

مقایسه سه روش طبقه بندی (SAM، MLC و SID) جهت تهیه بهترین نقشه سنگ شناسی و استفاده از طیف

سنجی و روش MTMF به منظور بارزسازی مناطق دگرسانی

هوشنگ پورکاسب

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

کاظم رنگزن

گروه سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

سمیه بیرانوند

دانشجو دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

علیرضا زراسوندی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

حجت ا... رنجبر

گروه معدن، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

s.beyranvand@yahoo.com

چکیده

به علت بهبود در روش های سنجش از دور و تجزیه و تحلیل های موجود، تهیه نقشه سنگ شناسی و دگرسانی یک منطقه امکان پذیر می باشد. در این بررسی از تصویر استر و چندین طبقه بندی تصویر برای بارزسازی سنگ شناسی و همچنین از طیف کانی ها جهت بارزسازی دگرسانی ها در شمال شرق ساوه استفاده گردید. جهت تهیه نقشه سنگ شناسی روش های طبقه بندی شامل روش های بیشترین احتمال (MLC)، زاویه طیفی (SAM) Spectral Angle Mapper و اطلاعات طیفی واگرایی (SID) Spectral Information Divergence، مورد استفاده قرار گرفت. به منظور ارزیابی صحت نقشه های تهیه شده، از نقشه زمین شناسی منطقه استفاده گردید. نتایج بارزسازی سنگ شناسی منطقه نشان داد که روش طبقه بندی (MLC) دارای بیشترین دقت بوده و تصویر طبقه بندی شده از این روش قابل قبول می باشد. همچنین با استفاده از طیف های به دست آمده از نمونه های سنگی توسط دستگاه (ASD) FieldSpec3Analytical Spectral Device و روش Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF) نقشه دگرسانی ها تهیه گردید. بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی حضور کانی های سرسیت و کلریت را در نمونه های مورد مطالعه تایید نمود. نقشه های سنگ شناسی و دگرسانی بدست آمده مشخص کردند که زون فیلیک با سنگ های گرانیتی و گرانودیوریتی و زون آرژبلیک و پروپلیتیک با سنگ های آندزیتی موجود در منطقه در ارتباط هستند.

کلمات کلیدی: سنگ شناسی، طیف سنجی، MTMF، زون های دگرسانی، ASTER

مقدمه

در ۱۴ باند، سه باند در محدوده مرئی و فرورسرخ نزدیک، شش باند در محدوده فرورسرخ موج کوتاه و پنج باند در محدوده فرورسرخ گرمایی است. داده های ASTER با قدرت تفکیک طیفی در محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک جهت نقشه برداری نواحی دگرسانی مرتبط با کانی سازی مس پورفیری و طلای اپی ترمال به طور گسترده ای در اکتشافات مواد معدنی مورد استفاده قرار گرفته است (Mars and Rowan, 2011., Rajendran et al, 2013., Khaleghi et al., 2014; Amer et al, 2016., Abweny et al., 2016; Prado et al., 2016; Wang et al., 2017; Fereydooni and Mojeddifar., 2017). منطقه مطالعاتی در زون ماگمایی ارومیه-دختر واقع شده است (شکل ۱).

بعضی از انواع ته نشست های کانیاپی به افق های سنگ شناسی با سن خاص محدود هستند که این معیارها در طی اکتشاف مهم می باشند. اگر چه پژوهشهای بسیاری در ارتباط با داده های سنجش از دور در تعیین واحدهای زمین شناسی همچون سنگ های آذرین، رسوبی یا دگرگونی انجام شده، اما به دلیل نقش پراهمیت داده های سنجنده استر با داشتن باندهای مناسب جهت اکتشاف ذخایر نوع پورفیری، اپی ترمال، ذخایر سنگ معدن کرومیت، مگنتیت در این پژوهش از تصویر استر به منظور تهیه نقشه سنگ شناسی و دگرسانی مرتبط با نوع پورفیری استفاده شده است (Velosky et al., 2003; Rajesh, 2008; Beiranvand pour et al., 2014; Kumara et al., 2015; Beiranvand pour et al, 2017). سنجنده استر که در ماهواره TERRA تعبیه شده در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد. این سنجنده دارای اطلاعات طیفی

کمان ماگمایی ارومیه_دختر می باشند (Takin, 1972., Alavi, 1980., Berberian et al, (1982., Sengor, 1990). منطقه مورد مطالعه بخشی از کمربند ماگمایی ارومیه_دختر می باشد در طول جغرافیایی ۴۵ ۴۶ تا ۵۰ ۴۵ و عرض ۸۰ ۳۸ تا ۹۴ ۳۸ در شمال شرق ساوه قرار گرفته است و به عنوان منطقه تکتونیک فعال شناخته می شود که به صورت نوار طولی در امتداد و به موازات زون سنندج سیرجان گسترش دارد (Alavi., 2007).

در منطقه مورد مطالعه سنگ های آتشفشانی ائوسن و الیگوسن بصورت گدازه و آذرآوری دارای گسترش زیاد و سنگ های الیگوسن از نوع سنگ های آذرین درونی و آتشفشانی با گسترش کمتری دیده می شوند. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سنگ هایی که در منطقه مورد مطالعه قرار دارند شامل توالی های آتشفشان ائوسن، یعنی گدازه های ریو داسیتی، آندزیت و آندزیت بازالتی است. سنگ های گرانیت و گرانودیوریت با سن الیگوسن گسترش کمتری در منطقه دارند.

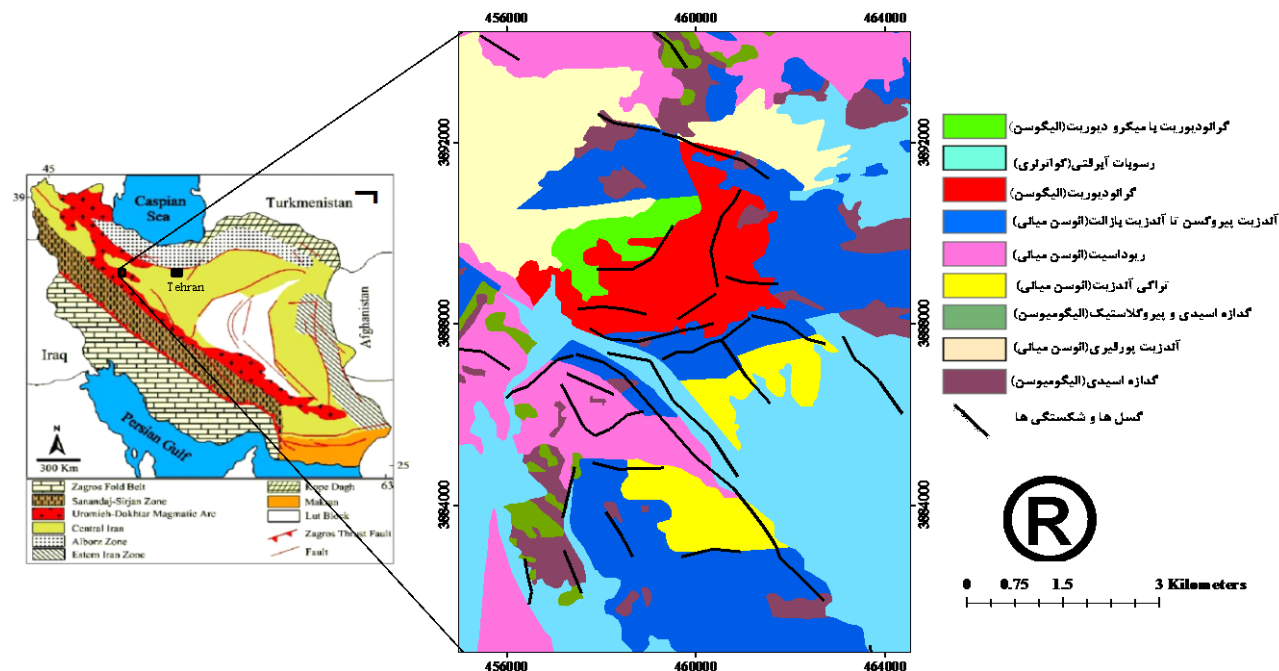
سنگ های ائوسن و الیگوسن بصورت گدازه و آذر آوری، گسترش زیاد دارند و سنگ های الیگومیوسن از نوع سنگ های آذرین درونی و آتشفشانی با گسترش کمتری این منطقه را پوشانده اند (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر دو فاز کوهزایی لازمید و پیرنه قرار گرفته است. چنین به نظر می رسد که فاز کوهزایی لازمید باعث رخنمون سنگ های آتشفشانی زمان ائوسن-الیگوسن شده است و فاز کوهزایی پیرنه ای همراه با سنگ های آذرین درونی و بیرونی همراه شده است. در شکل ۲ تصاویر برخی از واحدهای سنگی منطقه نشان داده شده است.

به طور کلی این زون به عنوان یکی از مناطق مهم جهت رخداد ذخایر مس پورفیری در ایران و جهان قلمداد می شود. در طول این زون بخش های جنوبی به تفصیل از جنبه های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است، اما بخش های شمالی به نسبت کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، با توجه به اکتشاف سیستم های پورفیری جدید در نزدیکی منطقه مورد مطالعه (کانسار پورفیری مس_طلای دالی، ترشک و ...) و همراهی همیشگی کانه زایی های پورفیری و اپی ترمال با رخداد دگرسانی (پتاسیک، فیلک، آرزلیک و پروپیلیتیک)، اهمیت انجام مطالعات شاخص سازی دگرسانی و سنگ شناسی در این بخش های کمتر شناخته شده از زون ارومیه دختر بیش از پیش مهم به نظر می رسد.

هدف اصلی این مطالعه، تعیین سنگ شناسی منطقه مطالعاتی با استفاده از روش های طبقه بندی تصویر استر و تعیین بهترین روش طبقه بندی، شناسایی نواحی دگرسانی با استفاده از طیفسنجی و روش MTMF و همچنین ارتباط نوع دگرسانی با نوع سنگ شناسی در محدوده مورد مطالعه می باشد.

زمین شناسی

چهارچوب ژئوتکتونیک کنونی ایران به شدت تحت تاثیر دو رویداد بزرگ قرار گرفته است که یک رویداد در اوایل مزوزوئیک میانی اتفاق افتاده که باعث بسته شدن پلئوتتیس شده است و دومین رویداد در اوایل سنوزوئیک رخ داده است که موجب بسته شدن اقیانوس نئوتتیس شده است (Ilbeyli et al., 2004). بسته شدن نئوتتیس و رژیم فشارشی پس از آن، باعث تشکیل سه واحد اصلی تکتونیک با روند NW-SE در غرب ایران شده است. این سه واحد تکتونیک شامل (۱) کمربند چین خورده زاگرس (۲) منطقه دگرگونی سنندج_سیرجان و (۳)



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ ساوه (قلمقاش، ۱۳۷۷).



شکل ۲- الف) نمای از رخنمون های آندزیت پورفیری، ب) سنگ های گرانیتی و پ) آندزیت بازالتی در منطقه مورد مطالعه.

روش انجام پژوهش

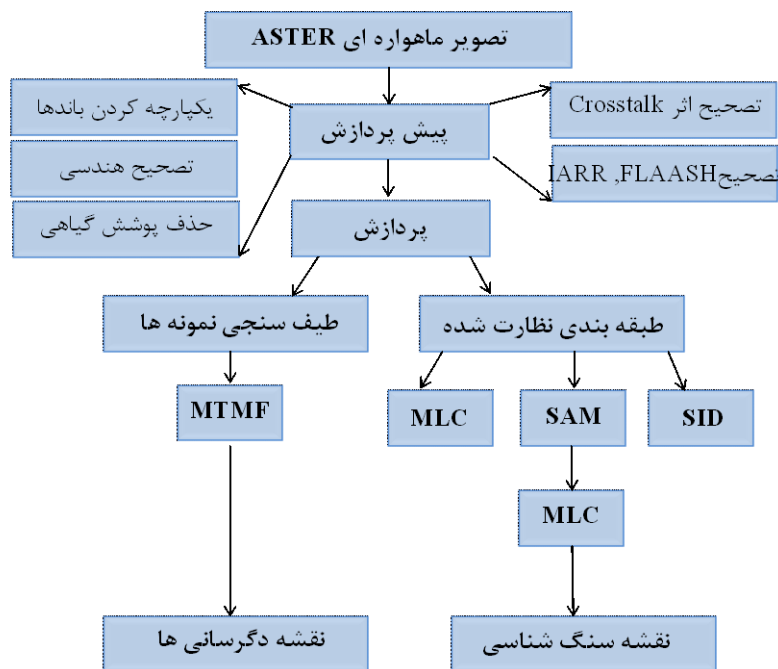
در این مطالعه از نه باند تصویر استر که در تاریخ 2003/10/06 اخذ شده، استفاده گردید. پیش پردازش های انجام شده بر روی تصویر شامل: ۱) تصحیح اثر Crosstalk به منظور تصحیح تراوش سیگنال باند ۴ به باندهای مجاور ۵ و ۹ که با استفاده از نرم افزار Cross Talk correction انجام شد (Iwasaki and Tonooka., 2005). ۲) یکپارچه کردن ۳ باند در محدوده مرئی و فرورسرخ نزدیک (۰.۸۶ - ۰.۵۲) با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر) و ۶ باند در محدوده فرورسرخ موج کوتاه (۲.۴۳ - ۱.۶) با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر) با روش نزدیکترین همسایگی نمونه برداری مجدد، ۳) انجام تصحیح اتمسفری Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis in Spectral Hypercubes (FLAASH). امواج الکترومغناطیس که توسط سنجنده‌ها دریافت می‌شوند پس از عبور از جو به سنجنده‌ها می‌رسند.

در اثر عبور امواج الکترومغناطیس از جو، فعل و انفعالاتی صورت می‌گیرد که باعث تغییر در میزان انرژی رسیده به سنجنده می‌شود. جو منجر به پراکندگی انتخابی، جذب و نشر امواج می‌شود اثرات فوق در طول موج‌های مرئی و مادون قرمز، شدید هستند (Gupta, 2003). به همین دلیل انجام تصحیحات اتمسفری ضرورت دارد. ۴) تصحیح هندسی، این فرایند تبدیل داده‌ها از یک سیستم شبکه ای به سیستم شبکه‌ای دیگر با استفاده از معادلات تبدیل می‌باشد. تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای برای جبران خطا ایجاد شده در تصاویر همچون تغییر در ارتفاع و سرعت ماهواره، جابه جایی پستی و بلندی‌ها و دیگر فاکتورها به کار می‌رود. می‌آیند. به این منظور جهت تصحیح هندسی تصویر ASTER از تصویر ETM⁺ (روش تصحیح هندسی تصویر با تصویر) استفاده شد. تصویر استر با استفاده از ۴۵ نقطه کنترل با RMS کمتر از ۵٪ پیکسل با تصویر ETM⁺ تطابق

هندسی داده شد. ۵) ماسک از پوشش گیاهی. جهت تهیه نقشه سنگ شناسی، از سه روش طبقه بندی MLC, SAM, SID استفاده گردید. در روش های طبقه بندی به منظور برآورد آماری تغییرات از روش مقایسه پس پردازشی استفاده شد که متداول ترین روش کمی محسوب می‌شود (Kushla, 1996). در روش های طبقه بندی، ابتدا تصویر استر منطقه توسط سه روش MLC, SAM, SID رده بندی شد، سپس پیکسل های متناظر در هر روش با یکدیگر مقایسه و نتایج عددی در ماتریس آشفتگی ارائه و تحلیل شدند. سپس با استفاده از دقت های کلی و ضرایب کاپای محاسبه شده برای خروجی داده‌ها، دقت رده بندی برای تصاویر مختلف محاسبه شد.

در ادامه به منظور تهیه نقشه دگرسانی منطقه، تعداد ۲۰ نمونه از زون های دگرسانی مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه برداشت شد. طیف سنجی نمونه ها با استفاده از دستگاه طیف سنجی در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. طیف سنج FieldSpec3 دستگاهی است که در زمینه هایی که نیاز به اندازه گیری انعکاس، تابش و پخش انرژی الکترومغناطیسی از سطوح می باشد، کاربرد دارد.

این دستگاه اپتیکی به طور اختصاصی جهت استفاده در سنجش از دور میدانی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می گیرد که منحنی طیفی را در ناحیه مرئی-مادون قرمز نزدیک (VNIR) و مادون قرمز کوتاه (SWIR) اندازه گیری می کند. طیف سنج فلدسپک ۳ دستگاهی قابل حمل با دامنه طیفی ۲۵۰۰_۳۵۰ نانومتر و زمان جمع آوری ۱/ ثانیه برای هر طیف می باشد. از طیف های بدست آمده در روش MTMF جهت تهیه نقشه دگرسانی منطقه استفاده گردید. مراحل انجام مطالعه در (شکل ۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار مراحل تهیه نقشه سنگ شناسی و دگرسانی های منطقه مورد مطالعه.

پیکسل ها است. به عبارت دیگر باید ارزش عددی پیکسل ها به یک پدیده منسوب گردد. به طور کلی روش های رده بندی به دسته های پارامتریک، غیر پارامتریک و غیر متریک تقسیم می شوند (Belward et al., 1990). روش رده بندی پارامتریک توزیع آماری داده های آموزشی در رده های تصویر را در نظر می گیرد و از یک مدل آماری برای توزیع پیکسل ها در رده ها استفاده می کند. این روش خصوصیات آماری رده های آموزشی تصویر را در هر باند در نظر می گیرد. برای مثال می توان به خصوصیات آماری میانگین و انحراف معیار پیکسل ها اشاره کرد. این امر با توجه به ویژگی های آماری پیکسل ها در اختصاص پیکسل ها به رده های مناسب خود، یک مزیت به شمار می آید.

متداول ترین روش های رده بندی پارامتریک، در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته و دقت حاصل از این روش ها بررسی شده است. روش بیشترین احتمال (MLC)، پیکسل مجهول a را به رده ای که محتمل ترین رده برای آن پیکسل باشد، اختصاص می دهد. این روش فرض را بر آن می گذارد که توزیع داده های آموزشی هر رده، به صورت نرمال می باشد. روش SAM نسبت به تغییرات روشنایی حساسیت ندارد و شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل را به وسیله محاسبه زاویه بین طیف ها مورد بررسی قرار می دهد. روش SID به روند شکل طیف ها حساس می باشد و اختلاف میان توزیع های احتمال دو مشخصه طیفی را اندازه گیری می کند.

بحث
با توجه به اینکه در این مطالعه دو هدف، تهیه نقشه های سنگ شناسی و دگرسانی ها بررسی می شود به صورت جداگانه به این دو موضوع پرداخته می شود:

الف) تهیه نقشه سنگ شناسی منطقه مطالعاتی

در این مطالعه جهت تعیین بهترین نقشه سنگ شناسی منطقه، از روش های طبقه بندی شامل روش های بیشترین احتمال زاویه طیفی و اطلاعات طیفی واگرایی استفاده شده است. با توجه به اینکه هر روشی مزیت ها و معایبی دارد، سه روش MLC، SAM و SID انتخاب شد تا بررسی نماییم هر روش در بارزسازی سنگ شناسی منطقه تا چه اندازه به درستی عمل می نماید. روش MLC پیکسل مجهول a را به رده ای که محتمل ترین رده برای آن پیکسل باشد، اختصاص می دهد. این روش فرض را بر آن می گذارد که توزیع داده های آموزشی هر رده، به صورت نرمال می باشد. روش SAM نسبت به تغییرات روشنایی حساسیت ندارد و شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل را به وسیله محاسبه زاویه بین طیف ها مورد بررسی قرار می دهد. روش SID به روند شکل طیف ها حساس می باشد و اختلاف میان توزیع های احتمال دو مشخصه طیفی را اندازه گیری می کند.

روش های MLC، SAM و SID، روش های رده بندی پیکسل جهت بارزسازی سنگ شناسی منطقه می باشند که مورد استفاده قرار گرفتند. رده بندی پیکسل های سازنده تصویر، اختصاص دادن یک برچسب یا کد به هر یک از

روش (SAM) شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل را به وسیله محاسبه زاویه بین طیف ها مورد بررسی قرار می دهد. هر چه زاویه کوچکتر باشد (فاصل بین طول موج های دو باند مجاور کمتر شود) تفاوت هایی که در شکل طیفی کانی با کانی دیگر وجود دارد، مشخص تر شده و مقایسه بین طیف ورودی به عنوان طیف مرجع و طیف پیکسل

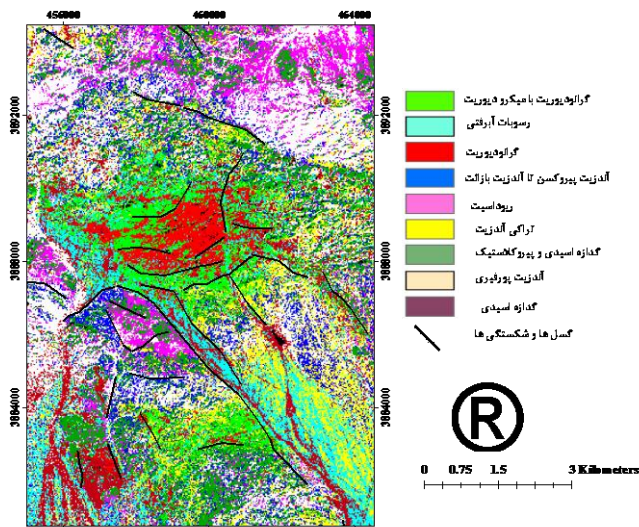
است. ضریب کاپا با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود. (Congalton., 1999)

$$\hat{k} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}$$

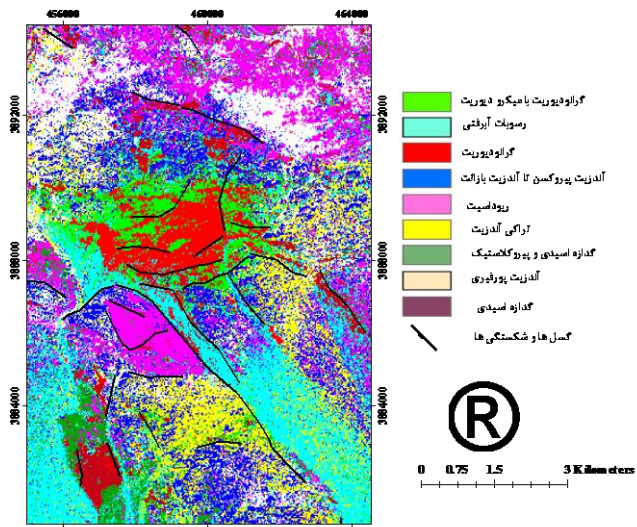
که در آن، n تعداد کل نقاط (نقاط مرجع)، n_{ij} تعداد پیکسل‌هایی که به درستی در رده مورد نظر قرار دارند، n_{i+} تعداد پیکسل‌های مرجع موجود در رده و n_{+i} تعداد پیکسل‌های قرار داده شده در رده مورد نظر توسط روش آشکارسازی تغییر می‌باشد. دقت کلی نیز از تقسیم مجموع پیکسل‌هایی که به درستی تقسیم بندی شده به تعداد کل داده‌های مرجع به دست می‌آید.

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{Correctly classified totals}}{\text{Reference data totals}}$$

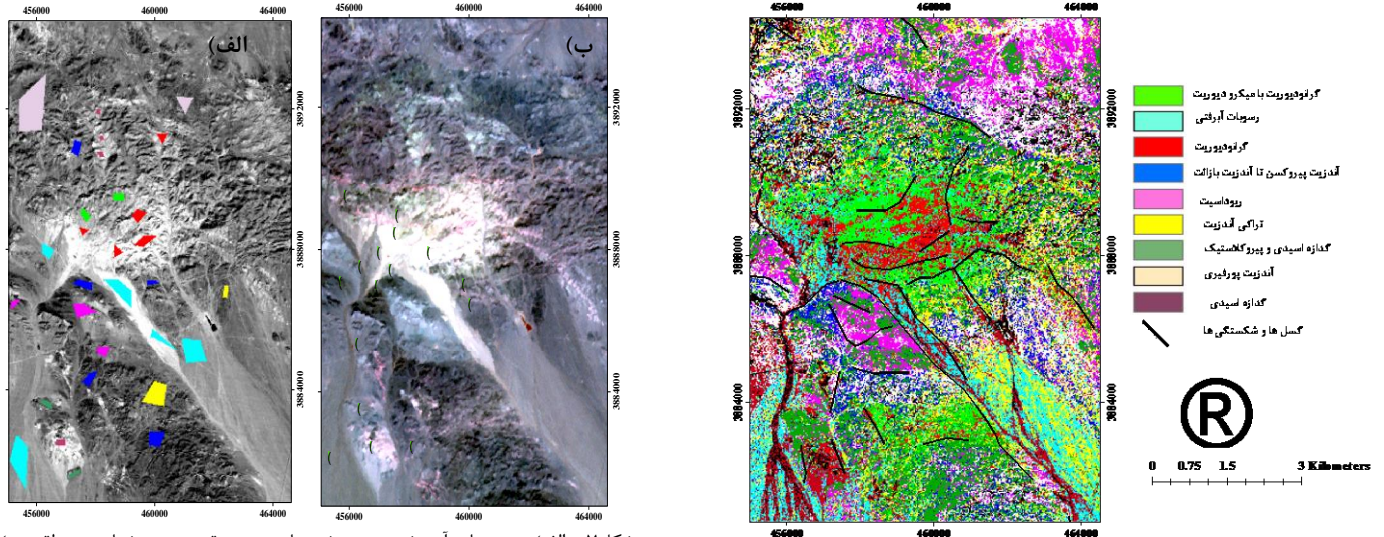
های تصویر با دقت بالاتر انجام می‌گیرد. (شکل ۵) نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش رده‌بندی SAM را نشان می‌دهد. روش SID اختلاف میان توزیع های احتمال دو مشخصه طیفی را اندازه گیری می‌کند. این روش مشخصه طیفی هر بردار پیکسلی را به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر گرفته و با تشکیل توزیع احتمال آن از یک معیار آماری برای محاسبه تشابه طیفی تشابه طیفی میان دو مشخصه طیفی استفاده می‌نماید. (شکل ۶) نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش رده‌بندی SID را نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی دقت، نمونه‌های آموزشی منطقه با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و تصویر ماهواره‌ای تعیین و پس از طبقه بندی و برآورد دقت بازدید میدانی انجام شد (شکل ۷). دقت آشکارسازی هر تصویر توسط پارامترهای دقت کلی و ضریب کاپای ماتریس آشفتگی محاسبه شد. ماتریس آشفتگی حاصل از سه روش طبقه بندی (MLC, SAM, SID) در (جدول ۱، ۲ و ۳) نشان داده شده



شکل ۵- نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش رده‌بندی SAM.



شکل ۴- نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش رده‌بندی MLC.



شکل ۶- نقشه سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش رده بندی SID.

شکل ۷- الف) نمونه های آموزشی تعیین شده با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه، ب) نقاط بازدید میدانی در منطقه مطالعاتی.

جدول ۱- ماتریس آشفتنگی رده بندی با استفاده از روش MLC.

رده	گرانودیوریت	گرانودیوریت-میکرودیوریت	اندزیت پیروکسن	تراکی اندزیت	رسوبات آبرفتی	ریولیت	گدازه اسیدی	گدازه اسیدی پیروکلاستیک	اندزیت پورفیری	کل
گرانودیوریت	۲۲۵	۵	۰	۰	۵۶	۰	۴	۰	۲	۳۹۲
گرانودیوریت-میکرودیوریت	۳۴	۱۳۴	۲	۲	۲۹	۰	۰	۰	۳	۲۰۴
اندزیت پیروکسن	۰	۰	۳۳۱	۶۳	۶۹	۳۹	۰	۱	۱۵۷	۶۶۰
تراکی اندزیت	۰	۱	۱۱۴	۳۶۲	۴۵	۷	۰	۰	۸۹	۶۱۸
رسوبات آبرفتی	۸	۳	۳۲	۱۲	۱۳۶۹	۴	۱	۰	۲۰	۱۴۴۹
ریولیت	۲	۰	۳۹	۲	۲۲	۲۶۴	۵	۱	۴۰	۳۷۵
گدازه اسیدی	۳۶	۰	۰	۰	۱۴	۰	۱۰۷	۰	۴	۱۶۱
گدازه اسیدی پیروکلاستیک	۰	۰	۳	۴	۴۲	۶	۰	۱۰۴	۲	۱۶۱
اندزیت پورفیری	۰	۰	۶۴	۲۵	۲۳	۲۶	۰	۰	۹۷۶	۱۱۱۴
رده بندی نشده	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کل	۴۰۵	۱۴۳	۵۸۵	۴۷۰	۱۶۶۹	۳۴۶	۱۱۷	۱۰۶	۱۲۹۳	۵۱۳۴

جدول ۲- ماتریس آشفتنگی رده بندی با استفاده از روش SAM.

رده	گرانودیوریت	گرانودیوریت-میکرودیوریت	اندزیت پیروکسن	تراکی اندزیت	رسوبات آبرفتی	ریولیت	گدازه اسیدی	گدازه اسیدی پیروکلاستیک	اندزیت پورفیری	کل
گرانودیوریت	۲۴۸	۱۶	۱	۱	۸۲	۰	۲	۰	۰	۳۵۰
گرانودیوریت-میکرودیوریت	۶۲	۹۸	۳۰	۳۳	۶۸	۰	۱۶	۱	۱۴	۳۲۲
اندزیت پیروکسن	۰	۰	۱۴۸	۵۴	۴۱	۴۵	۲	۱	۱۵۲	۴۴۲
تراکی اندزیت	۲۲	۰	۶۷	۱۸۷	۲۸۸	۱۹	۲۱	۳	۳۵	۶۴۲
رسوبات آبرفتی	۲۱	۲۶	۱۰	۳۴	۵۸۹	۰	۱۴	۳	۱۸	۷۰۵
ریولیت	۰	۰	۳۸	۰	۱	۱۰۹	۰	۱۷	۱۰۸	۲۷۳
گدازه اسیدی	۲۶	۲	۱۹	۲۴	۴۹۵	۰	۴۷	۱	۲۲	۶۳۶
گدازه اسیدی پیروکلاستیک	۱۵	۰	۱۰۵	۶۷	۲	۸۰	۸	۷۷	۱۰۳	۴۵۷
پوشش اندزیت پورفیری	۱	۰	۱۶۵	۸۰	۱۰۳	۹۳	۵	۳	۸۳۴	۱۲۸۴
رده بندی نشده	۱۰	۱	۲	۰	۰	۰	۲	۰	۷	۲۲
کل	۴۰۵	۱۴۳	۵۸۵	۴۷۰	۱۶۶۹	۳۴۶	۱۱۷	۱۰۶	۱۲۹۳	۵۱۳۴

جدول ۳- ماتریس آشفتگی رده بندی با استفاده از روش SID.

رده	گرانودیوریت	گرانودیوریت- میکرودیوریت	اندزیت پیروکسن	تراکی اندزیت	رسوبات آبرفتی	ریولیت	گدازه اسیدی	گدازه اسیدی پیروکلاستیک	اندزیت پورفیری	کل
گرانودیوریت	۱۵۵	۱۳	۰	۸	۱۱۹	۰	۹	۰	۰	۳۰۴
گرانودیوریت-میکرودیوریت	۱۲۱	۱۰۳	۳۲	۳۳	۷	۰	۱۵	۱	۱۶	۳۲۸
اندزیت پیروکسن	۱	۰	۱۲۵	۴۸	۲۴	۳۰	۳	۱	۱۵۸	۴۰۰
تراکی اندزیت	۸	۲	۴۳	۱۲۳	۲۸۴	۹	۸	۴	۶۴	۵۴۵
رسوبات آبرفتی	۳۳	۲۲	۱۳	۳۹	۵۹۷	۰	۱۶	۰	۱۸	۷۳۸
ریولیت	۲	۰	۴۶	۲	۱۸	۱۴۶	۳	۲۲	۱۰۷	۳۴۶
گدازه اسیدی	۴۹	۲	۲۷	۳۱	۳۲۰	۰	۱۹	۱	۴۲	۵۹۱
گدازه اسیدی پیروکلاستیک	۲۳	۰	۱۲۵	۸۸	۹	۹۴	۹	۷۴	۹۶	۵۲۸
پوشش اندزیت پورفیری	۱	۰	۱۲۹	۸۱	۸۳	۶۳	۴	۳	۶۳۹	۱۰۰۳
رده بندی نشده	۱۲	۱	۲۵	۱۷	۱۰۸	۴	۳۱	۰	۱۵۳	۳۵۱
کل	۴۰۵	۱۴۳	۵۸۵	۳۷۰	۱۶۶۹	۳۴۶	۱۱۷	۱۰۶	۱۲۹۳	۵۱۳۴

طور متوسط انجام شده است. با بررسی دقت های User و Producer هر رده و همچنین دقت های کلی و ضرایب کاپای حاصل از روش رده بندی بیشترین احتمال برای هر کدام از تصاویر، می توان نتیجه گیری نمود که روش بیشترین احتمال، روشی مناسب جهت رده بندی تصاویر ماهواره ای جهت تعیین سنگ شناسی منطقه مطالعاتی می باشد.

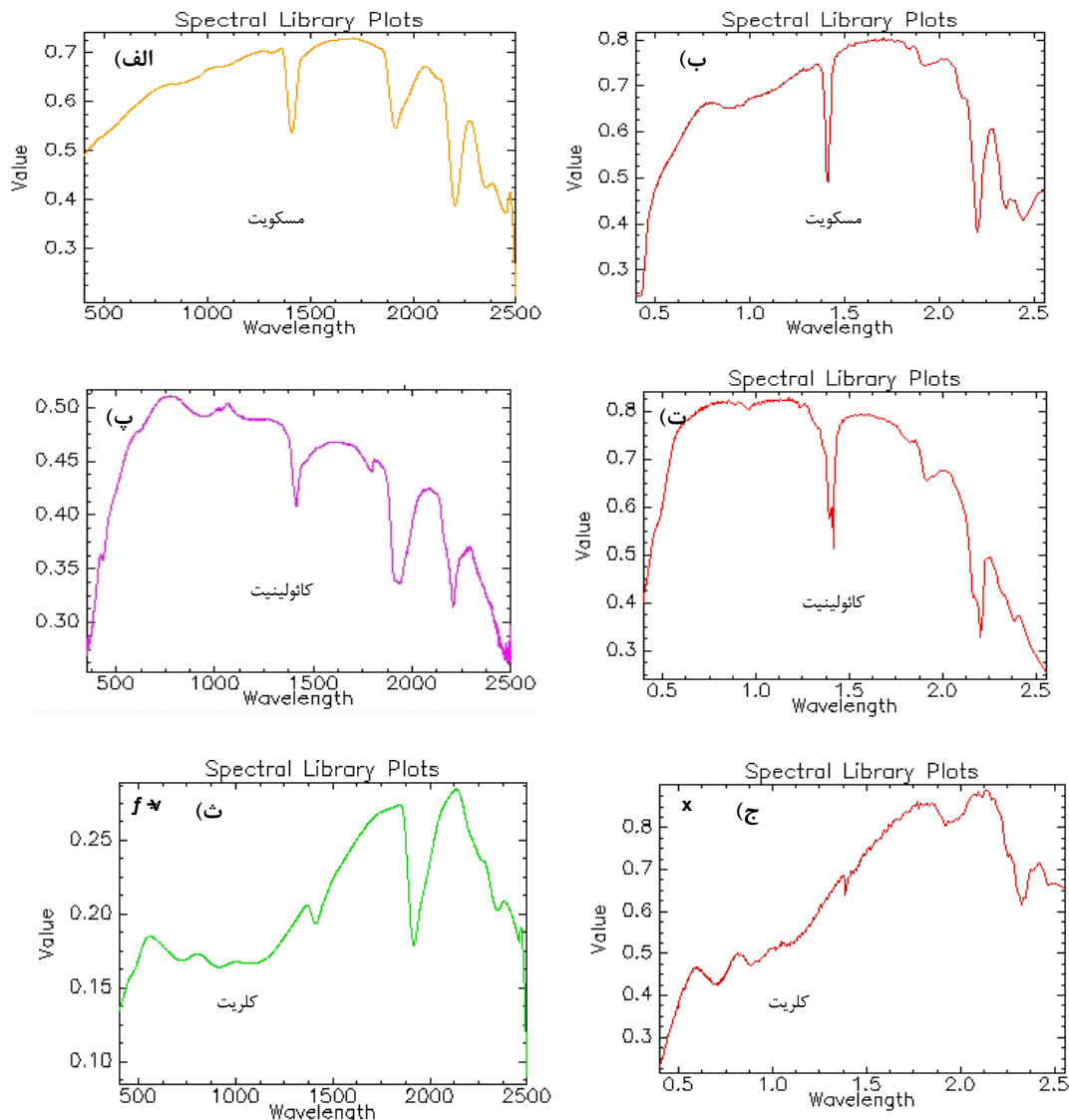
تهیه نقشه دگرسانی ها در منطقه مطالعاتی

جهت تهیه نقشه دگرسانی ها، از مناطق دگرسانی نمونه برداری انجام گرفت (شکل ۸) و با استفاده از طیف نمونه های دگرسانی به دست آمده از دستگاه طیف سنج FieldSpec3 و روش MTMF بازسازی دگرسانی ها در منطقه مورد مطالعه انجام شد (شکل ۹).

دقت کلی و ضریب کاپا برای روش MLC، به ترتیب $77/36\%$ و $0/72$ ، برای روش SAM، $45/52\%$ و $0/36$ ، برای روش SID، $38/78\%$ و $0/29$ تعیین شد. با استفاده از ماتریس های آشفتگی و جدول های دقت در روش های رده بندی MLC, SAM, SID می توان کیفیت تفکیک و جداسازی پیکسل های تصویر و اختصاص آن ها به کلاس مناسبشان را تعیین نمود. نتایج ماتریس آشفتگی نشان می دهد که ارزیابی دقت برای روش MLC نسبت به سایر روش ها بیشتر بوده که علت این مسئله در پارامتریک بودن روش بیشترین احتمال می باشد. این روش به دلیل توجه به توزیع آماری داده ها در رده های تصویر، رده ها را به خوبی تقسیم بندی نموده است. نتایج حاصل از دقت رده بندی روش بیشترین احتمال نشان می دهد که رده بندی قابل قبول است. نتایج حاصل از ماتریس آشفتگی و جدول های دقت برای روش SAM نشان می دهد که رده بندی این تصویر به



شکل ۸- الف) نمای از دگرسانی های فیلیک، ب) آرژلیک پ) پروپلیتیک.



شکل ۹- مقایسه بین طیف های به دست آمده از FieldSpec3Analytical Spectral Device (ASD) و طیف های کتابخانه ای USGS. الف) طیف مسکویت به دست آمده از ASD ، ب) طیف مسکویت به دست آمده از USGS، پ) طیف کائولینیت به دست آمده از ASD، ت) طیف کائولینیت به دست آمده از USGS ، ث) طیف کلریت به دست آمده از ASD و ج) طیف کلریت به دست آمده از USGS.

جدول ۴- کانی های دگرسانی شناسایی شده با روش طیف سنجی در محدوده مطالعاتی و محدوده جذب طیفی آنها.

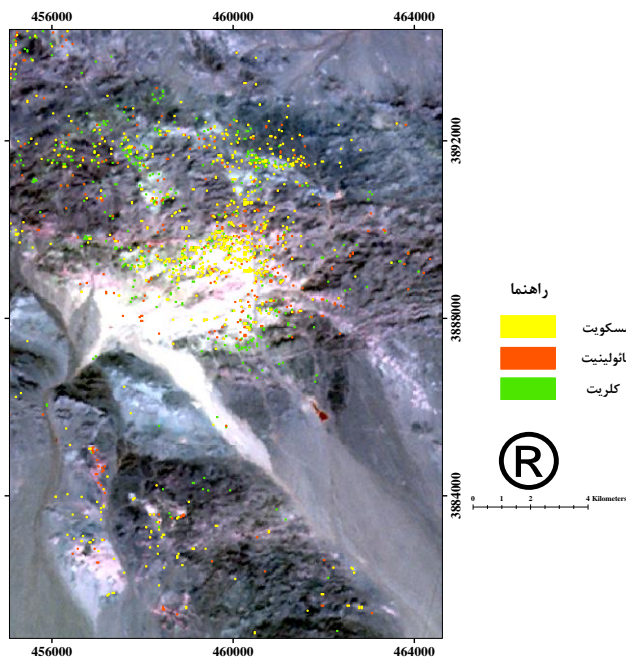
نوع کانی	OH&H ₂ O=1400-1900nm	Al=2190-2220nm	Mg=2320-2360nm	K=630-740nm	Fe=900nm	Na=580nm
مسکویت	*	*	-	*	*	-
کائولینیت	*	*	-	-	-	-
کلریت	*	*	*	-	*	-
*: حضور -: عدم حضور						

دگرسانی های موجود در منطقه که به روش سنجش از دور مشخص شدند شامل زون های سرسیتی، آرژلیک و پروپلیتیک هستند. زون سرسیتی، به طور معمول حاوی سرسیت که فرم دانه ریز مسکویت است دارای AL-OH با ویژگی جذب قوی در ۲٫۲ میکرومتر و جذب با شدت کمتر در ۲٫۳۵ میکرومتر می باشد (Abrams, 1983; Spatz and Wilson, 1995). زون آرژلیک منطقه حاوی کانی کائولینیت هست که AL-OH در محدوده های ۲٫۱۶۵ میکرومتر و ۲٫۲ میکرومتر دارای جذب می باشد (Rowan and Mars, 2003). کلریت به عنوان کانی زون پروپلیتیک در منطقه شناسایی گردید که Fe-O-H، Mg-O-H در محدوده های ۲٫۳۶۰-۲٫۳۲۰ میکرومتر و ۹۰۰ میکرومتر دارای جذب می باشند (جدول ۴).

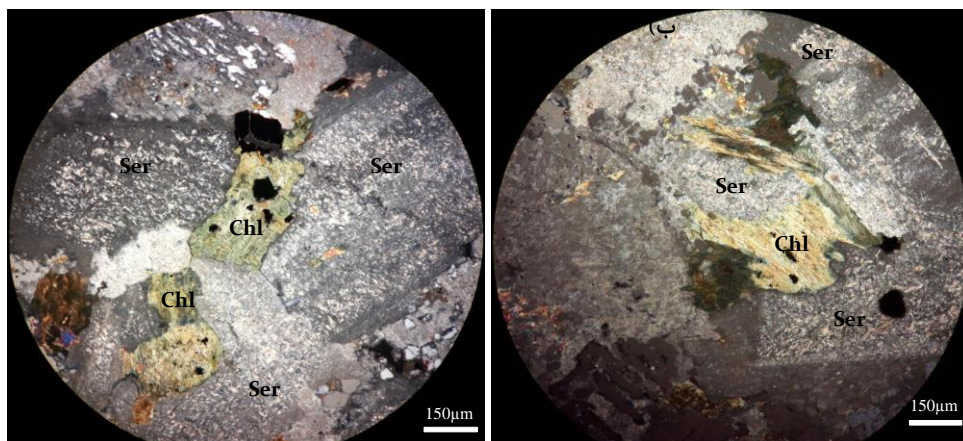
هستند. این ارتباط مبنای نقشه برداری از دگرسانی ها و کانی های هدف با روش MTMF است.

مقایسه مناطق بارزسازی شده با نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه نشان داد که زون فیلیک با سنگ های گرانیتی و زون های آرژیلیک و پروپلیتیک با سنگ های آندزیتی موجود در منطقه در ارتباط هستند. در ادامه از از نمونه های سنگی برداشت شده از منطقه فیلیک، آرژیلیک و پروپلیتیک مقطع نازک تهیه شد (شکل ۱۱). در این مقاطع پلاژیوکلازها سرسیتی شده و کلریت قابل مشاهده است. به علت دگرسانی شدید نمونه های واحد دگرسانی آرژیلیک، مقاطع میکروسکوپی از این نمونه ها تهیه نشد.

در این بررسی جهت بارزسازی مناطق دگرسانی از روش فیلتر تطبیقی ترکیبی تعدیل شده (MTMF) استفاده گردید. روش MTMF، یک آنالیز ترکیبی بر اساس پردازش طیف های شناخته شده است که در این بررسی از این روش به منظور بارزسازی زون های دگرسانی استفاده شده است (شکل ۱۰). روش فیلتر تطبیقی ترکیبی تعدیل شده توسعه یافته روش Matched Filtering (MF) است، که تصاویر عدم امکان (Infeasibility) نیز به آن اضافه شده است. اساس این روش شناسایی اهداف مشخص از طریق انطباق با طیف کانیهای هدف تصویر یا کتابخانه طیفی است. در این روش پیکسل هایی که به درستی مشخص شده اند، دارای مقادیر MF بالا نسبت به پس زمینه و مقادیر Infeasibility پایین



شکل ۱۰- نقشه دگرسانی منطقه مورد مطالعه تهیه شده با روش MTMF.



شکل ۱۱- الف) و ب) حضور کانی های کلریت و سرسیت در مقاطع نازک میکروسکوپی در نور XPL (کلریت: Chl، سرسیت: Ser).

نتیجه گیری

روش MTMF استفاده گردید. در این مطالعه مشخص گردید زون فیلیک با سنگ های گرانیتی و گرانودیوریت و زون پروپلیتیک و کائولینیت با سنگ های آندزیتی در ارتباط هستند. منطقه مورد مطالعه از مناطق دارای پتانسیل بالا برای شکل گیری ذخایر نوع پورفیری و اپی ترمال می باشد که نسبت به سایر بخش های زون ماگمایی ارومیه دختر کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، رخداد دگرسانی فیلیک، آرژیلیک و پروپلیتیک می تواند نشان دهنده لزوم انجام مطالعاتی از این قبیل باشد. بهره گیری از فن آوری های نوین سنجش از دور با برآورد دقیق، سریع و اقتصادی تعیین سنگ شناسی و دگرسانی های موجود در منطقه را ممکن ساخته است.

به منظور تعیین سنگ شناسی در محدوده مورد مطالعه الگوریتم های MLC, SAM, SID بر روی تصویر ماهواره ای ASTER اجرا و نتایج با هم مقایسه شدند. نتایج مقایسه روش های طبقه نیز نشان داد که روش بیشترین احتمال در مقایسه با دو روش SAM و SID دارای ضریب کاپا و دقت بیشتری بوده و تغییرات سنگ شناسی موجود در منطقه را با دقت بالاتری بازسازی می نماید. همچنین به منظور تعیین نوع دگرسانی های موجود در منطقه و بررسی ارتباط نوع دگرسانی با نوع لیتولوژی، از نمونه های سنگی طیف سنجی به عمل آمد و از طیف های به دست آمده جهت بازسازی زون دگرسانی در منطقه با

منابع

قلمقاش ج.، ۱۳۷۷، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ساوه، سازمان زمین شناسی ایران.

- Abrams.M.J., Brown.D., Lepley.L., Sadowski.R., 1983, Remote sensing of porphyry copper deposits in Southern Arizona, *Journal of Econ Geol*, Vol: 78, p: 591–604.
- Abweny, M. S., van Ruitenbeek, F. J. A., de Smeth, B., Woldai, T., van der Meer, F. D., Cudahy, T., Zegers, T., Blom, J. K., Thuss, B., 2016. Short-Wavelength Infrared (SWIR) spectroscopy of low-grade metamorphic volcanic rocks of the Pilbara Craton. *Journal of African Earth Sciences* 117, 124-134.
- Alavi.M., 1980, Tectono stratigraphic evolution of Zagrosides of Iran, *Journal of Geology*, Vol: 8,p: 144–149.
- Alavi.M., 2007, Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran, *American Journal of Science*, 307, p: 1064-1095.
- Amer, R., El Mezayen, A., Hasaneinc, M., 2016. ASTER spectral analysis for alteration minerals associated with gold mineralization. *Ore Geology Reviews* 75, 239–251.
- Azizi.H., Tarverdi.M.A., Akbarpour.A., 2010, Extraction of hydrothermal alterations from ASTER SWIR data from east Zanjan, northern Iran, *Journal of Adv Space Res*, Vol: 46, p: 99–109.
- Beiranvand. P.A., Hashim. M., 2014, ASTER, ALI and Hyperion sensors data for lithological mapping and ore minerals exploration, *Journal of SpringerPlus*, Vol:3, 13p.
- Beiranvand. P.A., Hashim. M., Park. Y, Hong JK., 2017. Mapping alteration mineral zones and lithological units in Antarctic regions using spectral bands of ASTER remote sensing data. *Geocarto Int*.
- Belward.A.S., Valenzuela.C.R., 1990, Remote sensing and geographical information systems for resource management in developing countries, *Euro Courses, Journal of Remote Sensing*, 509 p.
- Berberian.F., Muir.I.D., Pankhurst.R.J., Berberian.M., 1982, Late Cretaceous and early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and central Iran, *Journal of Geol. Soc. London*, Vol: 139, p: 605–614.
- Congalton.R.G., 1999, Assessing the accuracy of remote sensing data: principle and practices, *Journal of CRS press*, Boca Raton, Florida, 137 p.
- Fereydooni, H., Mojeddifar, S., 2017. A directed matched filtering algorithm (DMF) for discriminating hydrothermal alteration zones using the ASTER remote sensing data. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 61, 1–13.
- Gupta, R. P., 2003. *Remote Sensing Geology*. Second edition, Springer-Verlag, Berlin, 665p.
- İlbeyli.N., Pearce.J.A., Thirlwall.M.F., Mitchell.J.G., 2004, Petrogenesis of collision-related plutonics in Central Anatolia, Turkey, *Journal of Litho*, Vol: 72, p: 163-182.
- Iwasaki.A., Tonooka.H., 2005, Validation of a crosstalk correction algorithm for ASTER/SWIR, *Journal of IEEE Trans, Geosci Remote Sens*, Vol: 43, p: 2747–2751.
- Khaleghi. M., Ranjbar. H., Shahabpour.J., Honarmand. M., 2014, Spectral angle mapping, spectral information divergence, and principal component analysis of the ASTER SWIR data for exploration of porphyry copper mineralization in the Sarduiyeh area, Kerman province, Iran, *Journal of Appl Geomat*, Vol: 6, p:49–58.
- Kumara C., Shettya A., Ravalb S., Sharmac R. P.K., Rayc C., 2015. “Lithological Discrimination and Mapping using ASTER SWIR Data in the Udaipur area of Rajasthan, India”, *Journal of Procedia Earth and Planetary Science* 11, 180 – 188.
- Kushla.J.D., Ripple.W.J., 1996, An introduction to digital methods in remote sensing of forested ecosystems: focus on the Pacific Northwest, USA, *Journal of Environmental Management*, Vol: 20, p: 421-435.
- Mars.J.C, Rowan.L.C., 2011, ASTER spectral analysis and lithologic mapping of the Khanneshin carbonate volcano, Afghanistan, *Journal of Geosphere*, Vol: 7, p:276–289.
- Prado, E. M. G., Silva, A. M., Ducart, D. F., Toledo, C. L. B., de Assis, L. M., 2016. Reflectance spectroradiometry applied to a semi-quantitative analysis of the mineralogy of the N4ws deposit, Carajas Mineral Province, Para, Brazil. *Ore Geology Reviews* 78, 101–119.
- Rajendran.S., Al-Khirbasha.S., Pracejusa.B., Nasira.S., Al-Abria.A.H., Kusky.TM., Ghulam.A., 2012, ASTER detection of chromite bearing mineralized zones in Semail Ophiolite Massifs of the northern Oman Mountains: Exploration strategy, *Journal of Ore Geol Rev*, Vol: 44, p: 121–135.
- Rajesh.H.M., 2008, Mapping Proterozoic unconformity-related uranium deposits in the Rockole area, Northern Territory, Australia using Landsat ETM+, *Journal of Ore Geol Rev*, Vol: 33, p: 382–396.

- Rajendran.S., Nasir.S., Kusky.T.M., Ghulam.A., Gabr.S., El-Ghali.M.A.K., 2013, Detection of hydrothermal mineralized zones associated with listwaenites in Central Oman using ASTER data, *Journal of Ore Geology Reviews*, Vol: 53, p: 470–488.
- Rowan.L.C., Mars.J.C., 2003, Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data, *Journal of Remote Sensing of Environment*, Vol: 84, p: 250-266.
- Sengor.A.M.C., 1990, Plate tectonics and orogenic research after 25 years; a Tethyan perspective, *Journal of Earth Sci. Rev*, Vol: 27, p: 1–201.
- Spatz.D.M., Wilson.R.T., 1995, Remote sensing characteristics of porphyry copper systems, western America Cordillera, *Journal of Pierce FW, Bolm JG Arizona Geological Society Digest*, Vol: 20, p: 94–108.
- Takin. M., 1972, Iranian geology and continental drift in the Middle East, *Journal of Nature*, Vol: 23, p: 147–150.
- Velosky.J.C., Stern.R.J., Johnson.P.R., 2003, Geological control of massive sulfide mineralization in the Neoproterozoic Wadi Bidah shear zone, southwestern Saudi Arabia, inferences from orbital remote sensing and field studies, *Journal of Precambrian Res*, Vol: 123, p:235–247.
- Wang.G., D.u, W., Carranza.E.J.M., 2017, Remote sensing and GIS prospectivity mapping for magmatic-hydrothermal base- and precious-metal deposits in the Honghai district, China, *Journal of African Earth Sciences*, Vol: 128, p: 97-11