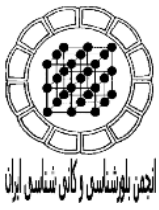
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و یکم، شمارهٔ ۲، تابستان ۹۲، از صفحهٔ ۲۷۷ تا ۲۸۸



مقایسه‌ی رده‌بندی کننده‌های زیر پیکسلی و تمام پیکسلی برای تعیین فراوانی رس و کربنات سازند مارنی میشان با استفاده از داده‌های استر

مجید هاشمی تنگستانی*، محبوبه غلامی

گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

(دریافت مقاله: ۹۰/۸/۳، نسخه نهایی: ۹۱/۲/۳۱)

چکیده: سازند میشان با ترکیب مارن خاکستری و آهک ماسه‌ای یکی از کاملترین مواد خام برای تولید سیمان محسوب می‌شود. بررسی‌های دورسنجی روشی کم‌هزینه‌ای در پی‌جویی منابع معدنی است که به سرعت در حال گسترش است. پردازش‌های زیرپیکسلی پالایش تطبیقی تنظیم شده آمیخته و تمام پیکسلی نقشه‌بردار زاویه‌ی طیفی داده‌های ۹ باندی و ۶ باندی سنجنده استر در برش نمونه سازند میشان و بخشی از رخنمون‌های سطحی آن در روستای جمیله در استان بوشهر با هدف تعیین فراوانی رس (ایلیت) و کربنات (کلسیت و دولومیت) مارن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با استفاده از روش‌های الگوریتم طیفی مخروط محدب بیشترین زاویه‌ی متوالی و ناآمیختگی طیفی تکراری، عضوهای انتهایی تصویر استخراج و با استفاده از آنها فراوانی رس و کربنات مارن آشکارسازی شدند. هر چند خروجی‌های هر دو الگوریتم پهنه‌های تقریبا یکسانی را برای کانی‌های اصلی مارن‌ها آشکار کرده‌اند، خروجی رده‌بندی زیر پیکسلی گستره‌های بیشتری را با فراوانی بالای کربنات نسبت به ایلیت نشان داده‌اند. نتایج حاصل از پردازش زیرپیکسلی دسته داده-های ۶ باندی با مشاهدات میدانی، نتایج طیف‌سنجی و XRD نمونه‌ها تائید شده و این روش را به عنوان رهیافتی کارا برای برنامه‌های پی جویی معرفی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: *سازند میشان؛ پالایش تطبیقی تنظیم شده‌ی آمیخته؛ نقشه‌ی بردار زاویه‌ی طیفی؛ الگوریتم طیفی مخروط محدب بیشترین زاویه متوالی؛ ناآمیختگی تکراری طیفی.*

مقدمه

گسترش نواحی شهری و روستائی در گام اول نیازمند دسترسی به مواد ساختمانی اولیه‌ای مانند سیمان، شن، ماسه و آجر است که اهمیت پی‌جویی اینگونه مواد را دو چندان می‌سازد. به‌دلیل اثرهای زیست محیطی ناشی از استخراج بی‌رویه رس‌های آبرفتی، نگرش تازه‌ای در کشورهای صنعتی و سپس کشورهای در حال توسعه به سوی استفاده از رس‌های سازندی به‌وجود آورده است. سازند میشان با ترکیب مارن خاکستری و آهک ماسه‌ای یکی از کامل‌ترین مواد خام برای تولید سیمان محسوب شده و گاهی آهک‌های خالص‌تر آن برای تولید آهک مناسب است [۱]. از طرف دیگر بررسی‌های سنجش از دور یکی از روش‌های کم هزینه و به سرعت در حال توسعه است. تصاویر

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۷۳۱۷۰۲۰۰، نمابر: ۲۲۸۴۵۷۲ (۰۷۱۱)، پست الکترونیکی: tangestani@susc.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

ماهواره‌ای حاوی اطلاعات با ارزشی برای شناسائی و بررسی مارن‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده آن است. اطلاعات به‌دست آمده از تصاویر دورسنجی، در واقع ثبت مقدار بازتاب سطحی هر ماده در میدان دید لحظه‌ای سنجنده است که به ندرت از برهمکنش یک ماده همگن حاصل می‌شود[۲]. در واقع، به دلیل ناهمگنی پوشش‌های سطح زمین، چند پوشش خالص با هم در یک پیکسل ظاهر می‌شوند و برخی از پوشش‌ها نیز، به طور ذاتی طبیعت آمیخته دارند [۳]. از این رو این پیکسل‌ها را (برخلاف پیکسل‌های خالص که دارای نشان طیفی واحدند) به‌عنوان پیکسل آمیخته می‌شناسند. در روش‌های معمول رده بندی تصاویر، همه‌ی پیکسل‌ها را خالص فرض می‌کنند و در نتیجه هر پیکسل، منحصراً به یک رده تعلق دارد و این در حالیست که در رده‌بندی پیکسل‌های آمیخته، یک پیکسل می‌تواند در بیش از یک رده قرار گیرد. حل مشکل پیکسل‌های آمیخته به‌عهده رده‌بندی کننده‌های زیرپیکسلی است. روش‌های زیرپیکسلی[1] برای استخراج مولفه‌های پیکسل، محاسبه کمی مواد هدف در هر پیکسل از تصویر و در پایان تشخیص بیش از یک نوع پوشش زمینی موجود در هر پیکسل از تصویر به کار گرفته می‌شود [۴]. مدل آمیختگی طیفی از جمله روش‌هائی است که برای تعیین و شناسائی پوشش زمینی در سطح زیرپیکسل استفاده می‌شود. روش‌های ناآمیختگی طیفی خطی[2] و پالایش تطبیقی تنظیم شده‌ی آمیخته[3]، دو نمونه از این مدل هستند که در این بررسی استفاده شدند. LSU کسر اجزای موجود در آمیخته را تعیین می‌کند و MTMF فراوانی عضوهای انتهایی را با استفاده از ناآمیختگی بخشی مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۵]. در پردازش‌های تمام پیکسلی[4] فراوانی یک یا چند ماده‌ی هدف براساس شباهت بین طیف اعضای انتهایی و طیف پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای تعیین می‌شود. در این نوع پردازش‌ها، یک پیکسل به عنوان یک رده‌ی زمینی واحد مطرح می‌شود. الگوریتم نقشه بردار زاویه‌ی طیفی[5] از جمله این پردازش‌هاست. هدف این کار پژوهشی، بررسی طیفی، آشکارسازی و ارزیابی زیرپیکسلی و تمام پیکسلی کانی‌های رسی و کربناتی دو بخش از رخنمون سطحی مارن میشان با استفاده از طیف تصویر داده‌های فروسرخ[6] و مرئی + فروسرخ[7] سنجنده استر است. به منظور مقایسه‌ی کارآیی رده‌بندی کننده‌های زیرپیکسلی و تمام پیکسلی، نتایج الگوریتم‌ها با یکدیگر و با مشاهدات میدانی و نقشه‌ی زمین شناسی مقایسه و کنترل شدند.

زمین‌شناسی

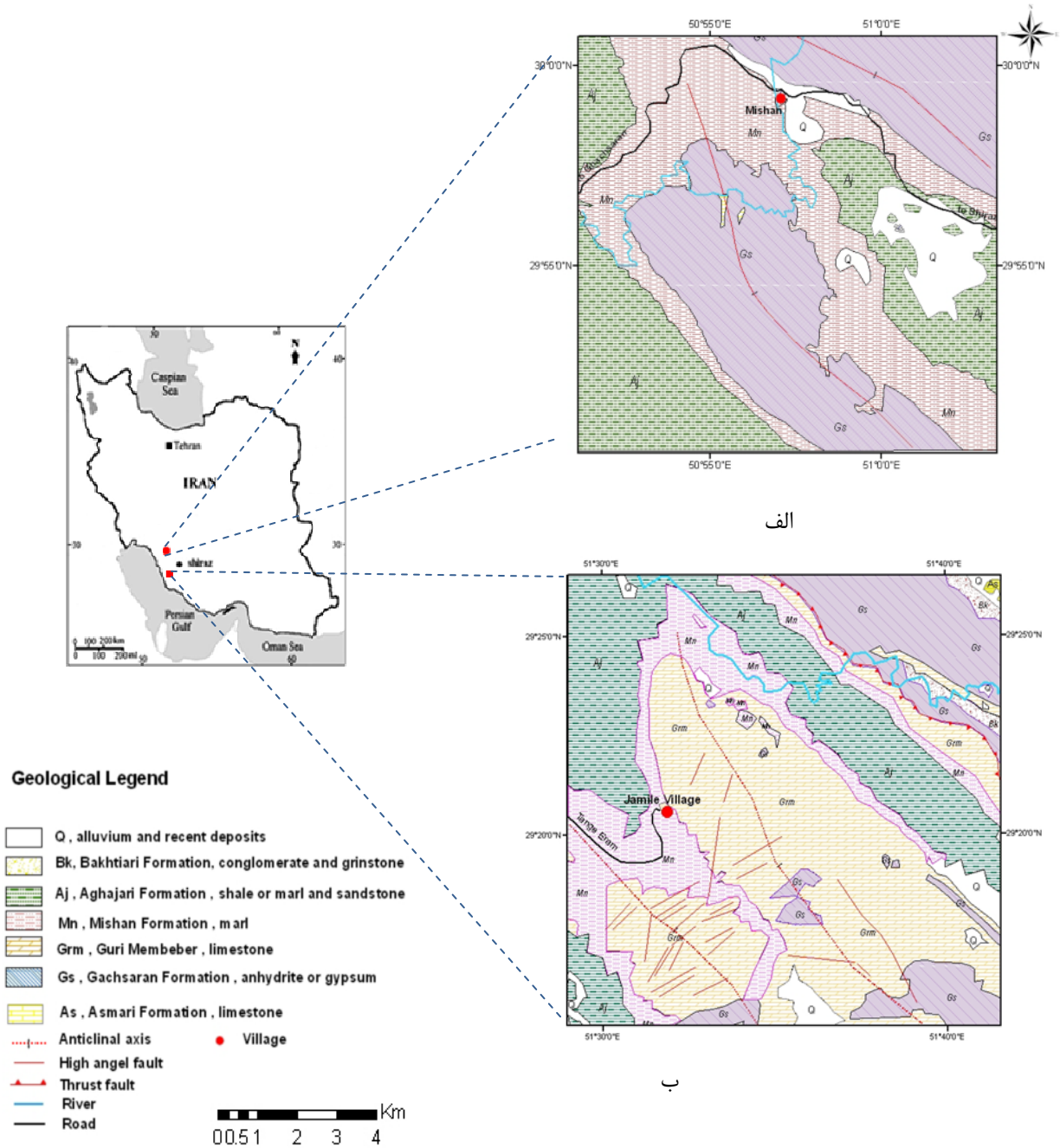
سازند میشان با سن میوسن زیرین تا میانی، به گروه فارس در حوضه زاگرس وابسته بوده و در برش نمونه، مرکب از مارن‌های خاکستری و آهک‌های رسی مملو از پوسته و صدف سنگواره و نسبتاً سخت به رنگ زرد هوازده تا کرم است. حد پائینی این سازند با سازند گچساران ناگهانی و همساز بوده و حد بالائی آن با سازند آغاجاری همساز و به طور معمول تدریجی است. این سازند به‌صورت بخش آهکی گوری نیز دیده می‌شود که از آهک‌های کرم رنگ، سخت و برجسته به رنگ هوازده قهوه‌ای در تناوب با لایه‌های نازک مارن خاکستری تشکیل شده است [۱]. سازند میشان از برش نمونه به سوی مناطق شمال شرقی بیشتر ماسه‌ای و در فارس داخلی و بندرعباس بیشتر سیلتی است. در فارس ساحلی آثار ته‌نشست دوباره‌ی مواد سازند هرمز به‌صورت لایه‌های سرخ رنگ در سازند میشان دیده می‌شود[۶]. از نظر گسترش جغرافیایی، بخش آهک گوری در بخش مرکزی و جنوب شرقی فارس دیده شده و از فارس به سمت خوزستان از ضخامت این آهک‌ها کاسته می‌شود. در این برش نمونه سازند در روستای میشان در استان فارس (طول جغرافیایی ´۵۱ °۵۰ تا ´۰ °۵۱ وعرض جغرافیایی ´۵۷ °۲۹ تا ´۱ °۳۱) و نیز رخنمون‌های آن در اطراف روستای جمیله در استان بوشهر (طول جغرافیایی ´۳۰ °۵۱ تا ´۴۵ °۵۱ و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۲۹ تا ´۳۰ °۲۹) مورد بررسی قرار گرفت (شکل۱). عضو آهکی گوری در منطقه‌ی جمیله حضور دارد ولی در منطقه‌ی دهستان میشان دیده نمی‌شود. در هر دو منطقه‌ی مورد بررسی، تنوع رنگ در مارن‌ها وجود نداشته و به‌طور عمده

1- Sub-Pixel Methods
2- Linear Spectral Unmixing(LSU)
3- Mixture Tuned Matched Filtering(MTMF)
4- Per-Pixel Methods
5- Spectral Angle Mapper(SAM)

6- Short Wave Infrared(SWIR)
7- Visible Near Infrared + Short Wave Infrared (VNIR + SWIR)

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

خاکستری و در برخی موارد سرخ رنگ بوده‌اند. واریزه‌های کوهرفتی روی مارن‌ها در هر دو منطقه حضور داشته و گاهی واریزه‌ها تمامی مارن را می‌پوشانند. به‌منظور بررسی دقیقتر، نمونه‌هایی از واریزه‌های هر دو منطقه گردآوری و مقاطع نازکی از آن‌ها تهیه شدند. بررسی این مقاطع نشان داد که واریزه‌ها بیشتر از آهک اسپارایتی، کمی اکسید آهن و کوارتز تشکیل شده است. نتایج آنالیز XRD نمونه‌های سازند میشان نشان می‌دهد که کانی‌های غیر رسی مهم تشکیل دهنده در هر دو منطقه شامل کلسیت، دولومیت، کوارتز بوده و کانی‌های مهم رسی عبارتند از: ایلیت، ایلیت – موسکویت و کلریت.



شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی مناطق مورد بررسی بر اساس نقشه‌های ۱۰۰۰۰۰ : ۱ گناوه، بوذپر، الف: روستای میشان(گناوه) ؛ ب : روستای جمیله (بوذپر).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

روش بررسی

تصاویر استر و پیش پردازش داده‌ها

سنجنده‌ی ASTER در سال ۱۹۹۹ سوار بر ماهواره‌ی Terra به فضا پرتاب شد. از آنجا که این سنجنده دارای توان تفکیک مکانی و طیفی نسبتاً بالایی است از همان ابتدا به‌طور گسترده توسط زمین‌شناسان مورد استفاده قرار گرفت. این سنجنده دارای ۱۴ باند در گستره‌های مرئی- فروسرخ نزدیک (VNIR) با توان تفکیک ۱۵ متر، فروسرخ موج کوتاه (SWIR) با توان تفکیک ۳۰ متر و فروسرخ گرمائی (TIR) با توان تفکیک ۹۰ متر است [۷]. تصویر منطقه‌ی میشان در تاریخ ۱۰ دسامبر ۲۰۰۸ و تصویر منطقه‌ی جمیله در تاریخ ۲۷ سپتامبر ۲۰۰۵ برداشت شدند. در این پژوهش از دو دسته داده‌ی ۹ باندی و ۶ باندی استفاده شد. نخست داده‌های VNIR و SWIR بر اساس توان تفکیک مکانی داده‌های VNIR بازنویسی شدند تا تمام پیکسل‌های داده‌های ۹ باندی دارای ابعاد ۱۵×۱۵ متر باشند. سپس به منظور کنترل نتایج پردازش‌ها بر مبنای گستره‌ی متناظر زمینی پیکسل‌های تصویر، این دسته داده‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تصحیح هندسی شدند. مقادیر ثبت شده در هر پیکسل در تصاویر سنجش از دور ثبت واقعی تابش‌های زمینی در آن نقطه نیست به طوری که بزرگی و مقدار عدد تابشی زمین به‌دلیل جذب جوی کاهش یافته و خواص جهت‌دار آن به دلیل پخش جوی تغییر می‌کند. در این پژوهش روش میانگین بازتاب نسبی درونی (IARR)[۸] برای از بین بردن اثرهای جوی استفاده شد. در این روش یک طیف میانگین از کل صحنه تصویر محاسبه شده و به عنوان طیف مرجع به طیف‌های هر پیکسل در تصویر تقسیم می‌شود تا بازتاب‌های واقعی و نرمال حاصل شود. روش IARR برای تعدیل داده‌های طیفی به بازتاب نسبی در مناطق خشک و نیمه خشک و با پوشش گیاهی اندک که هیچ‌گونه اندازه‌گیری خاص زمینی نیز برای آن وجود ندارد و اطلاعات اندکی از منطقه موجودند، موثر است[۸]. کارایی این روش پیشتر توسط تنگستانی و همکاران نشان داده شد [۹،۸].

8- Internal Average Relative Reflectance(IARR)

انتخاب عضوهای انتهایی[۹]

عضو انتهایی عبارتست از بازتاب طیف خالصی که از یک ماده‌ی هدف به سنجنده برسد، بدون آن که اختلاطی با ماده‌ی دیگر داشته باشد[۱۰]. عضوهای انتهایی می‌توانند از کتابخانه طیفی یا خود تصویر استخراج شوند. انتخاب عضوها از تصویر به دلیل این که به‌دست آوردن اطلاعات در مقیاس تصویر انجام می‌شود، دقت قابل قبولی دارد، ضمن اینکه این شیوه ساده‌تر، و در عین حال قابل اعتمادتر از تکیه بر کتابخانه‌های طیفی است [۱۱]. در انتخاب عضوهای انتهایی از تصاویر سنجنده‌های چندطیفی روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در اینجا روش الگوریتم طیفی مخروط بیشترین زاویه‌ی متوالی SMACC[10] در هر دو دسته از داده‌ها در مناطق مورد بررسی به کار گرفته شد. در این روش عضوهای انتهایی به‌طور مستقیم از مجموعه داده‌ها انتخاب می‌شوند. SMACC تنها با یک عضو خالص شروع می‌کند و به‌طور افزایشی بر تعداد عضوها می‌افزاید [۱۲]. این مدل برای شناسائی عضو انتهایی از محدودیت‌های مثبت بودن[۱۱] یا حاصل جمع تا یک یا کمتر[۱۲] استفاده می‌کند. الگوریتم SMACC می‌تواند موقعیت پیکسل خالص را به‌طور دقیق به‌دست بیاورد. نرم افزار ENVI به‌صورت قراردادی تعداد ۳۰ عضو انتهایی با اعمال هر کدام از محدودیت‌های این الگوریتم از داده‌ی اولیه استخراج می‌کند. این الگوریتم روی داده‌های درجه‌بندی شده‌ی استر در هر دو منطقه و با احتساب محدودیت مثبت بودن انجام شد، و تعداد ۳۰ عضو انتهایی برای هر دسته از داده‌های ۶ و ۹ باندی در هر دو منطقه حاصل شدند. در مرحله بعد برای کاهش تعداد و انتخاب مناسب‌ترین عضوهای انتهایی، ۳۰ عضو به‌دست آمده برای هر دسته از داده‌ها در پردازه‌ی نا آمیخته‌ی طیفی تکراری ISU[13] درونداد شدند.

ناآمیختگی طیفی تکراری(ISU)

در مدل ناآمیختگی خطی، محتوای هر پیکسل را یک ترکیب خطی از تعدادی پوشش‌های خالص یا عضو انتهایی در نظر

9- Endmember
10 - Sequential Maximum Angle Convex Cone (SMACC)
11- Positivity
12- Sum-to-Unity or Less
13- Iterative Spectral Unmixing(ISU)

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

می‌گیرند و فرض بر این است که هر فوتون که به سنجنده می‌رسد، تنها از یک عارضه‌ی خالص بازتابیده شده است. ناآمیختگی طیفی خطی (LSU)، فنی است که برای رده‌بندی تصاویر در سطح زیرپیکسل و برای تعیین نسبت مواد تشکیل‌دهنده در یک پیکسل براساس مشخصات و ویژگی‌های طیفی که در تصاویر ماهواره‌ای به ثبت رسیده است قادر به تعیین فراوانی نسبی مواد است [۱۳]. در این مدل بیشترین تعداد عضو انتهایی قابل بررسی برابر تعداد باندها منهای یک بوده و نتایج به میزان زیاد وابسته به تعداد و نوع عضوهای انتهایی ورودی است. خروجی LSU به‌صورت تصاویر خاکستری به ازای هر عضو انتهایی خواهد بود و کسر فراوانی هر عضو انتهایی باید بین صفر و یک باشد [۱۴].

در واقع ISU گزینه‌ی تکراری فرآیند ناآمیختگی طیفی خطی است. در روش ناآمیختگی طیفی تکراری نخست تعداد مناسبی از عضوهای انتهایی احتمالی موجود در پیکسل‌های تصویر که با استفاده از الگوریتم‌های انتخاب عضوهای انتهایی به دست آمده‌اند انتخاب و برای اجرای مراحل تکراری به مدل ناآمیختگی طیفی تکراری درونداد می‌شود. در ادامه، طی اجرای فرآیند تکراری به طور پی در پی، بزرگترین مقادیر منفی (در صورت نبود مقادیر منفی، مقادیر مثبت کوچکتر) در مجموعه عضوهای انتهایی درونداد شده حذف می‌شوند. این فرآیند تا جایی که تعداد عضوهای انتهایی برابر تعداد باندها منهای یک باشد ادامه می‌یابد [۱۵].

به‌دلیل پوشش گیاهی متوسط تا زیاد، تنوع رخنمون‌های کانیایی و سنگی و تفاوت در میزان فراوانی آن‌ها در گستره‌ی پیکسلی، ۳۰ عضو انتهایی به‌دست آمده از الگوریتم SMACC دارای سیماهای طیفی مختلفی بودند. تنوع در پوشش زمین به‌طور معمول به تولید عضوهای انتهایی با رفتار طیفی متفاوت نسبت به عضوهای طیفی مورد نظر می‌انجامد که طبعاً نمیتواند در الگوریتم‌های طیف پایه مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این که این پژوهش در پی تعیین کسر فراوانی کانی‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی مارن، یعنی رس‌ها و کربنات بوده است، از منحنی‌های طیفی با بیشترین شباهت به سیماهای طیفی این کانی‌ها، استفاده شد. با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناختی و کانی‌شناختی منطقه و به منظور کاهش عضوهای انتهایی استخراجی از SMACC، از گزینه‌ی تکراری فرآیند LSU استفاده شد. در نتیجه با حذف عضوهای انتهایی منفی‌تر تعداد ۸ عضو انتهایی برای دسته داده ۹ باندی و ۵ عضو انتهایی برای دسته داده ۶ باندی در هر دو منطقه برای اجرای پردازش‌های بعدی انتخاب شدند.

برای شناسائی و بررسی ویژگی‌های جذبی طیف‌های خروجی SMACC از کتابخانه طیفی USGS استفاده شد. بدین منظور این کتابخانه طیفی به ۹ باند بازتابی استر بازنویسی شد. از میان طیف‌ها، عضوهای انتهایی مشابه با رس‌ها و کربنات انتخاب شدند. در منطقه‌ی دهستان میشان در دسته داده‌های ۹ باندی (شکل ۲ الف) عضو انتهایی ۱۶ جذب قوی در باند ۸ و جذب ناچیزی در باند ۵ دارد که معرف سیمای طیفی کانی کلسیت است. عضو انتهایی که به تنهایی نشان‌دهنده‌ی کانی رسی است، در این دسته طیف وجود ندارد و تنها عضو انتهایی ۱۵ طیف آمیخته‌ای است که در باندهای ۶ و ۷ جذب دارد که نشان‌دهنده‌ی کانی ایلیت و دولومیت است. در دسته داده‌ی ۶ باندی این منطقه (شکل ۲ ب) طیف عضو انتهایی ۲۹ با جذب مشخص در باندهای ۷ و ۸ با طیف کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) سازگار است. عضو انتهایی ۳، جذب مشخصی در باندهای ۸ و ۵ دارد که معرف سیمای طیفی کلسیت است. عضو انتهایی ۸ نیز جذبی قوی در باند ۶ و جذب ضعیف‌تری در باند ۸ دارد که نشان دهنده‌ی حضور مخلوط ایلیت و کلسیت است.

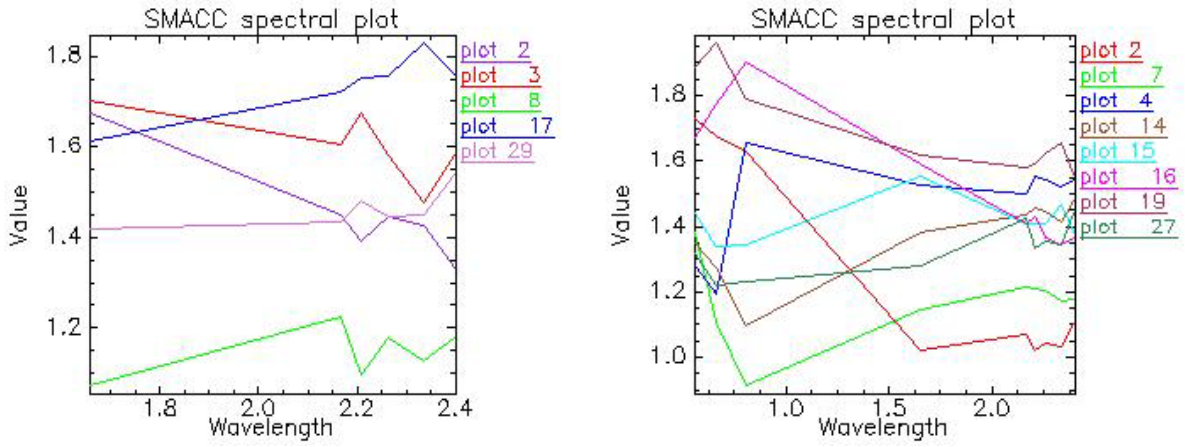
در منطقه‌ی روستای جمیله در دسته داده‌های ۹ باندی عضو انتهایی ۱۷ (شکل ۳ الف)، با جذب مشخص در باندهای ۷ و ۸، نمایانگر سازگاری طیف این عضو با طیف کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) است.از بین ۸ عضو انتهایی داده‌ی ۹ باندی جمیله، عضو انتهایی که به تنهایی نشان‌دهنده‌ی کانی رسی باشد وجود ندارد؛ البته عضوهای انتهایی ۴ و ۲۷ طیف‌های آمیخته‌ای با جذب در باند ۶ و ۸ هستند که نشان‌دهنده‌ی حضور ایلیت و کلسیت است. در دسته داده‌های ۶ باندی عضو انتهایی ۲۴ (شکل۳ ب) با جذب در باند ۸ با طیف کانی کلسیت سازگار است و عضو انتهایی ۲۱ با جذب مشخص در باند ۶ سازگاری این عضو با طیف کانی ایلیت را نشان می‌دهد. با توجه به طبیعت آمیخته‌ی مارن، طیف‌های استخراج شده از تصویر بیشتر، طیف‌های آمیخته از دو نشان طیفی بودند. براساس فرضیه‌ی آمیختگی طیفی خطی هر چه عمق باند جذبی در سیمای طیفی بیشتر باشد نشان دهنده‌ی فراوانی بیشتر آن عضو در پیکسل مورد نظر خواهد بود که برای تعیین

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

کسر زیرپیکسلی رس و کربنات از همین اصل استفاده شد. برای مثال جذب قوی‌تری در باند ۶ نسبت به ۸ در عضو انتهایی ۸ از دسته داده‌های ۶ باندی منطقه میشان نشان‌دهنده‌ی مقدار بیشتر ایلیت نسبت به کلسیت است.

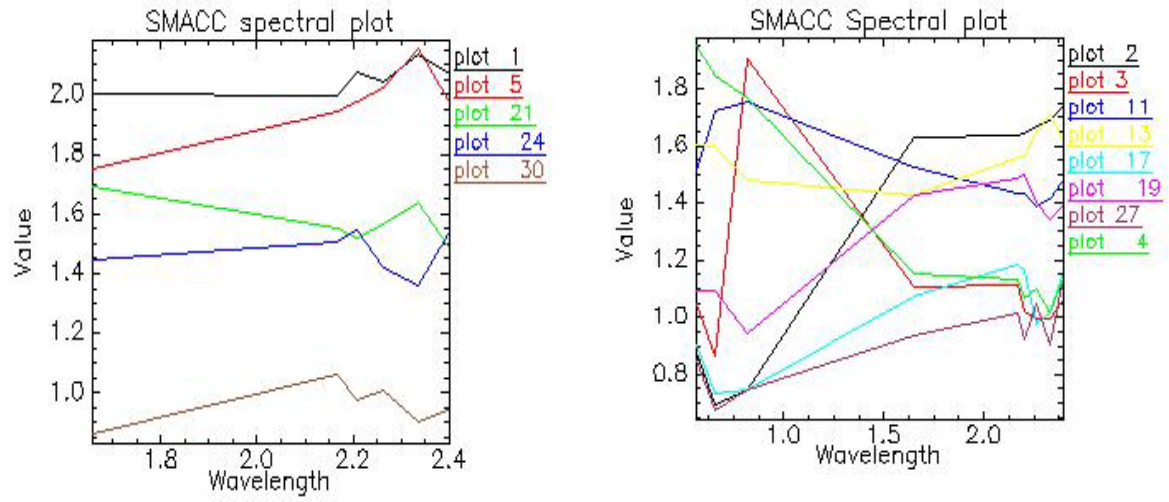
پالایش تطبیقی تنظیم شده‌ی آمیخته (MTMF)

پالایش تطبیقی تنظیم شده‌ی آمیخته، نوعی روش رده‌بندی زیرپیکسلی است که طی آن فقط هدف‌های تعریف شده توسط کاربر نقشه‌برداری می‌شود. مهمترین برتری MTMF این است که به تمام عضوهای انتهایی موجود در تصویر برای تحلیل‌ها نیازی نیست [۱۶]. نتایج MTMF به صورت دو دسته از تصاویر ظاهر می‌شوند که شامل تصویر پالایش برازش یافته‌ی (MF) و تصویر با ارزش امکان ناپذیری به ازای هر عضو انتهایی است. با مقایسه‌ی داده‌های این دو تصویر در فضای دو بعدی می‌توان پیکسل‌هایی با مقادیر MF بالا و ارزش امکان ناپذیری پایین را انتخاب و عمل نقشه برداری را مورد ارزیابی قرار داد [۱۷]. الگوریتم MTMF با عضوهای انتهایی به‌دست آمده از SMACC روی هر دو دسته داده اعمال شد، و با نمودار پراکنش دو بعدی پیکسل‌هایی با ارزش امکان ناپذیری پایین‌تر از ۰/۵ و ارزش‌های بین ۱-۰ از خروجی پالایش تطبیق یافته جدا شدند. کسر فراوانی و توزیع مکانی کانی‌های کربناتی و رسی در هر دو منطقه‌ی حاصل از این روش به روی دسته‌ی داده ۶ باندی استر، در شکل‌های ۶ تا ۹ نشان داده شده‌اند.



الف ب

شکل ۲ طیف‌های SMACC حاصل از ناآمیختگی طیفی تکراری منطقه‌ی دهستان میشان، الف : دسته داده‌های ۹ باندی؛ ب: دسته داده‌های ۶ باندی.



الف ب

شکل ۳ طیف‌های SMACC حاصل از ناآمیختگی طیفی تکراری منطقه‌ی جمیله، الف: دسته داده‌های ۹ باندی ؛ ب: دسته داده‌های ۶ باندی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

نقشه برداری زاویه‌ی طیفی (SAM)

نقشه‌برداری زاویه طیفی یک روش رده‌بندی طیفی نظارت شده است. این پردازه از راه مقایسه‌ی تشابه طیفی بین طیف‌های بازتابی تصویر و مرجع، عمل نقشه‌برداری واحدهای زمین-شناختی را انجام می‌دهد [۱۸]. این الگوریتم شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل را با محاسبه‌ی زاویه بین طیف‌ها مورد بررسی قرار داده و در خروجی‌های آن، زاویه‌هایی که به صفر نزدیک‌تر باشند نتیجه بهتری را نشان می‌دهند [۱۹]. الگوریتم SAM با استفاده از طیف‌های حاصل از ناآمیختگی طیفی تکراری اجرا و با استفاده از روش برش چگالی[14]، مناطقی که کوچکترین زاویه‌ی طیفی را داشتند، آشکار و خروجی‌های آن بر اساس نقشه‌ی زمین‌شناسی و مشاهدات میدانی ارزیابی شدند. گستره‌ی زاویه‌ی طیفی تصاویر rule و زاویه‌های طیفی انتخاب شده برای ۴ عضو انتهایی کانی‌های رسی و کربناتی آشکار شده در هر دو منطقه مربوط به دسته داده‌ی ۶ باندی در جدول ۱ و نیز توزیع مکانی این عضوهای انتهایی در شکل‌های ۶ تا ۹ نشان داده شده‌اند.

مقایسه‌ی طیف تصویر با طیف صحرائی

با بازدیدهای صحرائی که در آبان ۱۳۸۹ از دو منطقه‌ی مورد نظر انجام گرفت ۳۰ نمونه گردآوری شدند. طیف نمونه‌های صحرایی با استفاده از طیف نگار (ASD) [15] در گستره‌ی طیف-های بازتابی ۰/۴ تا ۲/۵ میکرومتر اندازه‌گیری و سپس بر اساس ۹ باند مرئی- فروسرخ موج کوتاه استر بازنویسی شدند. رفتار طیفی نمونه‌های گردآوری شده در گستره‌ی بازتابی طیف الکترومغناطیسی تقریباً مشابه و جذب اصلی بیشتر طیف‌ها در باندهای ۶ و ۸ استرند که جذب در باند ۶ مربوط به کانی رسی (ایلیت) بوده و جذب در باند ۸ به کانی‌های کربناتی موجود در مناطق مورد بررسی وابسته است. با توجه به شکل ۵ الف ، جذب در گستره‌ی ۲/۲۲ و ۲/۲۵ میکرومتر (به‌دلیل حالت ارتعاشی Al-OH) به کانی ایلیت (باند ۶ استر)، و جذب در گستره‌ی ۲/۳۳-۲/۲۶ میکرومتر (به دلیل باند ارتعاشی C-O در CO_3) به حضور کانی‌های کلسیت و دولومیت (باند ۸ استر) وابسته‌اند[۲۰]. همچنین جذب ضعیفی در ۰/۸۲ میکرومتر (باند ۳ استر، فروسرخ نزدیک) وجود دارد که می‌تواند نشان-دهنده‌ی حضور اکسیدهای آهن در نمونه‌ها باشد[۲۰]. جذب مشخص در گستره‌ی ۱/۴ میکرومتر طیف‌های شکل ۴ الف نشانگر کشیدگی OH و باند جذبی مشخص در گستره‌ی ۱/۹ میکرومتر نمایانگر خمیدگی H-O-H است. از واریزه‌های کوهرفتی موجود در مارن‌ها در هر دو منطقه نیز نمونه‌برداری شد. طیف این نمونه‌ها با جذب اصلی در باند ۸ استر نشانگر کربناتی بودن این واریزه‌هاست (شکل۵). چنانکه پیشتر گفته شد، بر مبنای فرضیه آمیختگی طیفی خطی هر چه عمق باند جذبی در سیمای طیفی بیشتر باشد نشان دهنده‌ی فراوانی بیشتر آن عضو در پیکسل مورد نظر خواهد بود. نکته‌ی قابل توجه در طیف‌های به‌دست آمده در نمونه‌های صحرائی جذب شدیدتر در باند ۸ نسبت به باند ۶ است که نشانگر مقدار بالاتر کربنات نسبت به رس در نمونه‌های مارن است و این مارن‌ها را می‌توان در دسته آهک مارنی رده‌بندی کرد.

بحث و بررسی

مارن میشان از نظر کانی‌شناسی بیشتر از کانی‌های رسی و کربناتی و دیگر ناخالصی‌ها به‌وجود آمده و از این رو، عضوهای انتهایی حاصل از الگوریتم SMACC روی دسته داده‌های ۶ و ۹ باندی در هر دو منطقه نمایانگر طیف‌های آمیخته کلسیت، دولومیت، ایلیت، ژیپس و دیگر کانی‌های فرعی است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

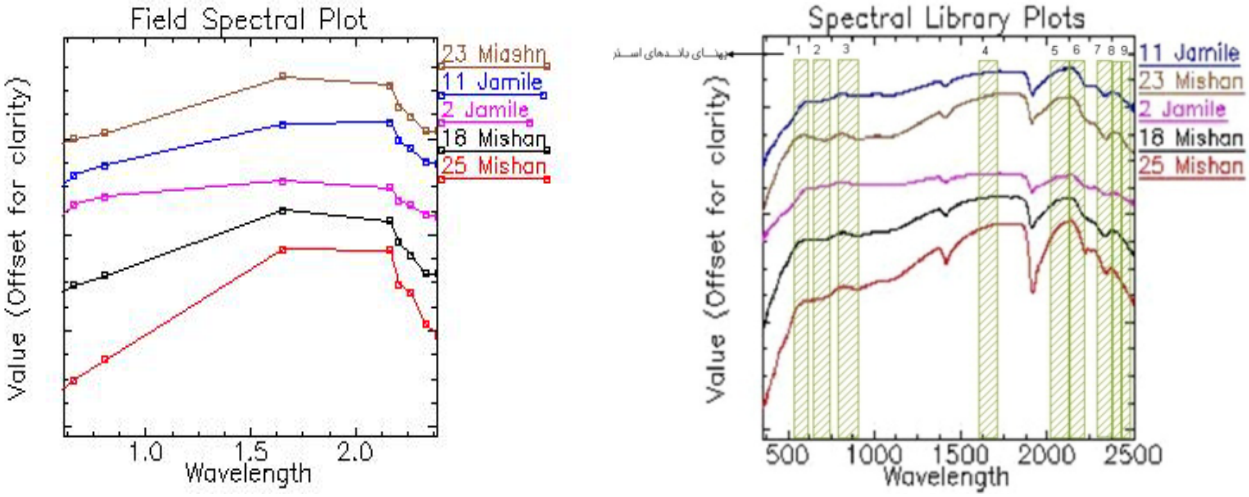
مقایسه طیف‌های SMACC برای هر دو دسته داده‌ی ۶ و ۹ باندی نشان داد که گرچه به‌دلیل تنوع در نوع کانی‌ها و میزان حضور آن‌ها در هر پیکسل، طیف‌های حاصل باندهای جذبی یکسانی دارند، ولی تفاوت اصلی طیف‌های این دو دسته باند در شیب سیماهای طیفی و میزان عمق جذب آن‌هاست که هر دوی این پارامترها در طیف‌های دسته داده‌ی ۶ باندی هر دو منطقه قوی‌تر است. به دلیل متمرکز شدن سیماهای جذبی اصلی کانی‌های تشکیل دهنده‌ی مارن (رس و کربنات‌ها) در بخش فروسرخ طیف الکترومغناطیسی و نیز تداخل رفتار طیفی مواد دیگر مانند اکسیدهای آهن و گیاهان با مارن در گستره‌ی VNIR، سیماهای روشن‌تری در گستره‌ی SWIR به‌وجود آمده است.

14 - Density slice
15 - Analytical Spectral Devices

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

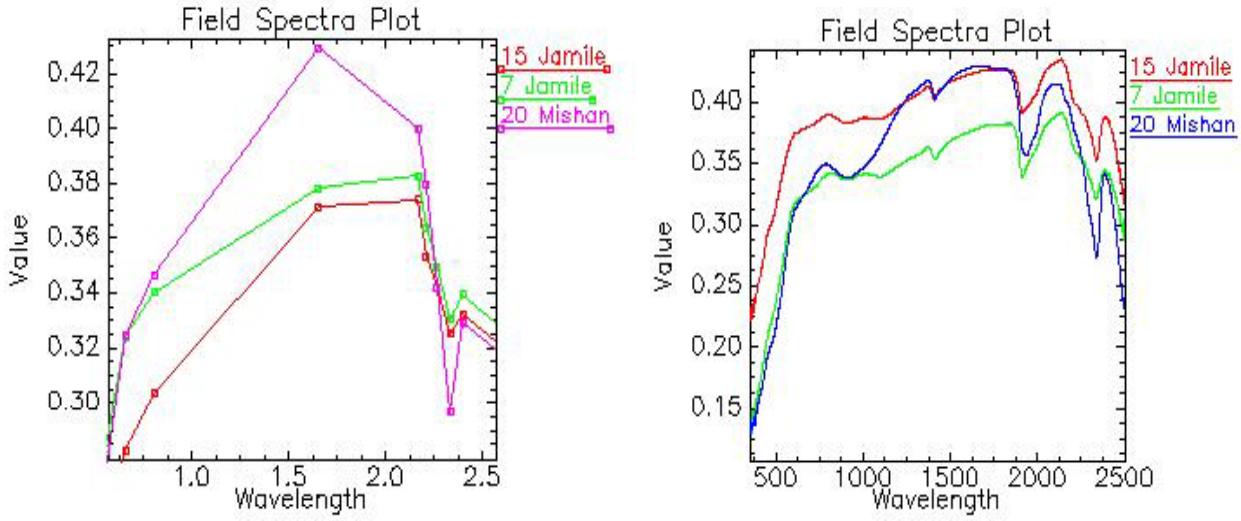
جدول ۱ زاویه‌های طیفی عضوهای انتهایی برجسته شده در تصویرهای rule حاصل از الگوریتم SAM.

	عضو انتهایی	زاویه طیفی انتخاب شده	محدوده زاویه طیفی تصویر rule
روستای میشان	۲۹ (کلسیت و دولومیت)	۰٫۰۰۴ - ۰٫۰۱۵	۰٫۰۰۴ -۰٫۰۷۶
	۸ (ایلیت)	۰٫۰۰ -۰٫۰۳۵۹	۰٫۰۰ -۰٫۰۹۵
روستای جمیله	۲۴ (کلسیت)	۰٫۰۰۳ - ۰٫۰۴۰	۰٫۰۰۳ – ۰٫۴۱۳
	۲۱ (ایلیت)	۰٫۰۱۰ - ۰٫۰۴۰	۰٫۰۱۰ – ۰٫۴۲۴



ب الف

شکل ۴ منحنی‌های طیفی ۵ نمونه از مارن‌ها از هر دو منطقه‌ی مورد بررسی، الف: منحنی مربوط به طیف سنجی نمونه‌ها؛ ب: منحنی طیفی بازنویسی شده براساس ۹ باند استر.



ب الف

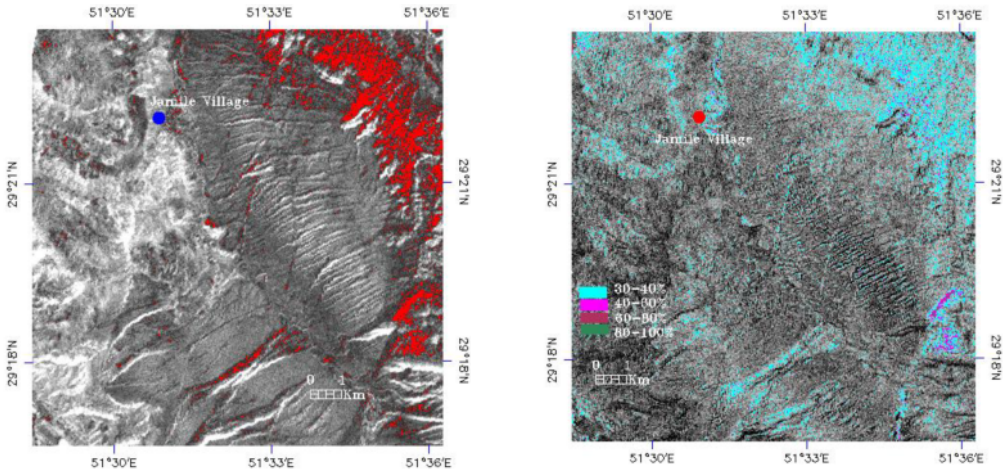
شکل ۵ منحنی‌های طیفی واریزه‌های مارن در هر دو منطقه، الف : منحنی مربوط به طیف سنجی نمونه‌ها ؛ ب: منحنی طیفی بازنویسی شده براساس ۹ باند استر.

در طیف‌های تصویر هر دو منطقه جذب در باندهای ۶ و ۸ از روشنترین سیماهای طیفی بوده که جذب در باند ۶ حضور ایلیت و جذب در باند ۸ حضور کلسیت را نشان می‌دهد. بررسی نتایج حاصل از سیماهای طیفی استخراج شده از الگوریتم

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

SMACC و طیف نمونه‌های صحرائی نشان می‌دهد که تفاوت عمده‌ای از نظر کانی‌شناختی بین دو منطقه وجود ندارد. طیف تصویر و طیف نمونه‌های صحرائی به طور کلی با هم سازگار بوده و باندهای جذبی اصلی در طیف نمونه‌های هر دو منطقه مشابه‌اند.

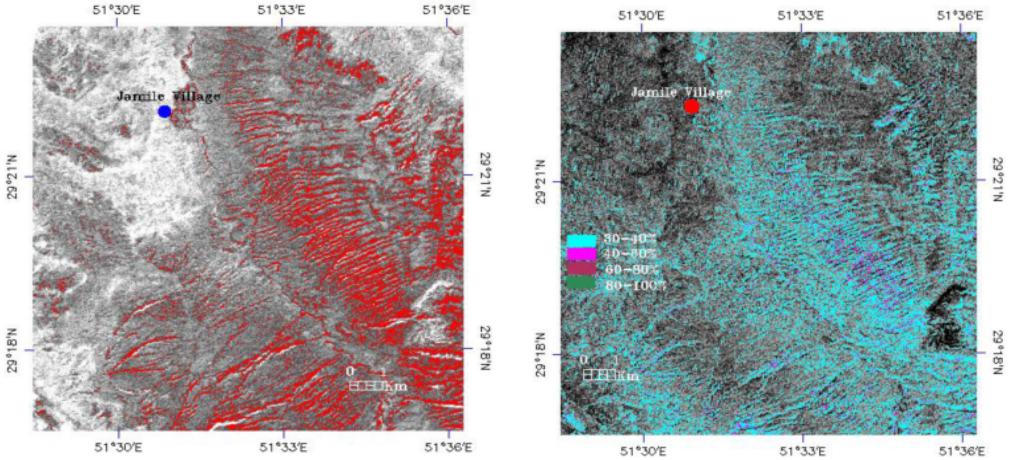
چنانکه گفته شد، در داده‌ی ۹ باندی هر دو منطقه عضو انتهایی که به تنهایی نشان‌دهنده‌ی سیمای طیفی ایلیت باشد، وجود نداشت به همین دلیل و با توجه به هدف مقاله، تنها نتایج رده‌بندی داده‌ی ۶ باندی بررسی می‌شود. نتایج کمّی داده‌ی ۶ باندی در هر دو منطقه برای الگوریتم MTMF قابل قبول و تمام تصاویر MF ارزش‌های بین ۱-۰ داشتند. با توجه به این که کسرهای پائین‌تر از ۳۰ درصد به ارزش‌های زمینه ناشناخته نزدیک‌تر و دارای دقت پائین‌تری هستند، خروجی-هایی با کسر فراوانی بالاتر از ۳۰ درصد انتخاب شدند تا خروجی‌ها صحت لازم را نسبت به طیف هدف داشته باشند. توزیع مکانی پیکسل‌هایی با فراوانی ۱۰۰-۵۰ درصد برای کانی ایلیت (عضو انتهایی ۲۱) در منطقه‌ی جمیله بیشتر بر رخنمون‌های سازند میشان در بخش شمال شرقی منطقه و اطراف روستای جمیله و نیز بر بخش‌هایی از سازند گچساران منطبق است (شکل ۶ الف). توزیع مکانی پیکسل‌های با فراوانی ۱۰۰-۵۰ درصد برای کانی کلسیت (عضو انتهایی ۲۴) در منطقه‌ی جمیله بیشتر در بخش گوری سازند میشان (شکل ۷ الف)، و پیکسل‌هایی با فراوانی ۱۰۰-۴۰ درصد از کانی ایلیت (عضو انتهایی ۸) در بخش غربی رخنمون‌های سازند میشان در منطقه روستای میشان قرار دارند (شکل ۸ الف). توزیع مکانی پیکسل‌های با فراوانی ۱۰۰-۶۰ درصد برای کانی کلسیت و دولومیت (عضو انتهایی ۲۹) بیشتر در کوه میشان دیده می‌شوند (شکل ۹ الف). بررسی نتایج MTMF نشان می‌دهد که در هر دو منطقه فراوانی پیکسل‌هائی با غنی‌شدگی بالای ۷۰٪ برای کانی ایلیت پائین ولی کانی‌های کربناتی کلسیت و دولومیت غنی‌شدگی بیشتری را نشان می‌دهند و پیکسلهائی با فراوانی بالای ۷۰ درصد فراوان است؛ از این رو مارن‌های این دو منطقه را می‌توان جزء دسته آهک مارنی رده‌بندی کرد. مقایسه‌ی نتایج رده‌بندی زیر پیکسلی MTMF با رده‌بندی تمام پیکسلی SAM نشان داد که در نقاط با درصد فراوانی بالا هر دو الگوریتم تقریبا پهنه‌های یکسانی را برجسته کرده‌اند و نتایج هر دو با هم سازگارند، ولی خروجی‌های به‌دست آمده از الگوریتم MTMF نسبت به خروجی‌های SAM دارای نتایج مناسب‌تر و غنی‌شدگی با دقت بیشتر بوده، و از پتانسیل بیشتری برای بررسی‌های بعدی برخوردار است. درستی رده‌بندی‌های زیر پیکسلی MTMF به مقدار زیاد به عضوهای انتهایی بستگی دارد. استفاده از ISU و الگوریتم SMACC یک گزینه مناسب برای بدست آوردن عضوهای انتهایی تصویر است. لازم به یادآوری است که مقایسه‌ی کیفی نتایج مشاهدات میدانی، تجزیه‌ی طیف‌سنجی نمونه‌ها و تجزیه XRD با مناطق رده‌بندی شده حاصل از دو الگوریتم همخوانی قابل قبولی را نشان می‌دهند.



الف ب

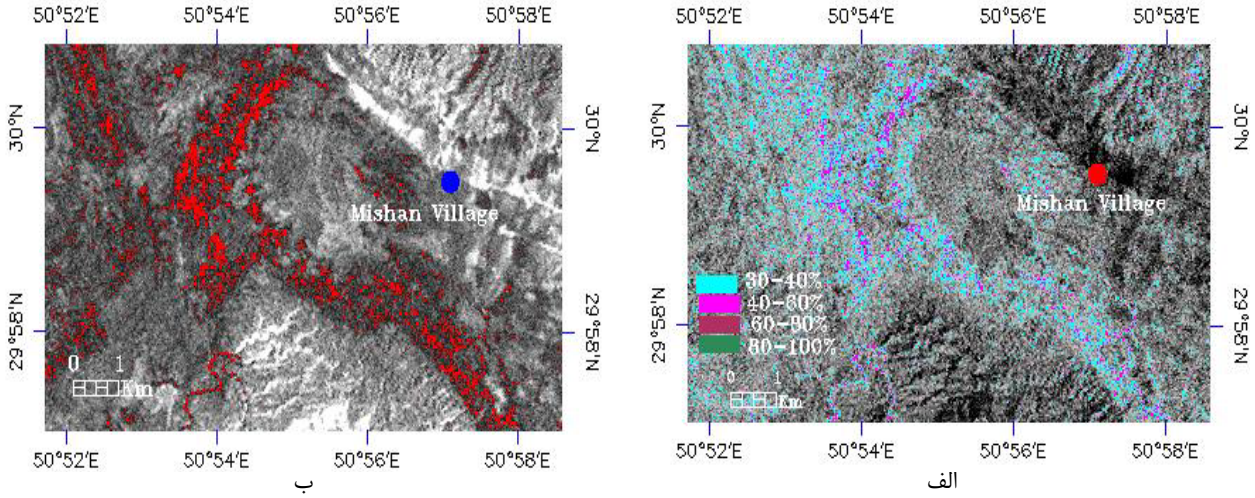
شکل ۶ الف: توزیع مکانی ودرصد فراوانی کانی ایلیت (مربوط به عضو انتهایی۲۱) حاصل از الگوریتم MTMF ؛ ب : توزیع مکانی کانی ایلیت حاصل از الگوریتم SAM (هر دو مربوط به دسته داده‌ی ۶ باندی در منطقه‌ی جمیله).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]



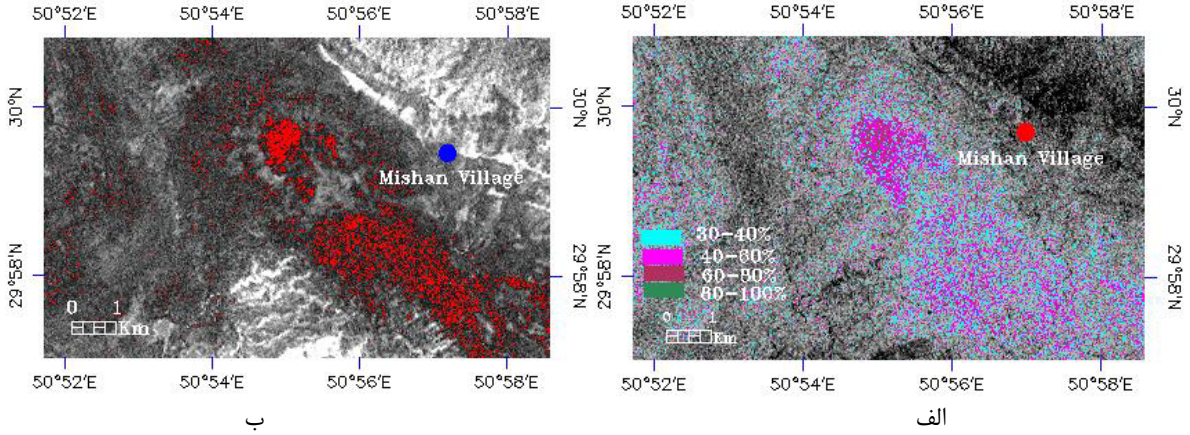
ب الف

شکل۷ الف: توزیع مکانی ودرصد فراوانی کانی کلسیت (مربوط به عضو انتهایی۲۴) حاصل از الگوریتم MTMF ؛ ب: توزیع مکانی کـانی کلـسیت حاصل از الگوریتم SAM (هر دو مربوط به دسته داده های ۶ باندی در منطقه‌ی جمیله).



ب الف

شکل۸ الف: توزیع مکانی و درصد فراوانی ایلیت (عضو انتهایی ۸) حاصل از الگوریتم MTMF ؛ ب: توزیع مکانی ایلیت حاصـل از الگـوریتم SAM (هر دو مربوط به‌دسته داده‌های ۶ باندی در منطقه‌ی میشان).



ب الف

شکل۹ الف: توزیع مکانی و درصد فراوانی کانی کربناتی (عضو انتهایی ۲۹) حاصل از الگوریتم MTMF ؛ ب : توزیع مکانی کانی کربناتی حاصل از نتایج SAM (هر دو مربوط به دسته داده‌های ۶ باندی در منطقه میشان).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

برداشت

نتایج این بررسی نشان داد که در صورت استفاده از یک روش مناسب برای استخراج عضوهای انتهایی، رده‌بندی‌های زیر پیکسلی و تمام پیکسلی برای تعیین کسر فراوانی کانی‌های تشکیل‌دهنده ی مارن می‌تواند مفید باشد. مقایسه‌ی طیف‌های SMACC حاصل از دو داده ۶ و ۹ باندی نشان می‌دهد که گرچه طیف‌های هر دو دسته داده‌ی باندهای جذبی یکسان نشان می‌دهند ولی شیب سیمای طیفی و میزان عمق جذب در دسته داده‌ی ۶ باندی بیشتر است و این دو پارامتر باعث می‌شود که نتایج حاصل از پردازش‌های MTMF و SAM برای این داده‌ها قابل اعتمادتر باشد. خروجی‌های هر دو الگوریتم با هم سازگار است ولی خروجی به‌دست آمده از الگوریتم MTMF دارای نتایج مناسب‌تر و غنی‌شدگی با دقت بیشتر نسبت به خروجی‌های SAM است. درنهایت با توجه به نتایج حاصل از مشاهدات میدانی، تجزیه‌ی XRD و تجزیه‌ی طیف سنجی نمونه‌های صحرائی، خروجی‌های حاصل از رده‌بندی زیر پیکسلی روی داده‌ی ۶ باندی دقیق‌ترند و نشان می‌دهد که این روش کارآیی بیشتری برای برنامه‌های پی‌جویی دارد.

قدردانی

نویسندگان از مرکز LPDAA در سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده(USGS) آمریکا برای تامین داده‌های استر و همکاری صمیمانه آقای دکتر کاظم رنگزن که کار تجزیه طیفی نمونه‌های صحرایی را در آزمایشگاه طیف‌سنجی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام داده‌اند کمال تشکر را دارند.

مراجع

[۱] مطیعی ه.، *"زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس. تهران"*، سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۲)

[2] Adams J. B., Smith M.O., *"Spectral mixture modeling: A new analysis of rock and soil types at the Viking Lander 1 site"*, Journal of Geophysical Research, (1986) Vol.91, 8098-8112

[3] Gebbinck Klein, Th. E., *"Schouten Decomposition of mixed pixels"*, In J.Desachy, editor, Image and Signal Processing for Remote Sensing II, page 104, SPIE 2579, (1995), Paris

[4] Samia A., *"Use of spectral and temporal Unmixing for crop identification using multi-spectral data"*, [MS thesis]: International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands. (2002)

[5] Harsanyi J. C., Chang C., *"Hyperspectral image classification and dimensionality reduction"*, an orthogonal subspace projection approach, IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, (1994) Vol. 32, 779-785

[۶] آقانباتی س. ع.، *"زمین‌شناسی ایران. تهران"*، انتشارات دانشگاه تهران(۱۳۸۳)

[7] Yamaguchi Y., Kahle A. B., Tsu H., Kawakami T., Pniel M., *"Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)"*, IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing (1998)36-4, 1062-1071

[8] Kruse F. A., "*Use of airborne imaging spectrometer to map minerals associated with hydrothermally altered rocks in the Northern Grapevine Mountains, Neveda and Califorina"*, Remote Sense. Environ, (1988) Vol. 24, 31-51

[9] Tangestani M. H., Mazhari N., Agar B., Moor F., *"Evaluating Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data for alteration zone enhancement in a semiarid area, northern Shahr-e-Babak, SE Iran",* International Journal of remote Sensing, (2008) Vol. 29, No. 16, 2833-2850

[10] Keshva N., *"A survey of spectral unmixing algorithm",* Lincoln Laboratory Journal, (2003) Vol. 14, 55-77

[11] Roberts A. R., Batista T. G., Pereira L. G. J., Waller K. E., Nelson W. B., *"Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: applications in Eastern Amazonia"*, in: Lunetta, S., R., Elvidge, D., C., (Editors) Remote Sensing Change Detection Environmental Monitoring Methods and Applications, Ann Arbor Press: Michigan(1998).

[12] Gruninger J., Ratkowski A. J., Hoke M. L., *"The Sequential Maximum Angle Convex Cone (SMACC) Endmember Model"*, Proceeding SPIE, Algorithm for multispectral and hyper-spectral and ultra spectral imagery (2004) 5425-1, Orlando FL.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]

[13] Boardman J.W., *"Leveraging the high dimensionality of AVIRIS data for improved sub-pixel target Unmixing and rejection of false positive"*, Proceedings of the 7th Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, JPL Publication, (1998) Vol.97, No.1, 55-94

[14] Van Der Meer F., Dejong S.M., *"Remote sensing and digital image processing"*, imaging spectroscopy, Kluwer Academic, published in the Netherlands (2001).

[15] Van Der Meer F., *"Iterative spectral unmixing"*, International Journal of remote Sensing. (1999). Vol. 20, No. 17: 3431-3436

[16] Boardman J. W., Kruse F. A., Green R. O., *"Mapping target signature via partial unmixing of AVIRIS data"*, Proceeding of the fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication, (1995) Vol. 95, No.1: 23-26

[17] Ellis R.J., Scott P.T., *"Evaluation of hyperspectral remote sensing as a means of environmental monitoring in the St. Austell China clay (Kaolin) region, Cornwall, UK"*, Remote Sensing of Environment, (2004) Vol. 93, 118-130.

[18] Kruse F. A. , Lefkoff A. B., Boardman J. B., Heidebrecht K. B., Shapiro A .T., Barloon P. J., Goetz A. F. H., *"The Spectral Image Processing System(SIPS) – interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data"*, Remote Sensing of Environment, (1993) Vol. 44, 145-163

[19] Tommaso I., Rubinstein N., *"hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina"*, Ore geology reviews, (2007) Vol. 32, 275-290.

[20] Clark Roger N., *"Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy"*, in: A. Rencz (Editor) Manual of Remote Sensing, John Wiley and Sons, Inc, New York, 1999.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-10-12]