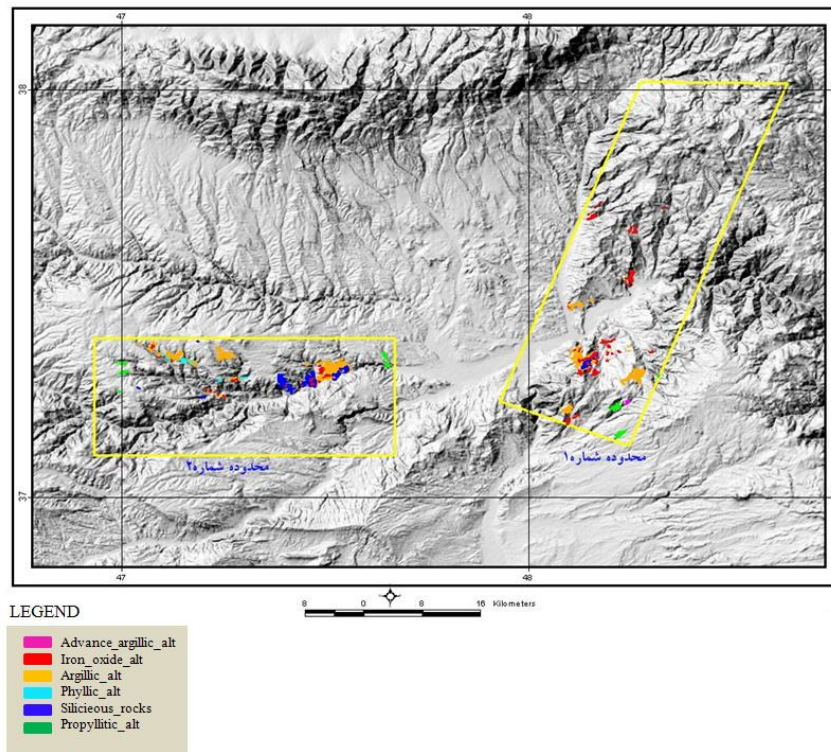
شکل ۹. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش دگرسانی‌های پروپیلیتیک استخراج شده با استفاده از روش MF که با لایه وکتوری سبزرنگ مشخص شده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش واحدهای سنگی سیلیسی شده که با استفاده از روش نسبت باندی ۱۲ به ۱۳ پردازش و تفکیک گردیده‌اند. کادر قرمز رنگ ۲ محدوده مطالعاتی در پهنه میانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI باند ۴ و نمایش عکس- نقشه نهایی (Map Mineral) تفکیک زون‌های دگرسانی. کادر قرمز رنگ محدوده‌های مطالعاتی پهنه میانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲. تصویر Shade Hill استخراج شده از مدل رقومی ارتفاعی

رخنمون آشکاری از توده‌های نفوذی در ساختار اصلی دیده نمی‌شود اما در ساختار حلقوی پسین و در برش دره میوه‌رود، مس پورفیری آشکار شده و کانی‌سازی طلا احتمالاً از نوع سولفیداسیون کم رخنمون یافته است. رویکرد این ساختار منطقه‌ای و فراهم سازی میدان گرمایی و گرمایی مناسب، توانسته کانی‌سازی‌هایی از As, Sb را در منطقه ظاهر سازد. تقاطع و برش ساختارهای خطواره‌ای شمال خاوری می‌تواند در کنترل کانی‌سازی مؤثر واقع شود. این ساختار از نظر سن ولکانیسم همانند ساختار حلقوی سیه‌رود است اما عمق جایگیری بیش‌تر بوده و نتوانسته است به برون راه پیدا کند.

سیستم ساختاری قولان از نوع حلقوی‌المرکز و تراز رخنمون بسیار بالا در کنترل کریدور ساختاری شمال-خاوری، حداقل با سه خطواره است که در جهت عمود بر آن (روند شمال باختری) موجب بازشدگی (دیاکلازهای بزرگ) و زون‌های گسسته شده و زمینه مناسبی را برای کانی‌سازی فراهم سازد. کانی‌سازی قره‌چیلر از نمونه‌های بارز این پدیده تکتونو-ماگمایی است.

سیستم ولکانو-پلوتونی سونگون در غرب و جوار سیستم خطواره‌ای شمالی-جنوبی، تنها ساختار حلقوی دستخوش ولکانیسم پلیوسن-کواترن شده و سیستم فعالی را ساخته که حداقل از زمان الیگوسن تا پلیوسن کانون ملتبه پدیده‌های ماگمایی و الزاماً مرکز رخداد فلززایی است.

تقاطع سیستم خطواره‌ای شمالی-جنوبی و محدود شدن این سیستم با کریدوری از دو ساختار شمال خاوری و تکرار پویایی ماگمایی منجر به فلززایی سیستم پورفیری و هم آینده‌های مرتبط با آن و همچنین کانی‌سازی‌های اپی‌ترمال از Cu, Zn, Pb, As, Sb, Hg, Ag, Au در این سیستم گشته است و پتانسیل مناسبی از وجود سیستم‌های پورفیری برای کانسارهای اقماری به وجود آورده که آثار آن را در سیه‌کلان و کیقال می‌توان مشاهده نمود. سیستم ساختار حلقوی کلیر در روی سیستم خطواره‌ای شمال-جنوبی، رویکردی از ماگماتیسم آلکانل دارد که فرایند آن را در نفیلین سینیت کلیر، نفوذی‌های گابرویی می‌توان ملاحظه نمود. علاوه بر این رویکرد شکستگی‌های خطواره‌ای، ولکانیسم پلیوسن-کواترن نیز موجب باز پویایی سیستم و کانی‌سازی‌های مرتبط با آن می‌تواند شده باشد.

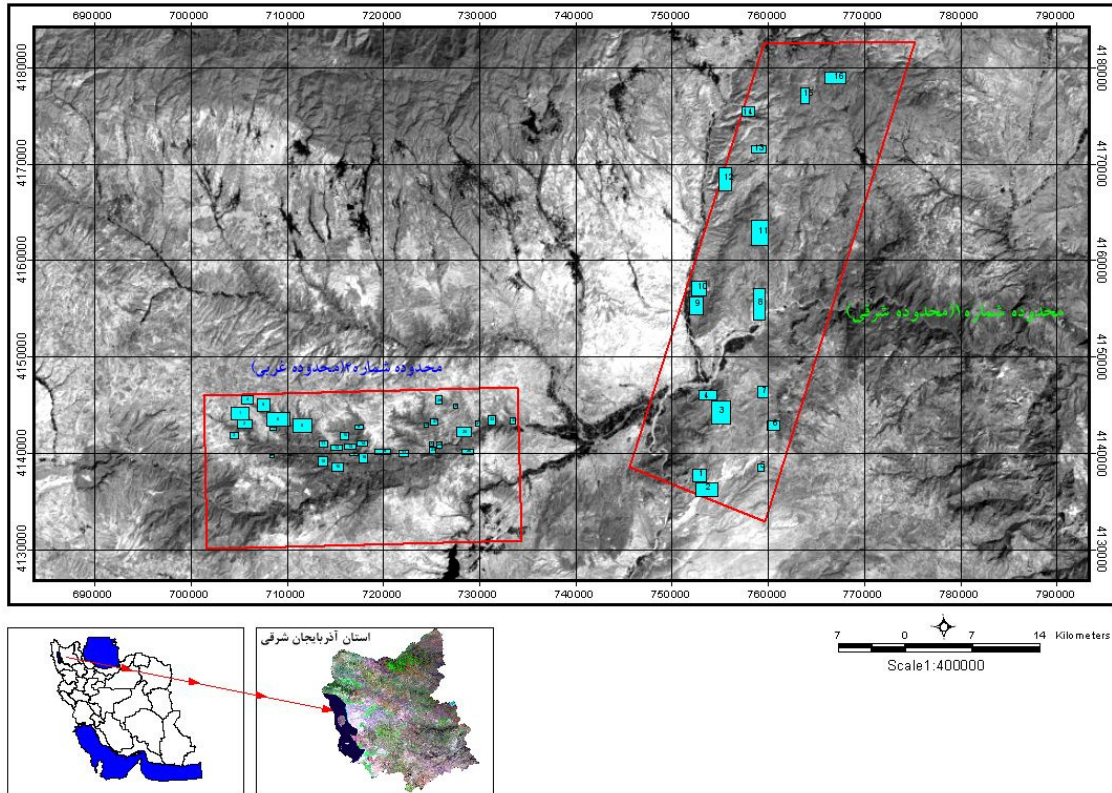
نتایج نهایی زون‌های دگرسانی‌های استخراج شده از داده‌های سنجنده ASTER در این تحقیق روی تصویر Hill Shade انداخته شده است. ۲ کادر زرد رنگ محدوده‌های مطالعاتی پهنه اکتشافی میانه را مشخص می‌کند. پس از استخراج کانی‌های و زون‌های دگرسانی مختلف در ۹ صحنه مطالعاتی سنجنده استر محدوده‌های اکتشافی میانه، داده‌های استخراج شده با داده‌های زمین‌شناسی (شامل نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس یکصد هزارم و دوپست و پنجاه هزارم- اندیس‌های معدنی و گزارش‌های اکتشافی موجود در هر ورقه) تطبیق داده شد و مورد بررسی قرار گرفت تا در نهایت ۴۹ محدوده به عنوان نقاط امیدبخش احتمالی معرفی شدند. یادآوری می‌گردد که دورسنجی تنها یک لایه از لایه‌های مختلف زمین‌شناسی در اکتشاف است که از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پردازش تصاویر احتمال حضور ذخایر معدنی را در یک محدوده مشخص می‌کند.

در ادامه مختصات آنومالی‌ها در صحنه‌های مطالعاتی مختلف بر اساس سیستم UTM^۱ به صورت جدول و در زون مختصاتی ۳۸ در صحنه مطالعاتی مورد بررسی ارائه شده است. در شکل (۱۳) و جدول (۵) ۳۹ آنومالی پیشنهادی در محدوده باختری پهنه اکتشافی میانه و ۱۶ آنومالی در محدوده خاوری این پهنه مشاهده می‌شود.

ساختارهای تکتونوماگمایی و حوزه‌های مستعد کانی‌سازی منطقه

عمده‌ترین ساختارهای فلززا عبارت‌اند از: ساختار حلقوی سیه‌رود با میدان تأثیر در منطقه کیامکی و رویکردهایی از ولکانو-پلوتونیسم میوسن که معلول ولکانیسم، فروافتادگی و در نهایت نفوذ و صعود توده‌های گرانیتوئید که حجره پسین ماگمایی آن در غرب سیه‌رود قرار گرفته و به عنوان ساختاری مستعد برای کانی‌سازی مس پورفیری و کانی‌سازی طلا از نوع سولفیداسیون زیاد معرفی می‌شود. محدوده تقاطع سیستم گسستگی شمال-خاوری که یک کریدور ساختاری را می‌سازد در تقاطع با سیستم حلقوی می‌تواند کانون‌های مناسبی را از جنبه متالوژنی به وجود آورد. ساختار گنبدی خاروانا با وجود توده پورفیری احتمالاً پنهان ساختاری است که در سمت جنوب، با ساختار کوچک اقماری همراهی می‌شود. گرچه

1. Universal Transverse Mercator



شکل ۱۳. تصویر سنجنده و نمایش پراکندگی محدوده‌های پیشنهادی جهت عملیات صحرایی (کادرهای آبی رنگ) از مقایسه ASTER داده‌های سنجنده در محدوده مورد بررسی با داده‌های زمین‌شناسی در ۲ پهنه اکتشافی در میانه (لایه وکتوری قرمز رنگ).

جدول ۵. نام و مساحت آنومالی‌های حاصل از دور سنجی

محدوده غربی				محدوده شرقی	
Anomaly No.	Area (Km2)	Anomaly No.	Area (Km2)	Anomaly No.	Area (Km2)
1	2.33	18	0.878	1	1.89
2	1.21	19	0.792	2	3.091
3	0.574	20	0.136	3	4.683
4	1.04	21	0.59	4	1.668
5	1.905	22	0.254	5	0.55
6	3.47	23	0.372	6	1.173
7	0.211	24	0.391	7	1.472
8	2.832	25	1.605	8	3.918
9	0.421	26	0.74	9	2.602
10	0.646	27	0.448	10	2.43
11	0.635	28	0.235	11	4.402
12	0.676	29	0.677	12	3.112
13	0.712	30	0.164	13	1.175
14	0.636	31	0.247	14	1.233
15	0.921	32	0.785	15	1.527
16	1.097	33	0.347	16	2.725
17	0.264				

برای کانی‌سازی‌های فلزات گرانبها از هر دو نوع سولفیداسیون زیاد و کم و نوع کارلین می‌تواند داشته باشد (کمالی و موید، ۱۳۸۹). از دیگر وجوه این ساختار، تحرک این سیستم در فراگرد تکوین تکتونو - ماگمایی است به گونه‌ای که آن را به یک سیستم Volcanic Vibrated تبدیل نموده است. در گوشه جنوب‌شرقی استان در ساختار قافلانکوه و چهل‌نور، ساختاری از نوع گنبد-آتشفشانی دیده می‌شود که با خطواره شمالی-جنوبی قافلانکوه از سیستم میانه جدا گردیده است. این دو ساختار رویکردی از ماگماتیسم نئوژن است که به واسطه قرابت با خطواره شمالی-جنوبی توانسته کانسارهای گرمایی از فلزات پایه و عناصر کمیاب را در آن به وجود آورد (کمالی و موید، ۱۳۹۰).

سیستم گنبد آتشفشانی سهند، ساختاری جوان با کانون و تنوره‌های متعدد آتشفشانی است که روی خطواره شمالی-جنوبی و در تقاطع سیستم شرقی-غربی با روند اصلی شکل گرفته و از گونه ولکانیسم قاره‌ای درون پی‌سنگ با پوسته قاره‌ای سیالی است که رویکرد گرمایی آن تشکیل چشمه‌های تراورتن ساز و ایجاد منابع معدنی وابسته بدان است.

معرفی مدل‌های زایشی کانی‌سازی در پهنه مطالعاتی

با توجه به مطالعات انجام گرفته در خصوص مقالات و کلیه فعالیت‌های انجام گرفته پیشین و در دسترس این پهنه، تعیین معیارها و فاکتورهای تشکیل هر کانسار، مطالعه سازندهای تشکیل‌دهنده کانسارها و بررسی زون‌های ساختاری آن‌ها، احتمال وجود انواع کانسارهای موجود در محدوده مورد مطالعه بررسی و مدل‌های زایشی کانی‌سازی ممکن در این محدوده به شرح ذیل خواهند بود:

الف) مدل کانی‌سازی کانسارهای پلی‌متال: این مدل کانی‌سازی محتمل‌ترین و فراوان‌ترین مدل کانی‌سازی بوده که با کانی‌سازی‌های مس، سرب و روی و طلا همراه است. وجود توده‌های نفوذی (کوارتزومونونیت) و عملکرد فازهای تکتونیکی مختلف (که باعث ایجاد شکستگی‌های بزرگ و کوچک در منطقه شده است) باعث ایجاد معابر مناسب برای عبور و نهشت محلول‌های کانه‌ساز شده و در نهایت سبب ایجاد این تیپ ذخایر در پهنه مطالعاتی گردیده است.

سیستم کالدرای نقدوز-ورگهان ساختاری حلقوی با ساختار متحدالمرکز درونی است که با ساختار انزان سیستم دوقلویی را می‌سازد. محدوده تقاطع این دو ساختار جایگاه مناسبی برای کانی‌سازی است که شواهد بدست آمده در کنترل زمینی آن را تأیید می‌نماید. بخش مرکزی این ساختار فروافتاده و کناره‌های آن بالا آمده هستند. این ساختار از نمونه‌های بارز سیستم اپی‌ترمال با سولفیداسیون زیاد است که تحت فرسایش و لیچینگ سوپرژن گردیده و منابعی از خاک‌رس (کائولن و بنتونیت)، انواع زاج‌ها و آلونیت را ساخته است. خطواره شمال خاوری تبریز با مکانیسم حرکتی چپ‌گرد دو سیستم سونگون و کلیبر را از ساختارهای خاوری جدا و جابجا نموده است. بخش باختری این ساختار بالا آمده و با سازندهای کرتاسه است حال آنکه در سمت شرق منطقه فرو افتاده می‌نماید و ساختاری از کالدرای پائین‌رفته را نشان می‌دهد.

ساختار حلقوی هریس، جنوبی‌ترین سیستم از یک سری اقماری درون ساختار بزرگی است که با سیستم خطواره‌ای-کریدوری شمالی-جنوبی مرزبندی می‌شود. این سیستم مادر ماگماتیسم گرانیتوئید شیورداغ، گرانیتوئید قوشه‌داغ و زون دگرسان مشکین‌شهر-قره‌سو-اهرچای را می‌سازد که استعداد میزبانی کانسارهای پورفیری، اپی‌ترمال، اسکارنی و رگه‌ای گرمایی را از فلزات پایه (مس و مولیبدن) و فلزات گرانبها (Au, Ag)، انواع خاک‌های صنعتی و کانی‌های غیرفلزی باشد و می‌باید به عنوان یک حوزه معدنی مورد کاوش قرار گیرد.

ساختار حلقوی مورو در شرق مرند با مکانیسمی همانند خاروانا، سیه‌رود و کیامکی تشکیل گردیده، اگرچه زون و حوزه متالوژنی خاصی از آن گزارش نشده است اما این ساختار نیز استعداد بالقوه برای یافتن سیستم پسین ماگمایی اقماری دارد که معمولاً برای کانی‌سازی‌های نوع پورفیری و اپی‌ترمال بسیار با ارزش می‌باشند.

سیستم کالدرای-گنبدی میانه ساختاری حلقوی با سیستم اقماری پسین و ماگماتیسم آتشفشانی و نفوذی است که رویکرد آن به شکل ماگماتیسم دوگانه، ساختارهای کششی و توده‌های گنبدی و گنبد مانند ظاهر گشته است. این زون دستخوش ساختارهای کششی و ایجاد ریفت‌های کوچکی درون زمینگان پالئوژن شده است که همسان و همانند ساختارهای تا فروژنی بوده، اگرچه برای پورفیری‌های بزرگ مستعد نیست اما پتانسیل قابل توجهی

عامل تشکیل این دگرسانی ذکر نمود. کانی‌های شاخص دگرسانی پتاسیک، سیلیکات پتاسیم (شامل فلدسپار پتاسیم)، بیوتیت و کوارتز به همراه کانی‌های فرعی همچون سریسیت، انیدریت و آپاتیت می‌باشند. کانی‌های اوپاک معمولاً شامل مگنتیت، هماتیت، کالکوپیریت، بورنیت و پیریت بوده و فلدسپار پتاسیم موجود در ذخایر رگه‌ای، از نوع آدولاریا می‌باشد (شکل ۱۴).

۲- آلتراسیون کوارتز - سریسیت (فیلیک): بر اساس مدل تشکیل کانسارهای پورفیری آلتراسیون پتاسیک در مرکز کانسارهای پورفیری دیده می‌شود و به سمت حاشیه و بالا آلتراسیون فیلیک این آلتراسیون را جایگزین می‌کند. به دلیل حضور کوارتز و سریسیت فراوان، این آلتراسیون را کوارتز - سریسیتی نیز می‌گویند. این آلتراسیون نسبت به دگرسانی پتاسیک دیرتر حادث شده و اغلب بخشی از دگرسانی پتاسیک با دگرسانی فیلیک جایگزین می‌شود. در محدوده اکتشافی منطقه مورد مطالعه، اغلب رخنمون‌های مربوط به توده گرانیتهی دارای آلتراسیون سریسیتی و سیلیسی هستند. همچنین سنگ‌های میزبان نیز دارای زون‌های سیلیسی و سریسیتی گسترده‌ای هستند که برخی از این زون‌ها دارای روند شمال‌غربی - جنوب‌شرقی می‌باشند. در اثر دگرسانی فیلیک کانی‌های اولیه با سریسیت و کلریت به طور بخشی و یا کامل جایگزین شده است. گاهی فرآیند دگرسانی فیلیک در سنگ پیشرفت قابل توجهی نشان می‌دهد و اغلب کانی‌های سنگ با سریسیت، کوارتز و کانی‌های اپاک جایگزین می‌شوند. در این حالت بافت و ساخت سنگ به کلی از بین می‌رود (شکل ۱۵).

۳- آلتراسیون پروپیلیتی: دگرسانی پروپیلیتی در محدوده اکتشافی منطقه مورد مطالعه در بخش‌های حاشیه‌ای سیستم پورفیری و در سنگ‌های میزبان ائوسن و همچنین در توده‌های نفوذی بعد از تشکیل سیستم پورفیری دیده می‌شود. این دگرسانی به واسطه رنگ خاکستری روشن و یا سبز روشن در رخنمون‌های ذکر شده قابل تشخیص است. دگرسانی پروپیلیتی به واسطه حضور کلریت، اپیدوت در نمونه‌های دستی قابل تشخیص است. شدت دگرسانی پروپیلیتی از متوسط تا ضعیف در رخنمون‌ها در تغییر است.

۴- آلتراسیون آرژیلکی: دگرسانی آرژیلکی در محدوده اکتشافی منطقه مورد مطالعه عموماً در اثر محلول‌های

(ب) **مدل کانی‌سازی طلای اپی‌ترمال:** ظهور این مدل از کانی‌سازی طلا نیز در پهنه مطالعاتی دور از ذهن نمی‌باشد، زیرا با توجه به مطالعات قبلی صورت پذیرفته (حسین‌زاده، ۱۳۸۷) و مشخص شدن حرارت و شیمی محلول کانه‌ساز، وجود ذخیره طلای اپی‌ترمال نوع اسید-سولفات یا سولفیدی‌زاسیون بالا متصور می‌باشد.

(ج) **مدل کانی‌سازی مس پورفیری:** با توجه به وجود توده‌های نفوذی با ترکیب کوارتزومونونیت در منطقه و همچنین گسترش وسیع آلتراسیون‌های هیدروترمالی شبیه به سیستم‌های پورفیری، می‌توان انتظار کانی‌سازی مس پورفیری در پهنه را داشت ولی مطالعات و تحقیقات صورت پذیرفته در منطقه احتمال تشکیل این تیپ کانی‌سازی را بسیار ضعیف ارزیابی کرده است.

(د) **مدل کانی‌سازی مولیبدن پورفیری:** با توجه به وجود توده‌های نفوذی با ترکیب کوارتزومونونیت در منطقه و همچنین گسترش وسیع زون‌های دگرسان مشابه با سیستم‌های پورفیری و نیز کشف یک محدوده مولیبدن پورفیری در این زون، احتمال تشکیل کانی‌سازی مولیبدن پورفیری در محدوده را زیاد می‌کند.

آلتراسیون‌های محدوده

آلتراسیون‌های اولیه در ارتباط با چرخش سیالات بالارو در محدوده تشکیل شده‌اند و این در حالی است که آلتراسیون‌های ثانویه در ارتباط با سیالات پایین رو تشکیل شده‌اند. برای ارزیابی دگرسانی‌های موجود در محدوده علاوه بر مشاهدات صحرایی اقدام به اخذ مقاطع نازک متعدد از واحدهای مختلف شد و سپس آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین برای ارزیابی انواع مختلف دگرسانی‌ها تعداد ۵ نمونه از آلتراسیون‌های مختلف اخذ و سپس به روش XRD مورد آنالیز قرار گرفتند. در ذیل به جمع‌بندی و توصیف انواع آلتراسیون‌های موجود در محدوده پرداخته خواهد شد (جدول ۶).

۱- آلتراسیون پتاسیک (بیوتیتی): این دگرسانی در بررسی مقاطع نازک برداشت شده از استوک‌های گرانیته پورفیری در محدوده مورد بررسی، در استوک شمالی محدوده مورد شناسایی قرار گرفت. آلتراسیون پتاسیک در ارتباط با سیستم کانی‌زایی پورفیری در محدوده تشکیل شده است. این دگرسانی ارتباط زمانی و مکانی با توده گرانیته پورفیری در منطقه دارد. به طوری که این توده را می‌توان

۵- آلتراسیون سیلیسی و رگچه‌های سیلیسی: این نوع دگرسانی به صورت رگچه‌های سیلیسی و همچنین کپه‌ای سیلیسی همراه با دگرسانی آرژیلیکی دیده می‌شود. رگچه‌های سیلیسی و همچنین زون‌های سیلیسی شده در اثر دگرسانی فیلیک و سیلیسی مربوط به کانی‌زایی پورفیری و همچنین در مجاورت رگه‌های سیلیسی گسترش یافته است. کپه‌ای سیلیسی عموماً همراه با زون‌های آرژیلی ثانویه توسعه یافته‌اند.

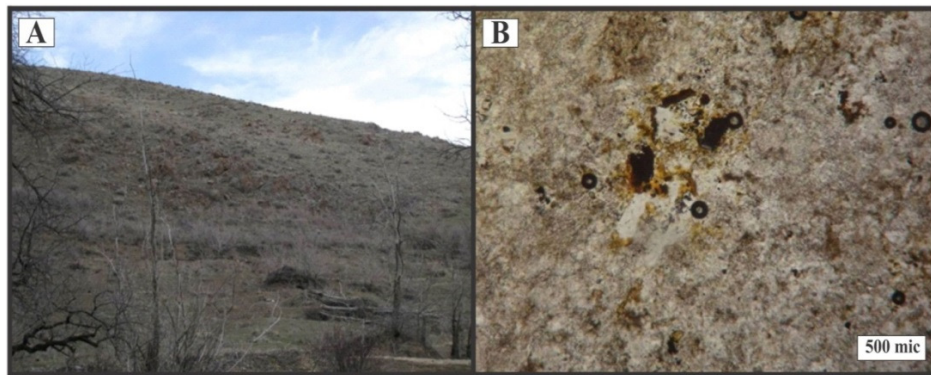
حضور استوک ورک‌های سیلیسی در داخل توده گرانیب پورفیری و در بخش‌هایی از سنگ‌های میزبان را می‌توان در واقع یک نوع آلتراسیون سیلیسی مد نظر قرار داد. این امر یعنی تنیده شدن سیلیس در داخل این واحدها به صورت رگچه‌های متقاطع و موازی، باعث افزایش میزان سیلیس در آن‌ها شده است. هر چند این امر به معنای واقعی نشان از آلتراسیون سیلیسی نیست. رگه و رگچه‌های سیلیسی در توده پورفیری گرانیب به طور محدود تا متوسط تشکیل شده است (شکل ۱۷).

پایین‌رو ایجاد شده و ماهیت سوپرژن دارد. این دگرسانی در امتداد زون‌های شکستگی توسعه یافته است. در اثر عملکرد سیستم‌های شکستگی در محل شکستگی‌ها و شستشوی اسیدی این دگرسانی توسعه یافته است. هر چند که این دگرسانی عموماً کنترل‌کننده تکتونیکی داشته است، ولی در برخی لیتولوژی‌ها از جمله توفها توسعه بیشتری دارد. این دگرسانی با توجه به گسترش سولفیدهای اولیه از جمله پیریت در محدوده مورد مطالعه در کنترل توزیع سولفیدها نیز بوده است. دگرسانی آرژیلی صورت گرفته در محدوده از نوع ضعیف تا متوسط می‌باشد و عموماً با حضور کانی‌های رسی مشخص می‌شود. رنگ رخنمون‌های این دگرسانی از نوع خاکستری روشن تا روشن و خاکستری-قهوه‌ای می‌باشد. در دگرسانی آرژیلیک حد واسط، شستشو به طور کامل انجام نشده و هنوز مقادیری از یون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم در سنگ، به صورت کانی‌های مونتموریلونیت، ایلیت، هیدرومیکا و کلریت همراه با کائولینیت یا بدون آن حضور دارند (شکل ۱۶).

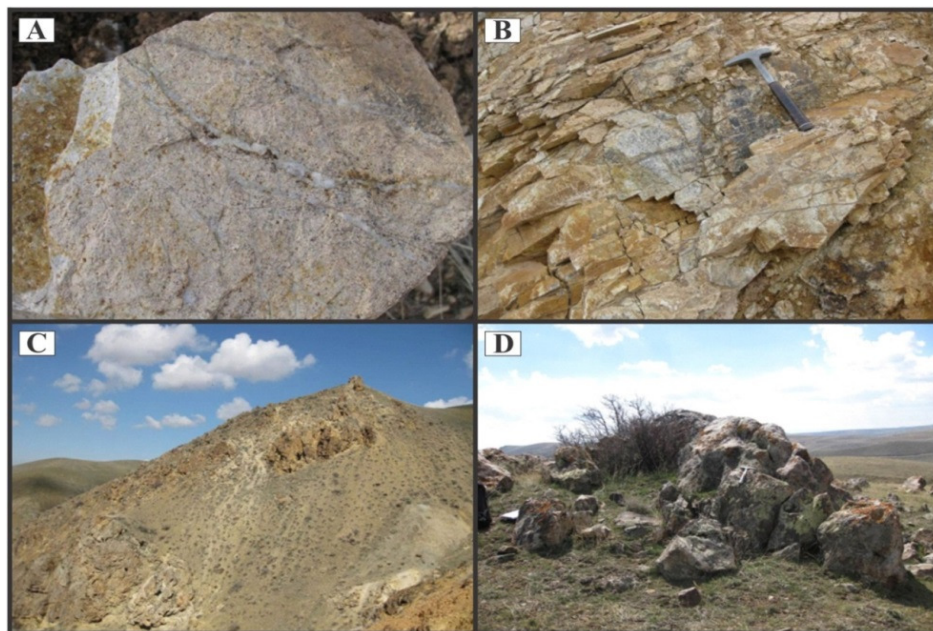
جدول ۶. شرح نمونه‌های XRD برداشت شده از محدوده منطقه مورد مطالعه

Row	S.No	X	Y	Description
1	GH-12M,1Rd	707618	4144631	زون دگرسانی فیلیک-آرژیلیک. حاوی استوک ورک کوارتز سمگتیت در واحد آندزیتی. این زون ابعاد گسترده‌ای دارد.
2	GH-14M,2Rd	708862	4144516	توده گرانیب حاوی استوک ورک کوارتز سمگتیت
3	GH-18M,3Rd	707857	4144029	استوک گرانیب پورفیری حاوی رگه-رگچه‌های کوارتز-اکسید آهن (استوک ورک)
4	GH-21M,4Rd	709309	4143955	استوک گرانیب پورفیری حاوی رگه-رگچه‌های کوارتز-پیریت-اکسید آهن (استوک ورک)
5	GH-32M,5Rd	705929	4143409	آپوفیز گرانیب پورفیری حاوی اکسید آهن. ابعاد ۱۵*۵ متر. امتداد E-W

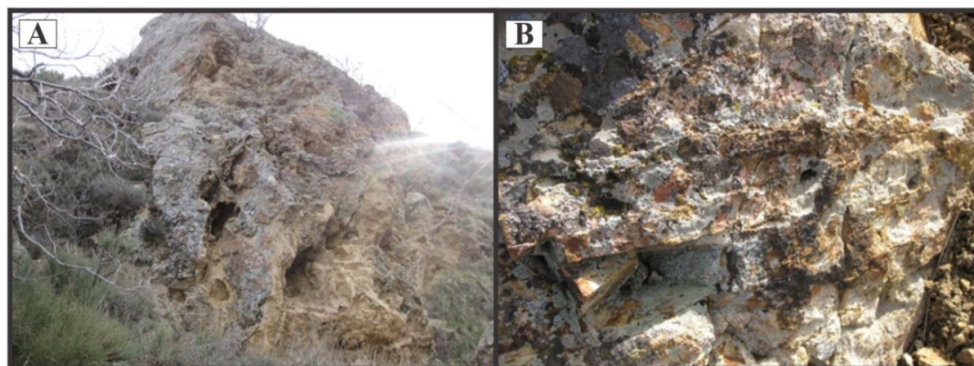
Row	S.No	Major phase	Minor phase
1	GH-12M,1Rd	Qz+Alb+Mosq	Orthocl.
2	GH-14M,2Rd	Qz+Alb+Orthocl	Mosq
3	GH-18M,3Rd	Qz+Alb+cal.	Clay M.
4	GH-21M,4Rd	Qz+Alb+Orthocl+Mosq	Hematite
5	GH-32M,5Rd	Qz+Alb+Mosq	Orthocl.+Kaol+Cal.



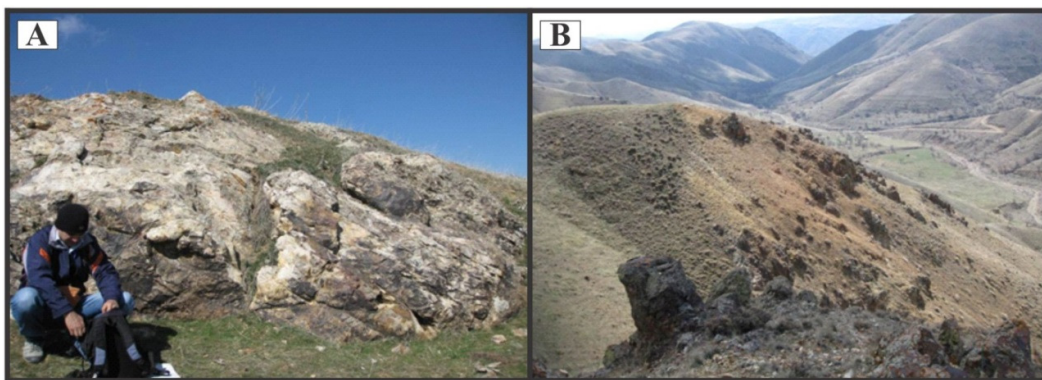
شکل ۱۴. تصاویری از آلتراسیون پتاسیک (بیوتیتی)



شکل ۱۵. تصاویری از آلتراسیون کوارتز - سربیسیت (فیلیک). A: نمایی نزدیک از توسعه دگرسانی کوارتز - سربیسیتی به همراه رگه و رگچه‌های سیلیسی در توده گرانیتی. B: نمایی از توسعه رگه و رگچه‌های سیلیسی در سنگ‌های میزبان توده‌های گرانیتی. C: نمایی از سنگ‌های سیلیسی ولکانیکی در محدوده، دید به سمت شرق. D: نمایی از کپ سیلیسی با میزبان سنگ‌های ولکانیکی در محدوده، دید به سمت غرب.



شکل ۱۶. تصاویری از آلتراسیون آرژیلی. A: نمایی از دگرسانی آرژیلی-سیلیسی در محدوده. B: نمایی نزدیک از دگرسانی آرژیلی-سیلیسی در محدوده



شکل ۱۷. تصاویری آلتراسیون سیلیسی و رگچه‌های سیلیسی. A: نمایی از کپه‌ای سیلیسی در محدوده. B: دورنمایی از زون سیلیسی و همچنین زون آرزبلی، دید به سمت جنوب

می‌شود که اغلب توسط پدیده دگرسانی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. مجموع این شرایط باعث گردیده که کانی‌سازی فلزی در بخش‌هایی از پهنه غربی میانه مشاهده گردد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از داوران محترم و سردبیر و هیات تحریریه مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

حسین‌زاده، ق (۱۳۸۷). مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی، سیالات درگیر، کانی‌سازی، دگرسانی و ژئز کانسار مس پورفیری سوناجیل - شرق هریس (استان آذربایجان شرقی). پایان‌نامه دکتر، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز، ۲۱۸ ص.

کمالی، ا. ا.، مویذ، م (۱۳۹۰). مطالعه پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی قافلان‌کوه میانه (شمال غرب ایران)، مجله پترولوژی، سال دوم، شماره ششم.

کمالی، ا. ا.، مویذ، م (۱۳۸۹). مطالعه پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی قلعه‌دختر میانه (شمال غرب ایران)، چهارمین همایش ملی زمین‌شناسی پیام‌نور مشهد، خراسان رضوی.

کمالی، ا. ا. (۱۳۸۹). بررسی پترولوژی و پتروگرافی منطقه آتشفشانی شمال روستای قواق عمولر، جنوب شرق میانه (شمال غرب ایران). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی.

گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ گیوی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتجین (۱۳۸۲) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت توسعه علوم‌زمین.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش، مطالعات سنجش از دور، گردآوری اطلاعات معدنی و زمین‌شناسی می‌باشد. پهنه مطالعاتی شامل دو پهنه غربی میانه به وسعت ۵۲۳ کیلومتر مربع و پهنه شرقی میانه به وسعت ۷۴۲ کیلومتر مربع می‌شود. پهنه میانه در دو برگه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ بندرانزلی و میانه و در ۵ برگه یکصدهزارم زمین‌شناسی با نام‌های کیوی، هشتجین، سراب، میانه و سراسکند قرار می‌گیرد. پهنه میانه طبق تقسیم‌بندی نبوی (۱۳۵۵)، اشتوکلین (۱۹۶۸) و قربانی به ترتیب در زون‌های البرز- آذربایجان، ولکانیسم پالئوژن و ایران مرکزی، آذربایجان (کمربند میانه- هشتروند) واقع می‌شود. بطور کلی در پهنه مطالعاتی، انتظار چهار تیپ کانی‌سازی را با توجه به متالوژنی منطقه و عملیات تلفیق را داریم که شامل مس و مولیبدن پورفیری، ذخایر پلی‌متال و طلائی اپی‌ترمال است. در پهنه اکتشافی شهرستان میانه از ۱۷ پروفیل بازدید به عمل آمد. در محدوده شرقی تعداد ۸ پروفیل به طول ۲۲/۰۴ کیلومتر و در محدوده غربی تعداد پروفیل به طول ۵۲/۸۱ کیلومتر مورد پیمایش و بررسی صحرائی قرار گرفتند. بطور کلی پس از پیمایش‌های صحرائی انجام شده و برداشت و آنالیز نمونه‌های مورد نظر مشخص گردید که پهنه شرقی میانه هیچ‌گونه پتانسیل فلزی نداشته و تنها در بخش جنوبی آن لایه‌های گچ (شامل ژپس و انیدریت) همراه با مارن دیده می‌شود که تنها پتانسیل این بخش از پهنه به شمار می‌آید. در بخش غربی پهنه میانه وضعیت کانی‌سازی فلزی متفاوت می‌باشد، زیرا در این قسمت، سنگ‌های آذرین نفوذی، نیمه‌عمیق و خروجی بصورت گسترده مشاهده

- Karakhanian, A. S., Trifonov, V. G., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, K., Jamali, F., Adilkhanyan, A (2004) Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. *Tectonophysics*, 380(3-4): 189-219.
- Mason, B., Moore, C. B (1985) *Principles of Geochemistry*.
- Mohamadi, M., Borna, B (2006) Report of Geology and Drilling in the Masjed Dagh Area (National Iranian Copper Industries Company (NICICO)).
- Mooney, W. D., Laske, G. and Masters, T. G (1998) CRUST 5.1: A global crustal model at 5°×5°. *J. Geophys. Res.*, 103: 727-747.
- Zarnab Company (2007) Geology and Alteration studies of the haft cheshmeh area (National Iranian Copper Industries Company (NICICO)).
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتروند، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- گزارش نقشه زمین‌شناسی در برکه ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش انزلی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- گزارش نقشه زمین‌شناسی در برکه ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش میانه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گیوی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتجین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سراب، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتروند، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Alavi, M (1991) Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 103(8): 983-992.
- Alirezaei, S., Ebrahimi, S., Pan, Y (2008) Fluid inclusion characteristics of epithermal precious metal deposits in the Arasbaran metallogenic zone, northwestern Iran. In *The second meeting of the Asian Current Research of Fluid Inclusions (ACROFI)*, Kharagpur, India.
- Berberian, M., King, G. C. P (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Can. J. Earth Sci.*, 18(2): 210-285.
- Calagari, A. A (2004) Fluid inclusion studies in quartz veinlets in the porphyry copper deposit at Sungun, East-Azarbaidjan, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23(2): 179-189.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F. A. M. C., Şengör, A. M. C (1986) Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone. *Geological Society, London, Special Publications*, 19(1): 1-36.
- Didon, J., Gemain, Y. M (1976) Le Sabalan, volcan plio-quatenaire de l'Azerbaidjan oriental (Iran): étude géologique et pétrographique de l'édifice et de son environnement régional (Doctoral dissertation).
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M (2002), Active tectonics of the south Caspian basin. *Geophysical Journal International*, 148(2): 214-245.

Remote sensing processes for detecting geological tectonic structures and alteration zones in the exploration zone of Miyaneh city (northwest of Iran)

M. Seddighi takrami¹, A. R. Ganji^{2*}, A. Gourabjeripor³, M. R. Ansari⁴ and A. Ashjaardalan⁵

1- M. Sc. in Economic Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran

2- Assist. Prof., Dept., of Geology, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan

3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Islamic Azad University, Miyaneh Branch, Miyaneh

4- Assist. Prof., Dept., of Geology, Islamic Azad University, Chalous Branch, Chalous

5- Assist. Prof., Dept., of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran

* arganji@yahoo.com

Received: 2020/11/22 Accepted: 2021/3/13

Abstract

This study aimed to investigate the mineralization potential of such metals as copper, gold and molybdenum at the Miyaneh's zone level (focusing on the western and eastern-northeastern areas). For this purpose, the proposed approach was to use direct geological studies and to take samples on the mineralization of these metals. Indirect data (telemetry) were used to discuss mineralization potentiality. In this connection, satellite and telemetry data were used for mineralization and alteration in the study area as the results were classified. At this stage, such software as Envi, Arc GIS and Image analyzer were used. The findings revealed that the Miyaneh's eastern zone was not found to generate any metal potential. In the western part of the said zone, the situation of metal mineralization is different, because intrusive, semi-deep and existing igneous rocks are widely seen in this area which are often exposed to the alteration phenomenon. These conditions have led to the metal mineralization in some western zones of the city. The most important mineralization processes include the presence of gold mineralization in siliceous veinlet, the presence of molybdenum mineralization in the form of veinlets and the presence of iron mineralization in the form of goethite and hematite.

Keywords: Mineralization of metals, Copper metals, Gold and Molybdenum, Integration of geochemical data, Middle zone