

آشکار سازی زون‌های دگرسانی کانسار آهن حاجی آباد، با استفاده از داده‌های ASTER (SWIR+VNIR) سنجنده

فرهاد آلیانی^۱، ثریا دادفر^۲ و محمد معانی جو^۱

^۱ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
^۲ دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۳

چکیده

پی‌جویی کانسارها با بررسی زون‌های دگرسانی از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. با توجه به اینکه شناسایی زون‌های دگرسانی نواحی دارای پتانسیل آهن با استفاده از داده‌های سنجنش از دور کمتر مورد بررسی و توجه قرار گرفته است، بنابراین برای نیل به شناسایی دگرسانی‌های پیرامون اندیس آهن حاجی آباد واقع در شمال خاوری سنقر، تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای نظیر ترکیب رنگی کاذب (FCC)، نسبت بانندی (B.R)، روش کروسای انتخابی (DPCA) و روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) بر روی داده‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک به علاوه مادون قرمز کوتاه (VNIR+SWIR) سنجنده ASTER مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مقایسه منحنی‌های استاندارد (United States Geological Survey) USGS با منحنی‌های منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده این است که منحنی کانی‌های نماینده زون پروپیلیتیک با کانی‌های کلریت و اپیدوت و زون فلیک-آرژلیک با ایلیت و کائولینیت و اکسیدهای آهن با گوتیت و هماتیت مطابقت بیشتری دارد. صحت نتایج حاصل توسط بازبازدیدهای صحرایی و مطالعات میکروسکوپی تأیید شده و نشان‌دهنده وجود الگوهای دگرسانی در اطراف این کانسار است.

کلیدواژه‌ها: داده‌های (SWIR+VNIR)، زون‌های دگرسانی، سنجنده ASTER، کانسار حاجی آباد.

*نویسنده مسئول: ثریا دادفر

E-mail: Soraya.Dadfar@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

در باختر ایران در محدوده استان‌های همدان، کردستان و کرمانشاه بیش از ۱۰ کانسار آهن وجود دارد که تعدادی از آنها در حال بهره‌برداری هستند (براتی، ۱۳۸۷). این کانسارها بر طبق تقسیم‌بندی پهنه‌های ساختاری ایران (Berberian and King, 1981) در شمال خاوری پهنه سندج-سیرجان واقع شده‌اند. این نوع از ذخایر عمدتاً با ذخایر آهن دیگر مناطق ایران به‌ویژه ایران مرکزی کاملاً متفاوت هستند. کانسارهای منطقه باختری ایران کانسارهایی متوسط تا کوچک هستند، مانند معدن آهن شهرک با ۴۵ میلیون تن، کانسار گلالی با ۱۲ میلیون تن و معدن باباعلی با ۳ میلیون تن (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۷۴)، مطالعاتی را بر روی این کانسارها انجام داده‌اند. پژوهشگران بسیاری در داخل و خارج از کشور (برای نمونه Sabins, 1999; Tangestani & Moore, 2002; Rowan & Mars, 2003; Ranjbar et al., 2001 & 2005; Azizi et al., 2010) در زمینه کاربرد روش‌های سنجنش از دور در شناسایی زون‌های دگرسانی برای اکتشاف ذخایر معدنی، مانند طلا و مس کار کرده‌اند، در این میان شناسایی و تفکیک نواحی پتانسیل آهن با استفاده از داده‌های سنجنش از دور کمتر مورد بررسی و توجه قرار گرفته است. بدین جهت، هدف اصلی این تحقیق شناسایی مناطق دگرسانی کانسارهای آهن شمال خاور سنقر با استفاده از داده‌های (VNIR+SWIR) سنجنده ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) است که می‌تواند شرایط را برای اکتشاف کانسارهای آهن فراهم کند و منجر به کاهش هزینه‌ها و سهولت در امر پی‌جویی این کانسارها شود.

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه مربوط به سنجنده ASTER هستند. این سنجنده متشکل از ۱۴ باند شامل ۳ باند مرئی و مادون قرمز نزدیک (Visible Near Infrared) (VNIR)، ۶ باند مادون قرمز کوتاه (SWIR) (Shortwave Infrared) و ۵ باند مادون قرمز حرارتی (Thermal Infrared) (TIR) با قدرت تفکیک مکانی به ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۹۰ متر، قادر به اندازه‌گیری طیف‌های انعکاسی است. پهنای عرضی این سنجنده ۶۰ کیلومتر است (Fujisada, 1995). طول موج زیر

گروه مادون قرمز کوتاه (SWIR) در محدوده ۲/۴۳-۱/۶۵ میکرومتر قرار دارد. در این محدوده کانی‌های دارای یون هیدروکسیل از اشکال جذبی خوبی برخوردار هستند (Azizi et al., 2010). همچنین برای آشکار سازی اکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و لیمونیت) با توجه به داشتن ویژگی جذب طیفی این گروه، در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک و طیف مرئی (VNIR)، این محدوده طیفی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Boloki & Poormirzaee, 2009). هدف از این پژوهش استفاده از روش‌های مرسوم سنجنش از دور برای بار سازی نواحی دگرسانی پیرامون اندیس مورد مطالعه است افزون‌بر این از روش مقایسه منحنی‌های استاندارد با منحنی‌های منطقه مورد مطالعه، بازبازدیدهای صحرایی و مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک تهیه شده از سنگ میزبان، برای تأیید نتایج به‌دست آمده استفاده شده است.

۱-۱. موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در شمال خاور شهر سنقر و در مرز استان‌های کردستان، کرمانشاه و همدان قرار دارد. این منطقه از دید ساختاری جزو پهنه سندج-سیرجان است (Berberian & King, 1981). محدوده مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۸° ۳۴' تا ۳۵° ۰۰' شمالی و ۴۱° ۴۷' تا ۴۴° ۴۷' خاوری شهرستان سنقر واقع شده است.

اندیس حاجی آباد تاکنون توسط هیچ منبعی گزارش نشده است و در طی بار سازی دگرسانی‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و انجام بازبازدیدهای صحرایی، کانی‌سازی آهن در این منطقه مشاهده شد. در اندیس حاجی آباد کانی‌سازی آهن به صورت یک لنز ناپیوسته (شکل ۲-الف) در درون واحد شیستی دیده می‌شود. بنابر نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سنقر (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵)، مشاهدات صحرایی و مطالعات سنگ‌نگاری واحدهای رخنمون‌یافته در حوالی اندیس حاجی آباد (شکل ۱) نفوذی‌های مربوط به زمان تریاس-ژوراسیک (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵) متشکل از گابرو-دیوریت در بخش شمال خاوری و میکرودیوریت و تونالیت در شمال باختری اندیس حاجی آباد هستند که در میان لایه‌ای از کلریت شیست (بر طبق

جهت کسب اطلاع از میزان فراگیری دگرسانی‌های مشاهده شده در واحدهای دربرگیرنده کانسار در مقیاس میکروسکوپی نیز مطالعاتی انجام گرفت. همان‌گونه که بیان شد سنگ‌های رخنمون یافته و درگیر با دگرسانی گرمایی در منطقه شامل سه دسته واحدهای مافیک، حدواسط و فلسیک هستند.

واحد مافیک شامل گابرو- دیوریت با بافت انهدرال گرانولار تا ساب‌هدرال گرانولار است. کانی‌های اصلی شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن (که اکثراً از حاشیه به هورنبلند تبدیل شده است) (شکل ۳- الف) هورنبلند و کانی‌های فرعی شامل ارتوکلاز و کانی‌های کدر هستند. کانی‌های ثانویه حاصل از دگرسانی کانی‌های اصلی و فرعی که در متن سنگ دیده می‌شوند، شامل اپیدوت و کلریت (به میزان کمتر) می‌باشند.

واحد حدواسط شامل میکرودیوریت با بافت میکروگرانولار است. پلاژیوکلاز، هورنبلند، ارتوکلاز و کوارتز کانی‌های اصلی مشاهده شده در این واحد (شکل ۳- ب) و آپاتیت، اسفن و کانی‌های کدر کانی‌های فرعی هستند. کانی‌های ثانویه شامل زویزیت، کلینوزویزیت، اپیدوت حاصل سوسوریته شدن پلاژیوکلاز و تبدیل هورنبلند (شکل ۳- ج) هستند. کلریت دیگر کانی ثانویه‌ای است که غالباً از دگرسانی هورنبلند ایجاد شده است (شکل ۳- ب). همان‌گونه که در بحث مشاهدات صحرایی بیان شد با توجه به قرارگیری دو واحد یادشده در محدوده دگرسانی پروپیلیتیک میزان دگرسانی‌ها در واحد حدواسط نسبت به واحد مافیک در مقیاس میکروسکوپی نیز دارای گستردگی بیشتری است.

واحد فلسیک شامل تونالیت با بافت انهدرال گرانولار تا ساب‌هدرال گرانولار می‌باشد. کانی‌های اصلی شامل پلاژیوکلاز، کوارتز و ارتوکلاز (شکل ۳- د) و کانی‌های فرعی شامل هورنبلند، اسفن و آپاتیت و کانی‌های ثانویه شامل کانی‌های رسی و سرسیت حاصل دگرسانی ارتوکلاز و پلاژیوکلاز و به میزان بسیار اندک کلریت می‌باشند. با توجه به قرارگیری این واحد در محدوده دگرسانی آرژیلیک در مقیاس میکروسکوپی شواهد این دگرسانی با سرسیتی شدن پلاژیوکلاز و ارتوکلاز تأیید شد.

۲-۲. پردازش داده‌های منطقه مورد مطالعه

- ترکیب رنگی کاذب (FCC): در این روش با قرار دادن باندهای مناسب تصویر در جعبه‌های قرمز، سبز و آبی، عوارض مورد نظر مفسر به رنگ‌های دلخواه در تصویر حاصل پدید می‌آیند، تا به راحتی و یا تفسیر چشمی، عوارض مطلوب از تصویر حاصله استخراج شود. ترکیب رنگی کاذب باندهای RGB_ ۴۶۸ به دلیل جذب کانی‌های شاخص زون فیلیک- آرژیلیک (کانولینیت، ایلیت و مونت‌مورونیت) در باند ۶ قلمرو مادون قرمز کوتاه (SWIR) و جذب کانی‌های شاخص دگرسانی پروپیلیتیک (کلریت و اپیدوت) در باند ۸ قلمرو مادون قرمز کوتاه (SWIR) (Library of ENVI software 4.8, 2010). برای آشکارسازی دگرسانی‌ها در محدوده کانسار مناسب می‌باشد (Tommaso & Rubinstein, 2007; Azizi et al., 2010; Boloki & Poormirzaee, 2009). در ترکیب رنگی کاذب فوق، دگرسانی آرژیلیک به رنگ صورتی تا قرمز و دگرسانی پروپیلیتیک به رنگ سبز نمایان می‌شود (شکل ۴- الف). ترکیب رنگی کاذب باندهای RGB-۱۳۳، برای آشکارسازی اکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت و لیمونیت)، با توجه به ویژگی جذب طیفی در محدوده امواج مادون قرمز نزدیک و طیف مرئی (VNIR)، استفاده شده است (تاجیک و کاکایی، ۱۳۸۵) (شکل ۴- ب). در این ترکیب رنگی مناطق دارای اکسید آهن بین تن‌های سفید تا زرد تغییر خواهند کرد. به علاوه ترکیب رنگی RGB-۴۶۱ نیز برای بارزسازی اکسیدهای آهن استفاده شد (شکل ۴- ج) که مناطق دارای اکسید آهن به سبز و پروپیلیتیک به رنگ آبی و آرژیلیک به رنگ صورتی و زرد مایل به صورتی قابل مشاهده هستند.

- نسبت‌گیری باندهای (B.R): نسبت‌گیری باندهای در واقع یکی از روش‌های پردازش

مطالعات سنگ‌نگاری) و آهک با روند خاوری-باختری، نفوذ کرده‌اند. شیب‌های یادشده در همبری با سنگ‌های نفوذی مشاهده می‌شوند. در بخش‌های شمالی منطقه واحدهایی از آهک مربوط به زمان تریاس- ژوراسیک (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵) با روند خاوری-باختری قابل مشاهده هستند که تحت تأثیر سنگ‌های نفوذی پیرامون خود دستخوش دگرگونی قرار گرفته‌اند.

۲- روش مطالعه

مراحل انجام مطالعه پیش رو بدین شرح است:

الف) داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش، داده‌های سنجنده ASTER از ماهواره TERRA است که در تاریخ ۲۰۰۳/۰۹/۱۸ گرفته شده است. برای انجام مطالعات دورسنجی پیش رو از فریم تصویر ASTER با شناسه (AST_LIB_003_2017280734.hdf) استفاده شده است. پیش از استفاده از داده‌ها، باید آنها را برای ورود به مرحله پردازش آماده ساخت. عملیات پیش‌پردازش برای آماده‌سازی داده‌های منطقه مورد مطالعه، مشتمل بر تصحیح هندسی به روش تصویر به تصویر (Image to Image) و تصحیح اتمسفری (IARR) (Internal Average Relative Reflectance) است که بر روی داده‌های منطقه مورد مطالعه لحاظ شده‌اند.

ب) تعیین بهترین باندهای سنجنده ASTER و اعمال تکنیک‌های ترکیب رنگی کاذب (False Color Composite) (FCC)، نسبت‌بندی (Band Ratio) (B.R)، روش کروستای انتخابی (Directed Principal Component Analysis) (DPCA) و در نهایت کلاس‌بندی نظارت شده با استفاده از روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (Spectral Angle Mapper) (SAM) و تهیه نقشه دگرسانی‌های منطقه مورد مطالعه. ج) انجام ۳ مرحله بازدیدهای صحرایی و نمونه‌برداری از مناطق بارزسازی شده در طی پردازش داده‌های ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، همچنین تهیه ۱۵ عدد مقطع نازک برای انجام مطالعات سنگ‌نگاری و دگرسانی‌های موجود در محدوده کانسار و حصول اطمینان از انطباق نتایج به دست آمده از پردازش داده‌های ماهواره‌ای و مطالعات صحرایی.

د) نتیجه‌گیری و تهیه الگویی از پراکنندگی دگرسانی‌ها در منطقه مورد مطالعه.

۲-۱. مشاهدات صحرایی و سنگ‌نگاری

برای کسب اطلاعاتی از واحدهای زمین‌شناسی و دربرگیرنده ذخیره مورد نظر و همچنین تطابق بارزسازی‌های انجام شده طی مطالعات دورسنجی، بازدیدهای صحرایی در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت به طوری که بیشترین دگرسانی گزارش شده طی پردازش تصاویر ماهواره‌ای، دگرسانی پروپیلیتیک است که ضمن بازدیدهای صحرایی این موضوع تأیید شد. واحد حدواسط مشتمل بر میکرودیوریت دارای بیشترین رخنمون در منطقه مورد مطالعه است و بالاترین میزان دگرسانی نیز در این واحد در سطح زمین مشاهده می‌شود. این دگرسانی با محوریت کانی‌های اپیدوت و کلریت به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای و حتی در برخی نقاط نزدیک به کانی‌سازی‌های آهن به شکل فراگیر (شکل ۲- ب) سبب شده این واحد در سطح زمین به رنگ سبز مشاهده شود. اما واحد مافیک شامل گابرو-دیوریت با توجه به اینکه در فواصل دورتری نسبت به کانی‌زایی قرار دارد به میزان کمتری دگرسانی پروپیلیتیک در آن قابل مشاهده است (شکل ۲- ج). دگرسانی آرژیلیک به صورت رگه‌های سفید رنگ با روند شمال باختر- جنوب خاور با شیب حدود ۴۰- ۳۰ درجه و سبزی بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر، متشکل از کانی‌های رسی البته با پراکنندگی کمتر نسبت به دگرسانی پروپیلیتیک در همبری ذخیره با سنگ دربرگیرنده آهکی (شکل ۲- د) و نیز در بخش‌هایی از واحد فلسیک (تونالیت) مشاهده می‌شود. به دلیل نزدیکی سنگ‌های منطقه با کانه آهن، کانی‌زایی در تمام سنگ‌های مجاور کانسار به چشم می‌خورد و کانه‌زایی در ارتباط مستقیم با دگرسانی است.

همچنین با توجه به اینکه علامت بردار ویژه در باند ۶ منفی و در باند ۷ مثبت است پس در تصویر حاصل از PC3 پیکسل‌های روشن بیانگر مناطق دگرسانی فلیک هستند (شکل ۷-الف). همینطور برای شناسایی محدوده‌های دارای دگرسانی آرژیلیک آنالیز مؤلفه اصلی بر روی باندهای ۴، ۵ و ۷ انجام گرفت و پیکسل‌های روشن موجود در تصویر حاصل از PC2 (جدول ۲) نمایش‌دهنده مناطق دارای دگرسانی آرژیلیک (شکل ۷-ب) هستند. به روشی مشابه آنالیز مؤلفه اصلی بر روی باندهای ۷، ۸ و ۹ برای شناسایی محدوده‌های دارای دگرسانی پروپیلیتیک انجام گرفت (جدول ۳). مناطق دارای پراکندگی دگرسانی پروپیلیتیک با پیکسل‌های روشن در شکل (۷-ج) بارزسازی شده‌اند.

۳- طبقه‌بندی نظارت شده به روش الگوریتم نقشه‌برداری زاویه طیفی : طبقه‌بندی نظارت شده به روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM)، بدین صورت است که نقشه‌برداری سریع پدیده‌ها را از طریق محاسبه شباهت طیفی بین بردار تصویر با داده‌های طیفی مرجع (Library of ENVI software 4.8, 2010) ممکن می‌سازد (Yuhas et al., 1992). الگوریتم این روش، شباهت بین دو طیف را به وسیله زاویه طیفی بین آن دو محاسبه می‌کند. در این روش هر چه مقدار زاویه (بین ۰ تا ۱) کمتر باشد، شناسایی دقیق‌تر خواهد بود. نتایج حاصل از اعمال تکنیک نقشه‌برداری زاویه طیفی در شکل ۸ ارائه شده است که پراکندگی دگرسانی‌های پروپیلیتیک، فلیک-آرژیلیک و اکسید آهن را در محدوده کانسار آهن حاجی‌آباد نشان می‌دهد. جدول ۴ نتایج مقادیر زوایای SAM برای بارزسازی کانی‌ها در کلاس‌های مد نظر را نشان می‌دهد. با مقایسه نمودار منحنی‌های طیفی بخش‌های بارزسازی شده با نمودارهای استاندارد USGS نرمالیز شده نسبت به باندهای سنجنده ASTER می‌توان از صحت پردازش‌های مورد نظر اطمینان حاصل نمود (شکل ۹).

۳- نتیجه‌گیری

تکنیک‌های اعمال شده متشکل از ترکیب رنگی کاذب (FCC)، نسبت‌گیری باندی (B.R)، روش کروستای انتخابی (DPCA) و طبقه‌بندی نظارت شده به کمک روش نقشه‌برداری زاویه طیفی (SAM) بر روی محدوده ۹ باندی (VNIR+SWIR) سنجنده ASTER، نشان‌دهنده وجود الگویی از زون‌های دگرسانی در محدوده مورد مطالعه است. انطباق این نتایج با بررسی‌های صحرایی نیز مبین وجود دگرسانی هیدروترمال به طور مشخص دگرسانی پروپیلیتیک به رنگ سبز روشن تا زیتونی است که به صورت خاص اپیدوتی و کلریتی شده‌اند و نیز دگرسانی فلیک-آرژیلیک می‌باشد. افزون بر این در مقیاس میکروسکوپی نیز نتایجی چون سوسوریتی شدن پلاژیوکلازها، تبدیل پیروکسن به هورنبلند، جایگزینی هورنبلند با اپیدوت و کلریت و سرسیتی شدن ارتوکلاز و پلاژیوکلاز همگی نشان‌دهنده و تأییدکننده تأثیر دگرسانی هیدروترمال در محدوده کانسار مورد مطالعه و انطباق نتایج به‌دست آمده از مطالعات دورسنجی و بازدیدهای صحرایی است. اما به طور کلی الگوی دگرسانی در محدوده کانسار مورد مطالعه نشان می‌دهد که دگرسانی پروپیلیتیک در بخش‌های شمالی و دگرسانی فلیک-آرژیلیک در بخش جنوبی و اکسیدهای آهن در بخش‌های مرکزی بین این دو بیشتر مشاهده می‌شوند. به‌علاوه مقایسه منحنی‌های استاندارد USGS با منحنی‌های منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده این است که شیب منحنی‌های کانی‌های نماینده زون پروپیلیتیک با کانی‌های کلریت و اپیدوت، زون فلیک-آرژیلیک با ایلیت و کائولینیت و اکسیدهای آهن با گوتیت و هماتیت مطابقت بیشتری دارند. با توجه به تطبیق موجود میان نتایج حاصل از پردازش‌های داده‌های ماهواره‌ای با نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی و مطالعات میکروسکوپی می‌توان بیان نمود، پردازش تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند راهنمای مناسبی جهت شناسایی زون‌های دگرسانی‌های کانسارهای آهن مشابه باشد.

تصاویر چندطیفی است که شامل تقسیم پیکسل‌های یک تصویر یا یک باند طیفی به پیکسل‌های متناظر آن تصویر یا باند دیگر است. روش نسبت‌گیری باندها می‌تواند برای بارزسازی اختلاف طیفی بین باندها استفاده شود و همچنین اثرات سایه و اختلاف روشنایی زمین را به دلیل شیب زمین کاهش دهد (Sabins, 1999; Rowan and Mars, 2003; Hewson et al., 2005; Abera, 2005). جهت بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک، می‌توان از بارزسازی کانی‌های شاخص این دگرسانی با استفاده از نمودارهای استاندارد آنها استفاده کرد. مطابق طیف انعکاسی استاندارد کانی‌های شاخص دگرسانی پروپیلیتیک (Library of ENVI software 4.8, 2010)، دارای تابش در باندهای ۷ و ۹ و در باند ۸ به دلیل وجود پیوند Mg-OH دارای جذب هستند. بنابراین در نتیجه اعمال این تکنیک، نسبت‌های باندی $7/8$ و $(7+9)/8$ نسبت‌های باندی مناسب برای آشکارسازی مناطق دارای دگرسانی پروپیلیتیک بوده و مناطق دارای این دگرسانی با اثر مثبت (پیکسل‌های روشن) بارز شده‌اند (شکل ۵-الف و ب).

جهت شناسایی مناطق دارای اکسیدهای آهن (گوتیت، لیمونیت و هماتیت) به سبب جذب در ناحیه باند ۱ و تابش در ناحیه باند ۲، از نسبت‌بندی $2/1$ برای بارزسازی اکسیدهای آهن بهره گرفته شده است (Prost, 2001; Seo et al., 2005). بنابراین در تصویر حاصل (شکل ۵-ج)، این مناطق با اثر مثبت (پیکسل‌های روشن) نمایان شده‌اند.

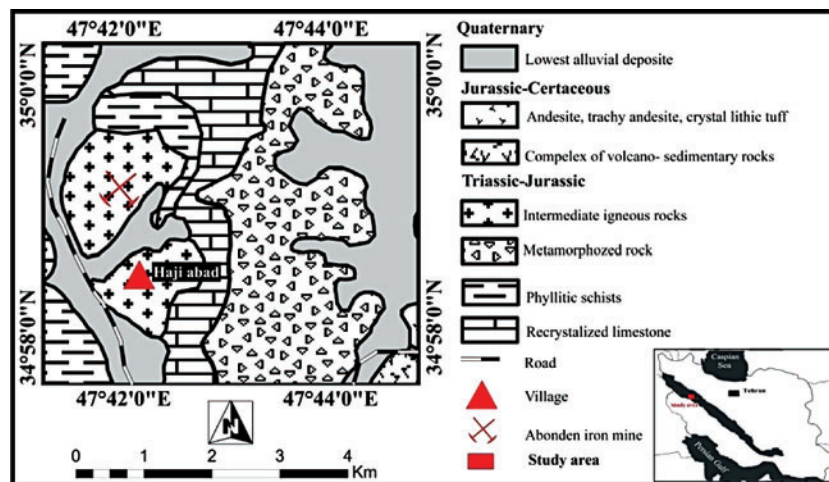
به همین ترتیب، طبق نمودار طیف انعکاسی کانی‌های شاخص دگرسانی فلیک-آرژیلیک (Library of ENVI software 4.8, 2010)، این کانی‌ها دارای جذب در محدوده باند ۶ و تابش در باند ۴ هستند (شکل ۵-ب)، بنابراین برای شناسایی مناطق دارای دگرسانی از نسبت‌های باندی $6/4$ (شکل ۵-د) و شاخص‌های $OHI = (V/6) \times (4/6)$ ، $KLI = (4/5) \times (8/6)$ ، $ALI = (V/5) \times (V/8)$ (Nimomiay, 2003) بهره گرفته شد (شکل ۶-الف، ب و ج).

روش انتخابی کروستا (DPCA): تحلیل مؤلفه اصلی هدایت شده (PCA)، تکنیک قدرتمندی است که می‌توان برای فشرده‌سازی تصاویر و از بین بردن اثرات ناخواسته استفاده شود (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). به وسیله این تکنیک می‌توان اشکال ویژه زمین‌شناسی، از جمله زون‌های دگرسانی را شناسایی کرد. (Crosta and Moore (1989)، تکنیک مبتنی بر (PCA) را برای نقشه‌برداری اکسیدهای آهن و گروه‌های هیدروکسیل با استفاده از لندست TM معرفی کرد. همچنین آنها از تکنیک مبتنی بر تحلیل مؤلفه اصلی انتخابی هدایت شده (تکنیک کروستا) برای نقشه‌برداری انواع اکسیدهای آهن و کانی‌های رسی استفاده کردند (Crosta et al., 2003; Ranjbar et al., 2004). این تکنیک را برای شناسایی کانی‌های دگرسانی در باندهای SWIR سنجنده استر استفاده کردند.

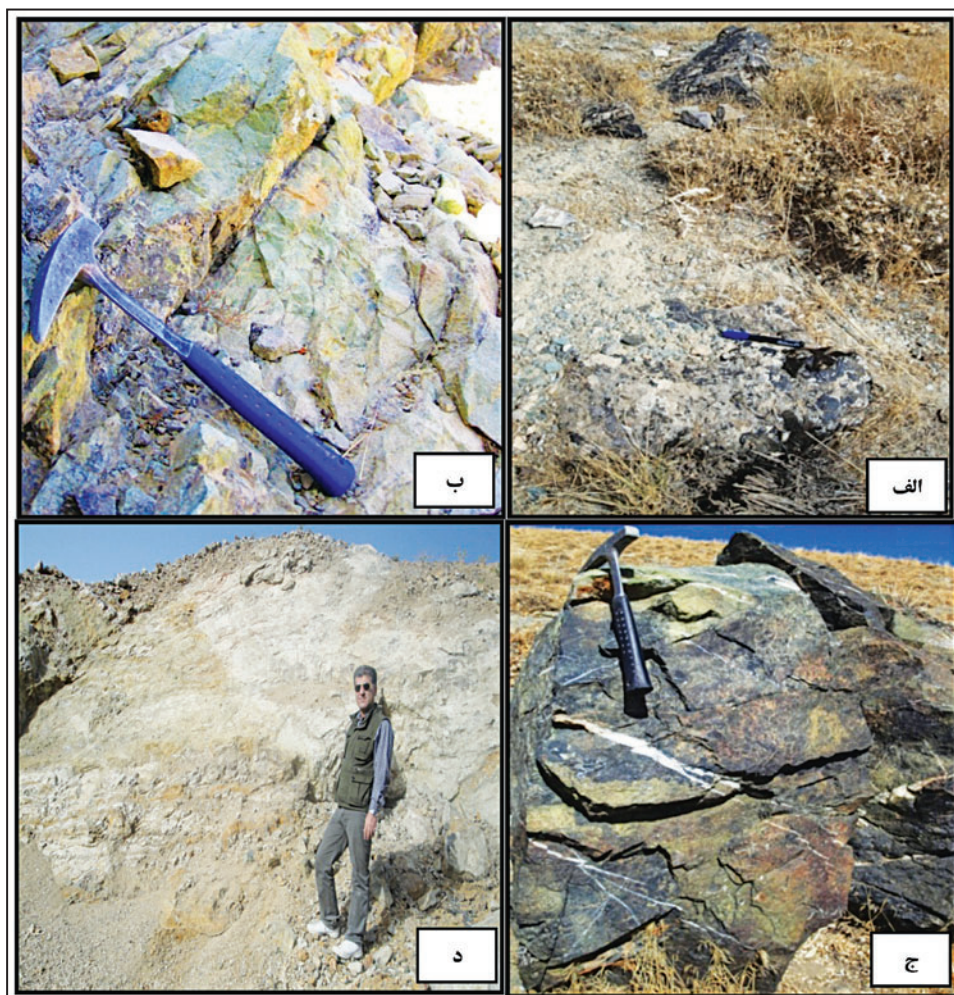
(Khaleghi & Ranjbar (2011)، از روش کروستای انتخابی (DPCA) و آنالیز طیفی برای شناسایی مناطق دگرسانی استفاده کرد. در روش DPCA تنها از باندهای خاصی که کانی‌های هدف در آن محدوده‌ها دارای خصوصیات جذبی (جذب بالا یا انعکاس بالا) هستند، انتخاب می‌شود. البته جلوگیری از تداخل با مناطق حاوی کانی‌های دیگر نیز در این انتخاب مد نظر قرار می‌گیرد.

در اینجا برای شناسایی زون دگرسانی آرژیلیک از باندهای ۴، ۵ و ۷، فلیک از باندهای ۴، ۶ و ۷ و برای دگرسانی پروپیلیتیک از باندهای ۷، ۸ و ۹ به عنوان ورودی روش آنالیز مؤلفه اصلی استفاده شد (Khaleghi & Ranjbar, 2011). پس از بررسی پروفیل طیفی هر گروه از دگرسانی‌ها، فرایند آنالیز مؤلفه اصلی بر روی هر گروه به طور جداگانه انجام و نتایج در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

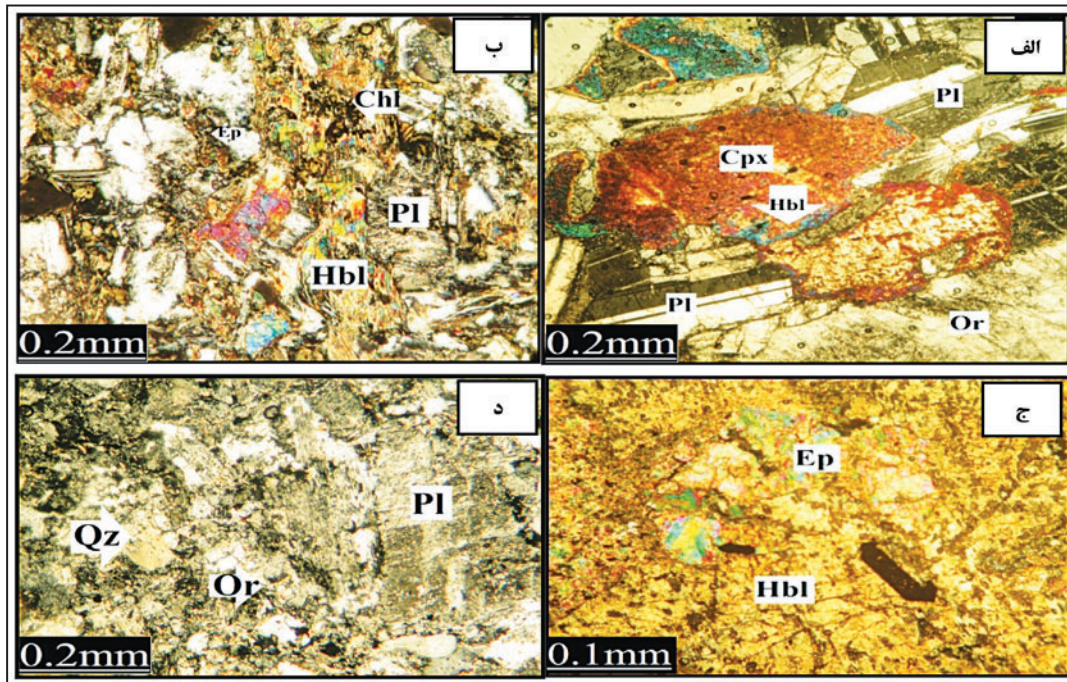
در بررسی ماتریس مقادیر ویژه زون فلیک، بیشترین اختلاف بین باندهای ۶ و ۷ در PC3 مشاهده می‌شود (جدول ۱) پس برای زون فلیک مناسب تشخیص داده شد.



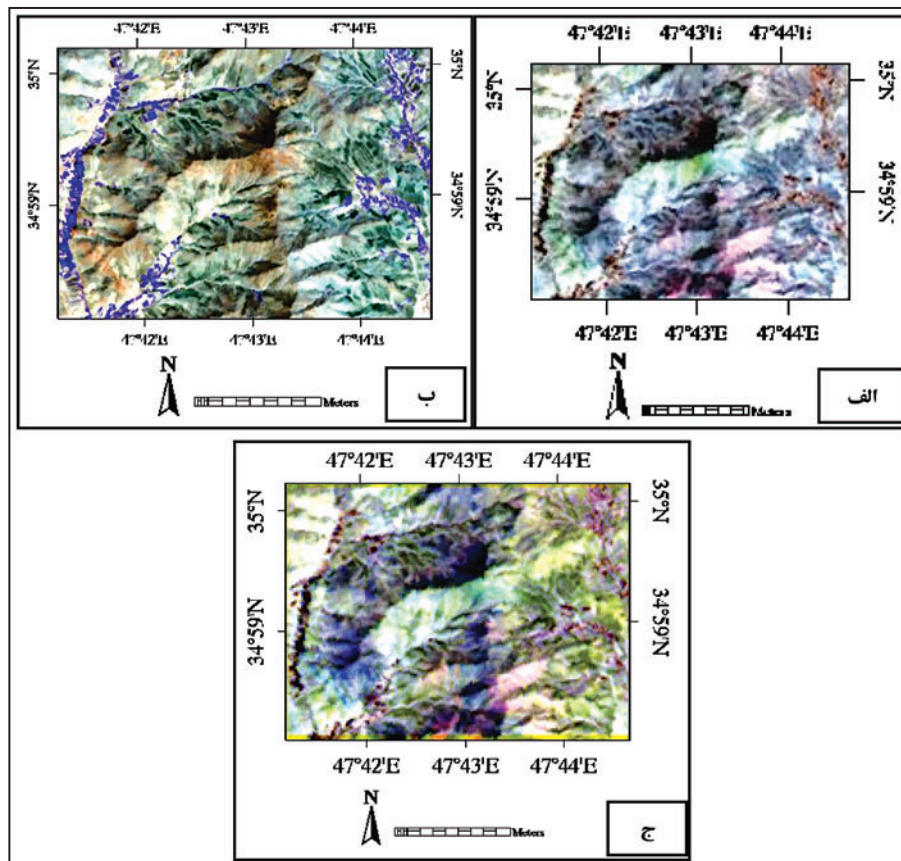
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سنقر (اشراقی و همکاران، ۱۳۷۵).



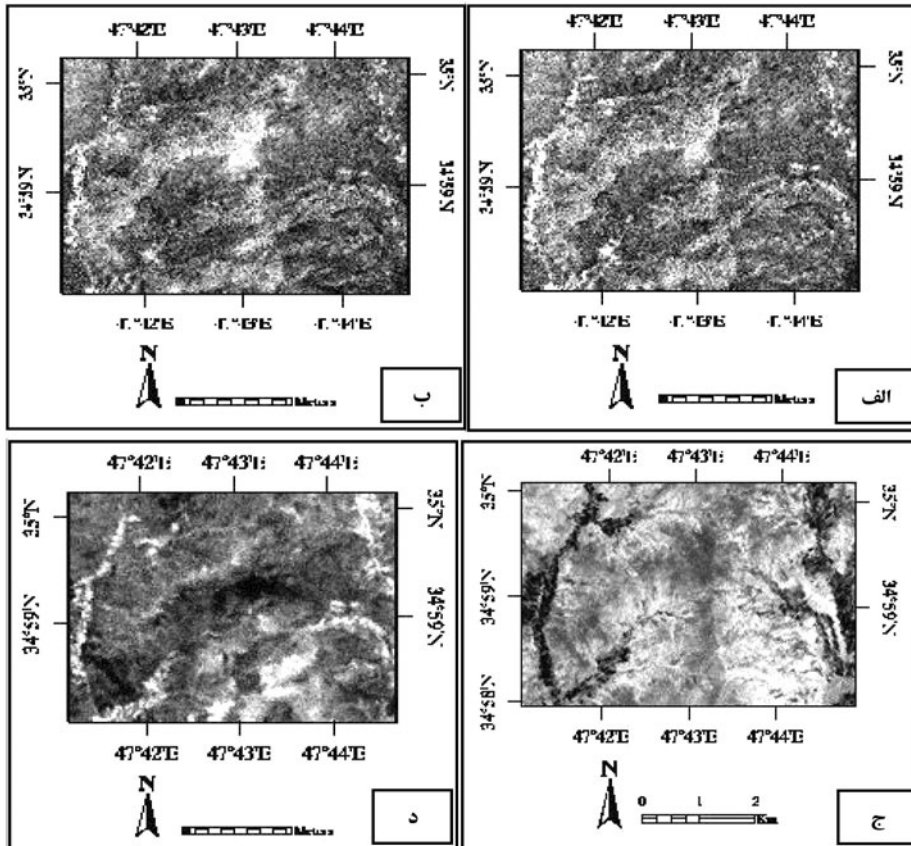
شکل ۲- الف) تصویری از کانی‌سازی آهن در منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال)؛ ب) تصویری از دگرسانی پروپیلیتیک به صورت فراگیر در واحد حدواسط (دید به سمت شمال باختر)؛ ج) تصویری از دگرسانی‌های پروپیلیتیک در واحد مافیک (دید به سمت شمال باختر)؛ د) تصویری از دگرسانی آرزلیک و تشکیل کانی‌های رسی (دید به سمت شمال).



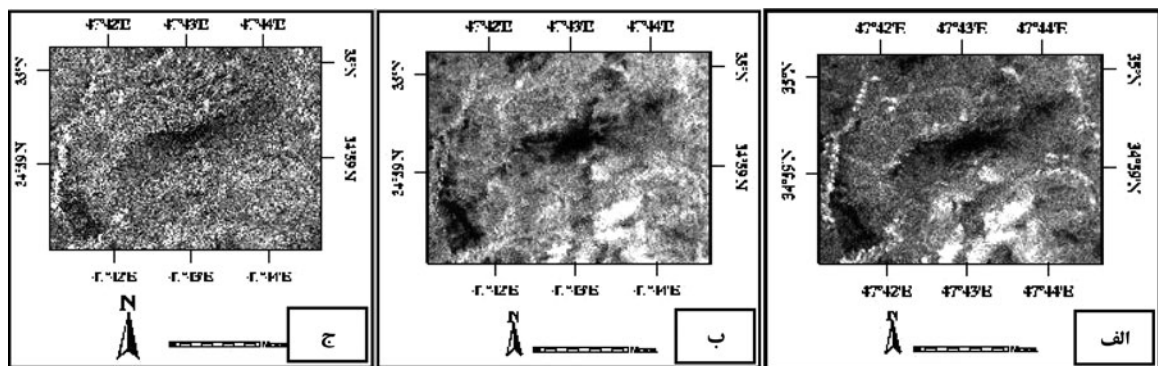
شکل ۳- نمونه‌هایی از دگرسانی‌های مطالعه شده موجود در منطقه در مقیاس میکروسکوپی شامل: الف) تبدیل پیروکسن از حاشیه به هورنبلند در گابرو-دیوریت؛ ب) تبدیل هورنبلند به کلریت در میکرودیوریت؛ ج) تبدیل هورنبلند به اپیدوت در میکرودیوریت؛ د) تصویر میکروسکوپی از توانالیت. علائم اختصاری کانی‌ها، Cpx: کلینوپیروکسن، Hbl: هورنبلند، Pl: پلاژیوکلاز، Qz: کوارتز، Ep: اپیدوت، Chl: کلریت (Withney & Evance, 2010).



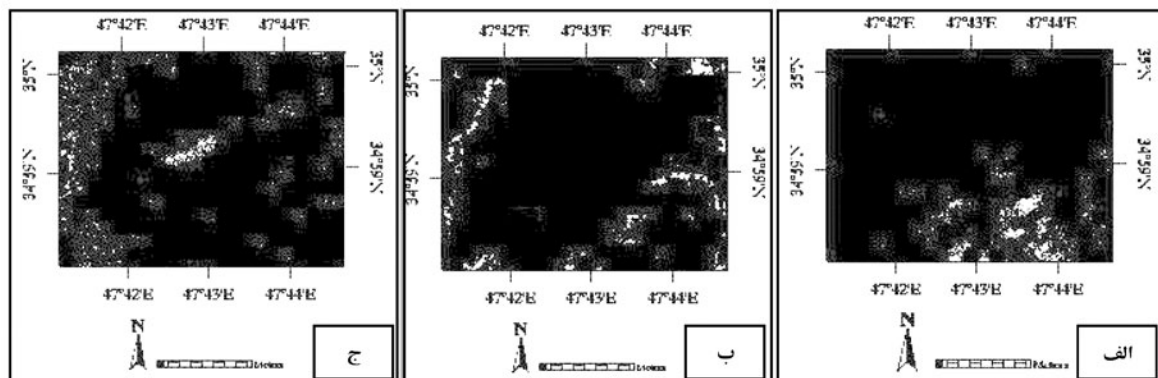
شکل ۴- الف) ترکیب‌رنگی کاذب RGB-۴۶۸؛ ب) ترکیب‌رنگی کاذب RGB-۱۲۳؛ ج) ترکیب‌رنگی کاذب RGB-۴۶۱.



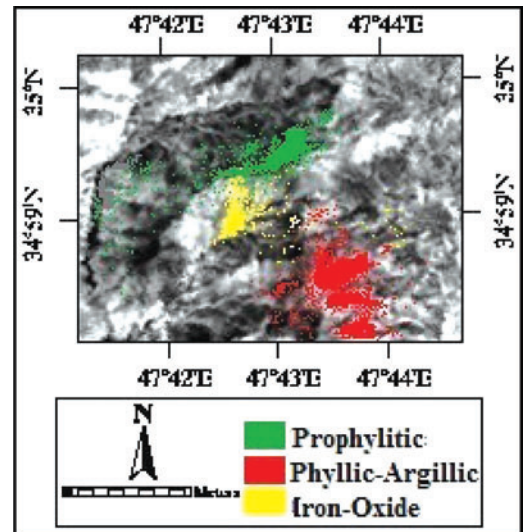
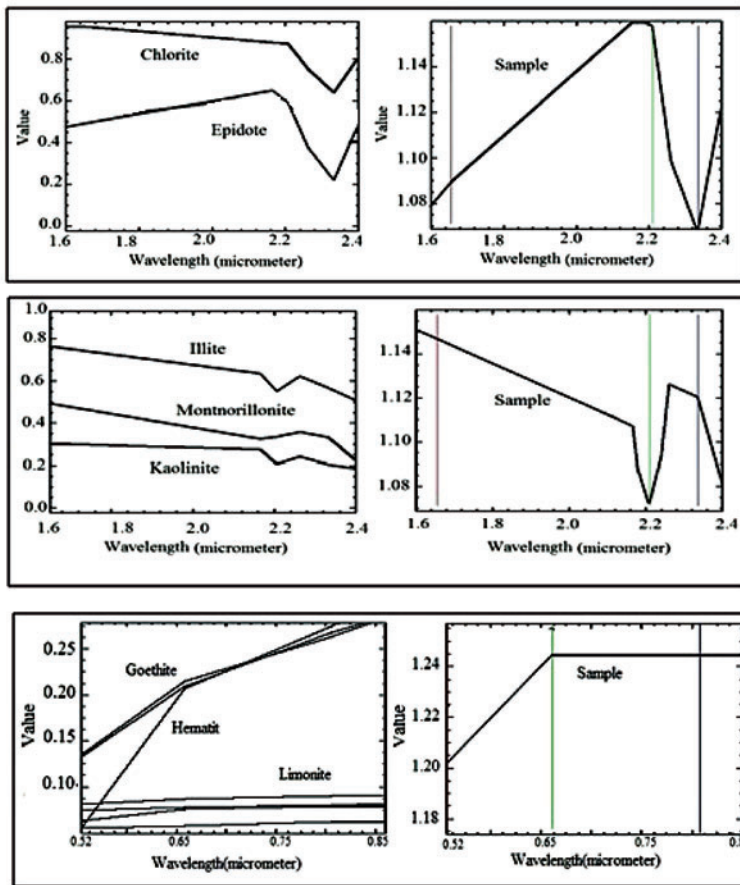
شکل ۵- نسبت‌های باندی، الف) ۷/۸؛ ب) ۸/(۷+۹) برای آشکارسازی دگرسانی پروپیلینیک به صورت پیکسل‌های روشن؛ ج) نسبت باندی ۲/۱ برای بارزسازی اکسیدهای آهن؛ د) نسبت باندی ۴/۶ برای آشکارسازی دگرسانی آرژلیک به صورت پیکسل‌های روشن.



شکل ۶- نسبت باندی ارائه شده توسط نیومیا، الف) نسبت باندی دگرسانی هیدروکسیلی؛ ب) کانولیت؛ ج) آلونیت.



شکل ۷- الف) آشکارسازی زون فیلیک به روش DPCA؛ ب) آشکارسازی زون آرژلیک به روش DPCA؛ ج) آشکارسازی زون پروپیلینیک به روش DPCA.



شکل ۹- مقایسه منحنی استاندارد USGS (Library of ENVI software 4.8, 2010) و کانی‌های شاخص زون‌های دگرسانی در منطقه مورد مطالعه.

شکل ۸- استخراج دگرسانی‌های پروپلیتیک، فلیک - آرژیلیک و اکسیدهای آهن با استفاده از الگوریتم SAM.

جدول ۲- ماتریس مقادیر ویژه برای زون آرژیلیک

	PC1	PC2	PC3
Band 4	0.583104	0.569442	0.579418
Band 5	0.812322	-0.418393	-0.406300
Band 7	-0.011060	0.707589	-0.706538
Eigenvalue	0.040462	0.001202	0.000334

جدول ۱- ماتریس مقادیر ویژه برای زون فلیک

	PC1	PC2	PC3
Band 4	0.567661	0.601996	0.561572
Band 6	0.822707	-0.389745	-0.413827
Band 7	0.030252	-0.696922	0.716509
Eigenvalue	0.042795	0.001123	0.000508

جدول ۴- مقادیر عددی زوایای (SAM) برای آشکارسازی کانی‌ها در کلاس‌های مورد مطالعه.

کلاس طیفی	نوع کانی	SAM
کلاس ۱ (پروپلیتیک)	کلریت- اپیدوت	۰/۱۱۰
کلاس ۲ (فلیک-آرژیلیک)	ایلپت- کانولینیت- مونت مورینیت	۰/۰۷۴
کلاس ۳ (اکسید آهن)	گوتیت و هماتیت	۰/۰۲۹

جدول ۳- ماتریس مقادیر ویژه برای زون پروپلیتیک

	PC1	PC2	PC3
Band 7	-0.557873	-0.610794	-0.561879
Band 8	-0.520359	-0.269989	0.810143
Band 9	-0.646532	0.744336	-0.167213
Eigenvalue	0.044245	0.000325	0.000218

کتابنگاری

- اشراقی، ص.ع.، جعفریان، م. ب. و اقلیمی، ب. ب.، ۱۳۷۵- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و گزارش حاشیه ورقه سقر، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- براتی، م.، ۱۳۸۷- مطالعه تطبیقی نحوه تشکیل کانسارهای آهن در بخش‌هایی از استان‌های همدان- کرمانشاه و کردستان، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- تاجیک، م. و کاکائی، ر.، ۱۳۸۵- کاربرد تصاویر سنجنده ASTER در تفکیک زون‌های دگرسانی مس پرفیری (برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز)، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- جعفرزاده، آ.، قربانی، م. و پزشکی‌پور، م.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی ایران، کانسارهای آهن، سازمان زمین‌شناسی ایران، ۴۲۰ صفحه.
- علوی‌پناه، ک.، ۱۳۸۲- کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

References

- Abera, B. J., 2005 - Application of remote sensing and spatial data integration modeling to predicative mapping of apatite- mineralized zones in the Bikilal Layerd Gabbro complex, Western Ethiopia, MSc thesis, ITC, Holland.
- Azizi, H., Tarverdi, M. A. & Akbarpour, A., 2010- Extraction of hydrothermal alterations from ASTER SWIR data from east Zanjan, northern Iran. *Advances in Space Research*, 46: 99-109.
- Berberian, M. & King, G. C., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evaluation of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Boloki, M. & Poormirzaee, R., 2009- Using ASTER Image Processing for Hydrothermal Alteration and Key Alteration Minerals Mapping in Siyahrud area, Iran. *International Journal of Geology*, 3: 38-43.
- Crosta, A. P. & Moore, J. M. C. M., 1989- Enhancement of landsat thematic mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State Brazil: a prospecting case history in greenstone belt terrain. In: Wolfe, W. L., & ZISSIS, G. L. (eds.) proceeding of the 9th thematic conference on Remote Sensing for Exploration Geology, Calagary, 1173-1187.
- Crosta, A. P., De souza filho, C. R., Azevedo, F. & Brodie, C., 2003- Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis, *International journal of Remote sensing*, 24(21): 4233-4240.
- Fujisada, H., 1995- Design and performance of ASTER instrument. *Proceedings of SPIE, International Society for Optical Engineering*, 2583:16-25.
- Hewson, R. D., Cudahy, T. J., Mizuhiko, S., Ueda, K. & Mauger, A. J., 2005- Seamless geological map generation using ASTER in the Broken Hill-Curnamona province of Australia. *Remote Sensing of Environment*, 99: 159-172.
- Khaleghi, M. & Ranjbar, H., 2011- Alteration Mapping for Exploration of Porphyry Copper Mineralization in the Sarduih area, Kerman Province, Iran. Using ASTER SWIR Data". *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5(8): 61-69.
- Library of ENVI software 4.8, 2010 - Co, 80301, USA.
- Ninomiya, Y., 2003- Astabilized vegetation index and several mineralogic indices detined for ASTER VNIR and SWIR data, *Proceeding of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS03*, 3: 1552-1554.
- Prost, G. L., 2001- Remote sensing for geologist, A guide to image interpretation, Second edition, Gordon and Breach, Switzerland.
- Ranjbar, H., Roonwal, G. S. & Ravidran, K. V., 2001- Digital image processing for lithological and alteration mapping, using spot multispectral data. A case study of Pariz area, Kerman Province. *Scientific Quarterly Journal Geoscience*, 10: 84-95.
- Ranjbar, H., Ahmadi, O. & Shaystehfar, M. R., 2005- Itegration and analysis of geological, geophysical and remote sensing data for exploration of Cu mineralization in Dehaj (Kader) area, Iran. A GIS approach. GIS and spatial analysis. Conference of IAMG, Toronto, Canada.
- Rowan, L. C. & Mars, J. C., 2003- Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. *Remote Sensing of Environment*, 84: 350-366.
- Ranjbar, H., Honarmand, M. & 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*, 24: 237-243.
- Sabins, F. F., 1999- Remote sensing for mineral exploration. *Ore Geology Reviews*, 14: 157-183.
- Seo, M., Aung Kyaw, T. & Takashima, I., 2005- Application of remote sensing techniques on iron oxide detection from ASTER and Landsat images of Tanintharyi Coastal Area, Myanmar, *Akita University*, 26: 21-28.
- Tangestani, M. H. & Moore, F., 2002- Porphyry copper alteration mapping in the Meiduk area, Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 23: 4815-4825.
- Tommaso, D. I. & Rubinstein, N., 2007- Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina. *Ore Geology Reviews*, 32: 275-290.
- Withney, D. & Evance, W. D., 2010- Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95: 185-187.
- Yuhas, R. H., Goetz, A. F. H. & Boardman, J. W., 1992- Discrimination among semiarid landscape endmembers using the spectral angle mapper (SAM) algorithm. In *Summaries of the Third Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication*, 92-14, 1, 147-149.

Detection of Alteration Zones of Haji Abad Iron Deposit with (SWIR+VNIR) Data of ASTER Sensor

F. Aliani ¹, S. Dadfar ^{2*} & M. Maanijou ¹

¹ Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

² Ph. D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 2012 April 08

Accepted: 2012 September 24

Abstract

Prospecting of deposits by studying of alteration zones has a great importance. Given that the identification of alteration zones of areas, which have iron potential has been less studied using remote sensing data, therefore to achieve the identification of alterations surrounding the Haji Abad iron deposit in the northeast of Sonqor City, in the Kermanshah Province processing analysis of satellite images such as False Color Composite (FCC), Band Ratio (B.R), Directed Principal Component Analysis (DPCA) and Spectral Angle Mapping (SAM) techniques on short wave infrared and visible near infrared bands (SWIR+VNIR) of ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer sensor) were used. Also by comparing USGS (United States Geological Survey) minerals standard reflection curve with studied region's curves, it can be seen that the curve of the propylitic alteration minerals have more agreement with chlorite and epidote, and the phyllic-argillic alteration have more agreement with illite and kaolinite, and iron-oxides have more agreement with goethite and hematite. The results accuracy was approved by field and microscopic studies and represents the patterns of alteration around the deposit.

Keywords: (SWIR+VNIR) Data, Alteration Zones, ASTER Sensor, Haji Abad Deposit.

For Persian Version see pages 73 to 80

*Corresponding author: S. Dadfar; E-mail: Soraya.Dadfar@yahoo.com