

# بررسی تصحیحات جوی صحنه پایه در تصاویر هایپر یون - مطالعه موردی تشخیص زون آرژلیک در منطقه آتشفشان مساحیم

بهرام بهرام‌بیگی<sup>۱</sup>، حجت‌اله رنجبر<sup>۲</sup>، جمشید شهاب‌پور<sup>۳</sup> و سیدحسام‌الدین معین‌زاده<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

<sup>۲</sup> استاد، دانشکده معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

<sup>۴</sup> استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۵/۰۱

## چکیده

تصاویر ابرطیفی سنجنده هایپر یون دارای اطلاعات بسیار غنی از سطح زمین در ۲۴۲ باند ظریف و پیوسته هستند. در این میان عوامل جوی بسیاری وجود دارند که محتوای اطلاعات طیفی برخی از باندها را آلوده می‌کنند، در نتیجه برای استخراج بیشتر میزان اطلاعات در بهترین حالت از یک تصویر ابرطیفی، انجام تصحیحات جوی مرحله‌ای اجتناب‌ناپذیر است که منجر به تصحیح اطلاعات باندهای آلوده شده به وسیله عوامل جوی می‌شود. تصحیحات جوی با دو روش داده پایه و صحنه پایه روی تصاویر قابل اعمال هستند. در روش‌های صحنه پایه بدون نیاز به اطلاعات صحرائی، ناهنجاری‌های طیفی با استفاده از پردازش اطلاعات طیفی خود تصویر شناسایی و بازیافت می‌گردند. در این مطالعه به بررسی نتایج حاصل از دو روش صحنه پایه تصحیح جوی آتی (QUAC) (Quick Atmospheric Correction) و روش میانگین نسبی بازتاب‌ها (IARR) (Reflectance Internal Average Relative) روی تصویر هایپر یون پهنه آرژلیک در منطقه آتشفشان مساحیم پرداخته شده است. به منظور ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های صحنه پایه یادشده، از مطالعات طیف‌نگاری صحرائی و روش تصحیح داده پایه خط تجربی انطباق (ELM) (Empirical Line Method) استفاده شده است. مقایسه مورد نظر با استفاده از روش نقشه‌بردار زاویه طیفی و محاسبه اختلاف زاویه‌ای طیف تصاویر تصحیح شده و طیف صحرائی انجام شد. نتایج تجزیه‌های XRD و طیف‌سنجی روی نمونه‌های برداشت شده از منطقه الگوی کائولینیت را نشان می‌دهد که کانی شاخص دگرسانی آرژلیک به حساب می‌آید. بررسی‌های میدانی انجام شده (در نقاط ارائه شده توسط روش نقشه‌بردار زاویه طیفی در تصاویر تصحیح شده) مؤید برتری تصحیح جوی IARR در تفکیک پهنه آرژلیک است. به منظور مقایسه کمی نتایج حاصل از تصحیحات، پیکسل‌های حداکثر امکان به دست آمده از روش نقشه‌بردار زاویه طیفی برای هر کدام از تصاویر تصحیح شده، در قالب اطلاعات طبقه‌بندی شده مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از رسم ماتریس درستی پیکسل‌های نمایه شده در طبقه‌بندی و نیز پیکسل‌های نمونه‌برداری شده و بررسی شده در مطالعات صحرائی - آزمایشگاهی، ضریب درستی عامل برای نواحی مطلوب ارائه شده در تصاویر تصحیح شده با روش‌های صحنه پایه و روش داده پایه ELM محاسبه شد. نتایج به دست آمده بیان‌گر ضریب درستی عامل ۷۴/۵۸ درصد برای تصویر تصحیح شده به روش IARR و ضریب درستی عامل ۳۵/۵ درصد برای تصویر تصحیح شده به روش QUAC است؛ این در حالی است که تصحیح داده پایه ELM نیز با اتکا به داده‌های طیف‌نگاری صحرائی ضریب درستی ۷۴/۵۸ درصد را نشان می‌دهد. بنابراین در تفکیک پهنه آرژلیک در مناطق نیمه خشک تصحیح جوی IARR پیش پردازشی مناسب و کم هزینه برای بازیافت اطلاعات طیفی داده‌های ابرطیفی به حساب می‌آید.

**کلیدواژه‌ها:** تصحیحات جوی، تصاویر هایپر یون، QUAC، IARR، منطقه آتشفشان مساحیم.

\*نویسنده مسئول: بهرام بهرام‌بیگی

E-mail: b.bahram.100@gmail.com

## ۱- پیش‌گفتار

داده‌های ابر طیفی در بردارنده مجموعه اطلاعاتی غنی از بازتاب‌های الکترومغناطیس سطح زمین هستند. سنجنده‌های ابر طیفی با تصویربرداری در طیف‌های طول موجی ظریف و بسیار امکان طیف‌نگاری دقیق سطح زمین را فراهم می‌آورند. سنجنده هایپر یون یکی از سنجنده‌های ابرطیفی پیشرفته است که روی سکوی ماهواره EO-1 قرار دارد. تصاویر هایپر یون در ۲۴۲ باند و در طول موج‌های میان ۳۵۶ تا ۲۵۷۷ نانومتر برداشت می‌شوند. از مجموع ۲۴۲ باند تصویربرداری شده توسط سنجنده تنها ۱۹۸ باند کالیبره شده و قابل استفاده برای عملیات پردازشی هستند. قدرت تفکیک مکانی سنجنده هایپر یون ۳۰ متر است. میزان پوشش سطحی یک تصویر هایپر یون به صورت نوار باریکی با عرض ۷/۷ کیلومتر و طول ۱۸۵ یا ۴۲ کیلومتر است که بسته به نوع سفارش محلی برداشت می‌شود (USGS web sit, 2004; Pearlman et al., 2003). در این مطالعه به منظور بررسی اثر تصحیحات جوی از تصویر هایپر یون منطقه آتشفشان مساحیم استفاده شده است.

### ۱-۱. منطقه مورد مطالعه

آتشفشان مساحیم یکی از بزرگ‌ترین کالدرهای ایران به‌شمار می‌آید و در بخش جنوبی کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه در دهانه کالدرای مساحیم میان طول‌های جغرافیایی  $55^{\circ}12'00''$  و  $55^{\circ}32'27''$  و عرض‌های

۲۴۲ باند تصویر برداری شده توسط سنجنده هایپریون تنها ۱۹۸ باند کالیبره شده و قابل استفاده برای عملیات پردازشی هستند. قدرت تفکیک مکانی سنجنده هایپریون ۳۰ متر است و میزان پوشش سطحی یک تصویر هایپرون به صورت نوار باریکی با عرض ۷/۷ کیلومتر و طول ۱۸۵ یا ۴۲ کیلومتر است که بسته به نوع سفارش محلی برداشت می شود (Pearlman et al., 2003).

#### ۱-۴. مطالعات پیشین

با توجه به این که غالب کاربران تصاویر ابر طیفی دانشمندان و دانش پژوهان علوم زمین در شاخه های گوناگون هستند اثر تصحیحات جوی در این حوضه بسیار حیاتی است. در زمینه استفاده از تصاویر ابرطیفی سنجنده فضا برد هایپریون تا کنون مطالعاتی در علوم کشاورزی، اکتشاف کانسارها، تفکیک واحدهای سطحی زمین و دیگر حوضه های علوم زمین صورت گرفته است. شماری از این مطالعات عبارتند از: Kruse et al. (2003) به مقایسه قابلیت داده های سنجنده های ابرطیفی هوا برد و داده های سنجنده هایپریون در تفکیک طیفی کانی های سطح زمین پرداخته اند. Hubbard et al. (2003) توانایی سنجنده های هایپریون، ALI و استر در تفکیک پهنه های دگرسانی را به مقایسه گذاشته اند. (Goodenough et al. (2003 نیز با استفاده از تصاویر سنجنده های هایپریون و ALI روشی برای طبقه بندی طیفی تصاویر ماهواره ای جنگل ها ارائه کرده اند. (Kruse (2003 با استفاده از تصاویر هایپریون نقشه پراکندگی ریف های مرجانی در جزیره باک (Buck) در اقیانوس اطلس مرکزی را تهیه کرده است. بهنیا و کرمی (۱۳۸۵) به مطالعه پراکندگی کانی ها در پهنه های دگرسان سامانه های گرمابی در منطقه آب ترش ایران با استفاده از تصاویر ابرطیفی پرداخته اند. (Beiranvand Pour & Hashim (2011 کاربرد تصاویر سنجنده هایپریون در تفکیک واحدها و تهیه نقشه زمین شناسی را در نوار آتشفشانی ایران مرکزی بیان کرده اند. همچنین می توان به مطالعات (Coops et al. (2002; Pearlman et al. (2003; Ramsey et al. (2004; Gersman et al. (2008; Leverington (2008 نیز اشاره کرد که همگی دورسنجی ابرطیفی کاربردی با استفاده از داده های سنجنده هایپریون را در حوضه های مختلف علوم زمین مورد بحث قرار داده اند.

در زمینه روش های پیش پردازش تصاویر سنجنده هایپریون نیز تا کنون مطالعاتی صورت گرفته است که در ادامه مختصری از آنها بیان خواهد شد:

Datt et al. (2003) اثر پیش پردازش داده های ابرطیفی سنجنده هایپریون در مطالعات مربوط به علوم زراعی را مورد بررسی قرار داده اند. (Sarup (2011 مدل های تصحیح جوی QUAC و FLAASH را به مقایسه گذاشته است؛ روش FLAASH از روش های داده پایه و نیازمند اطلاعات صحرائی گسترده ای است. (San & Suzen (2010 در مقاله ای با عنوان ارزیابی مدل های مختلف تصحیحات جوی روی تصاویر هایپریون به مقایسه مدل های پیش پردازش ATCOR، ACORN، LOWTRAN، MODTRAN و FLAASH پرداخته اند؛ این روش ها گاه روش های مبتنی DEM و بیشتر داده پایه هستند. برای نمونه می توان به مطالعات (Khurshid et al. (2006; Bindschadler & Choi (2003; Felde et al. (2002; Staenz et al. (2002 نیز اشاره کرد که در هر کدام به نوعی روش های پیش پردازش تصاویر سنجنده هایپریون مورد بحث قرار داده شده است. در مقایسه های صورت گرفته تا کنون به ارزش روش های صحنه پایه و بدون نیاز به اطلاعات صحرائی پرداخته نشده و در بیشتر موارد روش های داده پایه مورد مقایسه بوده اند. در این مطالعه به بررسی و مقایسه اثر تصحیحات جوی صرفاً صحنه پایه پرداخته شده و برای مقایسه اثر روشی داده پایه نیز در افزایش ضریب درستی نتایج پردازش ها روی تصاویر هایپریون منطقه کالدرا می مساحم مورد مطالعه قرار داده شده است.

#### ۱-۵. تصحیحات جوی

امواج الکترومغناطیس قابل ورود به سنجنده به سه دسته تقسیم می شوند که در شکل ۳ نمایش داده شده اند. در شکل ۳، S1 امواج بازتابیده از سطح پیکسل تحت

سازند که از آن جمله می توان دره های آب دار و میمند را نام برد. از اشکال بسیار مشخص این آتشفشان محدوده کالدرا می آن است که با دیوارهای عمودی و بسیار بلند از دیگر بخش ها جدا شده اند. این دیوارها گاهی ۹۰۰ متر از کف کالدرا ارتفاع دارند (در کوه مداوار بالا). دهانه کالدرا که شکل مدور و نامنظمی داشته و حدود ۳۸ کیلومتر مربع مساحت دارد، در کناره باختری آتشفشان قرار دارد و لبه کالدرا به علت فرسایش کامل نیست. آخرین مراحل فورانی آتشفشان با فعالیت های گرمابی همراه است و سبب دگرسانی بخش بزرگی از کالدرا می کوه مساحم شده است. این دگرسانی های گسترده سنگ های گرانودیوریتی منطقه را به شدت تحت تأثیر قرار داده و حجم عظیمی از توده های کائولینی در منطقه به وجود آورده اند. این فعالیت با سیلیس زایی خاتمه یافته و کانی زایی سولفیدی آن را همراهی می کند؛ به گونه ای که در محدوده دهانه کالدرا در شمال امرودیبه اندیس هایی از فلزات مس، سرب، روی تشکیل شده اند (سایت سازمان زمین شناسی کشور؛ امینیان، ۱۳۸۸). دگرسانی آرژلیک و فیلیک گسترده ترین رخمنونی است که در دهانه کالدرا قابل دیدن است (شکل ۲). دگرسانی تقریباً یکپارچه سنگ های مرکزی دهانه کالدرا دلیل انتخاب این منطقه برای بررسی اثر تصحیحات جوی روی داده های ابر طیفی در تشخیص پهنه آرژلیک بود. مطالعات دورسنجی نیز در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده های سنجنده استر برای نقشه برداری از مناطق دگرسان شده انجام گرفته است. (Tangestani et al., (2008 و Honarmand et al., (2012 از داده های استر به منظور تهیه نقشه های دگرسانی با روش های مختلفی مانند نقشه بردار زاویه طیفی، مؤلفه های اصلی و ناآمیختگی خطی طیفی استفاده نمودند.

#### ۱-۲. ماهواره EO1

ماهواره EO1 در تاریخ ۲۱ نوامبر سال ۲۰۰۰ میلادی به وسیله ناسا و به منظور مقایسه با داده های ماهواره لندست-۷ به صورت آزمایشی در مدار قرار داده شد. روی این ماهواره سه سنجنده شامل اولین سنجنده ابرطیفی فضایی به نام هایپریون، سنجنده چندطیفی ALI و سنجنده AC قرار گرفته اند (سایت سازمان فضایی ایالات متحده - NASA web site). ماهواره EO1 با ۶۰ ثانیه اختلاف زمانی نسبت به ماهواره لندست ۷ و در همان مدار به صورت خورشید آهنگ در فاصله ۷۵۰ کیلومتری از سطح زمین با زاویه میل مداری ۹۸/۲ درجه حرکت می کند. دوره مداری آن ۹۸/۹ دقیقه است که بیش از ۱۴ مدار را در طول یک روز پوشش می دهد. دوره گردش کامل این ماهواره ۱۶ روز است و در حالت نزولی در ساعت ۱۰:۰۱ صبح از استوا عبور می کند. سرعت حرکت این ماهواره در نقطه حضیض، ۶/۷۴ کیلومتر بر ساعت است و امکان تصویربرداری از کنار با حداکثر زاویه ۲۲ درجه را نیز فراهم می کند. به این ترتیب، می تواند از یک ناحیه خاص روی زمین در طول ۱۶ روز، سه بار تصویربرداری نماید. (USGS web site و سایت سازمان زمین شناسی ایران).

#### ۱-۳. سنجنده هایپریون

سنجنده هایپریون اولین سنجنده ابرطیفی فضا برد است که روی سکوی ماهواره EO-1 قرار دارد. تصاویر هایپریون در ۲۴۲ باند ظریف در طول موج های میان ۳۵۶ تا ۲۵۷۷ نانومتر و با توان تفکیک طیفی ۱۰ نانومتر برداشت می شوند. زمین شناسی از جمله اولین علوم است که از روش های تصویربرداری ابرطیفی یا اسپکتروسکوپی سنجنده هایپریون بهره گرفت. با استفاده از داده های ابر طیفی به خوبی می توان الگوی طیفی واحدهای سطحی زمین را مورد مطالعه و تفکیک قرار داد. سنجنده هایپریون از فناوری پوش بروم در تصویربرداری استفاده می کند و در هر فریم تصویری محدوده ای به عرض ۷/۷ کیلومتر در جهت عمود بر حرکت را برداشت می کند. به این ترتیب با حرکت سنجنده، اطلاعات طیفی اشیاء و پدیده های گوناگون موجود در سطح زمین در فریم های تصویری متوالی به صورت مکعب های سه بعدی به عنوان داده ابرطیفی ثبت و ذخیره سازی می شود (سایت سازمان فضایی ایالات متحده ناسا). از مجموع

است: سازماندهی باندها در قالب اطلاعات رقومی قابل پردازش، محاسبه میانه طول موج نوار طیفی مربوط به هر باند و قرار دادن باند یادشده در جایگاه طول موجی صحیح، یافتن باندهای آلوده، حذف اطلاعات ناهنجار، تصحیح هندسی و در پایان تصحیحات جوی. در مرحله سامان‌دهی و فیلتراسیون باندهای تصویر، تعداد ۸۴ باند از ۲۴۲ باند تصویربرداری شده به دلیل کیفیت نامناسب داده‌ها از محاسبات حذف شده و مطالعه روی ۱۵۸ باند متمرکز شد. تصحیح هندسی نیز با استفاده از تصاویر ماهواره کویک برد نصب شده روی سامانه مکان‌یاب جهانی GPS و مطالعات میدانی صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تغییر در بازتاب‌ها و تداخل مقادیر پیکسلی، تصحیحات هندسی پس از پردازش اعمال شد. در این روش ریزش داده‌ها حین تصحیح هندسی به حداقل کاهش می‌یابد. در ادامه به بررسی اثر تصحیحات جوی پرداخته می‌شود.

#### ۲-۲. تصحیح جوی IARR

در روش IARR یا میانگین نسبی بازتاب‌ها، میانگین بازتاب پیکسل‌های تصویر محاسبه می‌شود و مقادیر شدت تابش هر پیکسل بر میانگین پیکسل‌های تصویر تقسیم می‌شود. عدد به دست آمده برای هر پیکسل طیف بازتاب نسبی و بهنجار شده آن پیکسل خواهد بود. ناهنجاری‌های بازتابی می‌توانند اثرات مزاحم جوی مانند پراکنش، انتقال و اثر همجواری باشند. در این تصحیح پس از بهنجار شدن مقادیر پیکسل‌ها بسیاری از این ناهنجاری‌ها به حداقل کاهش می‌یابند. پس از انجام این تصحیح محدوده‌های جذب و بازتاب طیف‌های استخراج شده از تصویر بارزتر می‌شوند. در روش IARR نیازی به اطلاعات طیف‌نگاری صحرائی و مطالعات میدانی نیست و الگوریتم روش یادشده به صورت خطی روی همه ناهنجاری‌های بازتابی، اثری مشابهی اعمال می‌کند. اعمال این روش روی داده‌های فراطیفی و ابر طیفی به دست آمده از مناطق با اقلیم خشک و فاقد پوشش گیاهی نتیجه مطلوبی در بر خواهد داشت (Kruse et al., 2002).

#### ۲-۳. تصحیح جوی QUAC

QUAC یا تصحیح جوی آبی روشی است صحنه پایه و خودکار برای تصحیح جوی داده‌های فراطیفی و ابر طیفی در طیف امواج قابل رؤیت، فرورسرخ نزدیک تا فرورسرخ کوتاه موج (VNIR-SWIR). روش QUAC نیز نیازی به اطلاعات طیف‌نگاری صحرائی و مطالعات میدانی ندارد؛ ولی بر خلاف دیگر روش‌های صحنه پایه، با توجه به اطلاعات طیفی به دست آمده از بازتاب پیکسل‌های خود تصویر، عوامل ناهنجارساز تشخیص و برای هر عامل ناهنجارساز جوی تصحیحی جداگانه تعریف و اعمال می‌شود. پایه روش QUAC مبتنی بر این واقعیت تجربی است که میانگین بازتابی هر مجموعه پیکسل مربوط به طیف مواد گوناگون (همانند اعضای انتهایی طیف صحنه) اساساً مستقل از کل تصویر است. این اصل در روش QUAC سبب می‌شود محاسبات این تصحیح با سرعت بیشتری در مقایسه با دیگر روش‌ها اعمال شود. گاه تصحیحات رادیومتری لازم روی داده‌های یک سنجنده اعمال نشده و یا تغییرات روشنایی تصویر نامشخص هستند (مثل زمانی که ابرهای پراکنده تغییر روشنایی تصویر را سبب می‌شوند). در چنین مواردی هنوز هم روش QUAC می‌تواند دارای خروجی معقول و قابل تطابق با داده‌های میدانی باشد. الگوریتم تصحیح جوی QUAC در گستره طیفی ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر روی داده‌های سنجنده‌های شناخته شده AISA, ASAS, AVIRIS, CAP ARCHER, COMPASS, Hycas, HYDICE, HyMap, Hyperion, IKONOS, Landsat TM, LASH, MASTER, MODIS, MTI, QuickBird و دیگر سنجنده‌های ناشناس قابل اعمال است. مقادیر پیکسلی تصویر بازیافت شده از تصحیح QUAC در مقیاسی عددی با بازه ۰ تا ۱۰۰۰۰ تعریف می‌شوند. به طور کلی تصحیح QUAC روشی سریع و مناسب است. این روش به ویژه در مناطقی با ویژگی‌های زیر نتایج رضایت بخش و قابل تطابق با مطالعات میدانی در بر خواهد داشت:

تصویربرداری؛ S2 اثر همجواری پیکسل‌های همسایه؛ و S3 اثر پراکنش مولوکول‌های درشت جو هستند. فرایند تصحیح جوی پردازشی است که پراکنش‌های آلوده کننده اطلاعات پیکسل (S2, S3) را حذف می‌نماید (Sarup, 2011). در واقع در فرایند تصحیح جوی ابتدا از مقادیر پیکسلی تصویر، شدت بازتاب امواج ورودی به سنجنده بر حسب واحد رادیانس، و سپس مقدار انرژی امواج ورودی بر حسب یکی از واحدهای مبین گسیلش محاسبه می‌شود. پس از حذف اثرات جوی و بازیافت اطلاعات تصحیح شده، مقادیر گسیلشی دوباره به رادیانس تبدیل می‌شوند. بنابراین تصحیح جوی تبدیل مقادیر بازتابی به گسیلشی و بازگرداندن دوباره مقادیر گسیلشی تصحیح شده به مقادیر بازتابی هستند (Sarup, 2011). تصاویر ابر طیفی سنجنده هایپریون دارای اطلاعات بسیار غنی از سطح زمین در ۲۴۲ باند ظریف و پیوسته هستند. عوامل جوی بسیاری وجود دارند که محتوای اطلاعات طیفی برخی از باندها را آلوده می‌کنند. بنابراین برای استخراج بیشترین میزان اطلاعات در بهینه‌ترین حالت، از یک تصویر ابرطیفی، انجام تصحیحات جوی مرحله‌ای اجتناب ناپذیر است که منجر به بازیابی اطلاعات باندهای آلوده شده به وسیله عوامل جوی می‌شود. تصحیحات جوی معمولاً به عنوان یک مرحله مهم از فرایند پیش پردازش تصاویر چندطیفی و داده‌های ابرطیفی روی داده‌های خام ماهواره‌ای اعمال می‌شوند تا اطلاعات الکترومغناطیس به دست آمده از سطح هر پیکسل با توجه به قابلیت سنجنده کاملاً بهینه سازی شده در دسترس و مورد پردازش قرار گیرند. در پردازش داده‌های ابر طیفی روش‌هایی وجود دارند که بر پایه طیف کتابخانه‌ای و یا طیف برداشت شده از مطالعات میدانی بنا نهاده شده‌اند. در چنین مواردی اگر تصحیحات جوی روی تصویر اعمال نگردد شاهد اختلافات تأثیرگذاری میان داده‌های تصویر و اطلاعات آزمایشگاهی و یا صحرائی خواهیم بود. این تفاوت‌ها می‌توانند روی نتایج روش‌های مستقل از طیف مرجع نیز تأثیر منفی بگذارند (Perry et al., 2000).

تصحیحات جوی می‌توانند با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات میدانی کاملی از موقعیت منطقه به تصویر کشیده شده روی داده‌های ابر طیفی مورد نظر اعمال شوند. در این حالت تصحیح انجام شده را به عنوان نوعی پیش پردازش داده پایه در نظر می‌گیرند. روش‌های داده پایه به دلیل نیاز به اطلاعات کامل صحرائی، بسیاری از مواقع ترجیح داده نمی‌شوند. از پیش پردازش‌های جوی داده پایه، می‌توان به مدل خط تجربی انطباق (Empirical Line Method) و مدل‌های انتقال جوی در وضوح طیفی میانگین یا MODTRAN اشاره کرد (Lentilucci, 2008). به روزترین تصحیح جوی داده پایه که بر پایه الگوریتم MODTRAN4 ارائه شده، روشی است با عنوان نزدیک‌ترین خط کاوش جوی در مکعب طیفی یا FLAASH ولی روش‌های صحنه پایه روش‌هایی مبتنی بر اطلاعات طیفی برداشت شده از صحنه توسط خود تصویر هستند. هر چند روش‌های داده پایه با اتکا به اطلاعات تفصیلی صحرائی از دقت بالاتری برخوردارند، ولی بر طبق نتایج (Sarup, 2011) مقایسه نتایج حاصل از روش‌های داده پایه و صحنه پایه، مؤید اختلاف بسیار جزئی محصول این پیش پردازش‌هاست. نبود نیاز روش‌های صحنه پایه به اطلاعات و مطالعات کامل صحرائی و نتایج قابل تطابق آنها با مطالعات میدانی و محصول روش‌های داده پایه، مزیتی است که این روش‌ها را نسبت به روش‌های داده پایه در اولویت انتخاب قرار می‌دهد. از مهم‌ترین تصحیحات صحنه پایه می‌توان تصحیح خطی ARR و QUAC نام برد که هر دو در نرم افزار پردازش تصویر ENVI تعبیه شده‌اند. در مدل‌های ارائه شده برای تصحیح جوی هدف شناخت و حذف اثراتی مانند انتقال، پراکنش امواج و اثرات مجاورتی مواد در طول جو است (Sarup, 2011).

#### ۲- روش‌ها

##### ۲-۱. پیش پردازش داده‌ها

مرحله پیش پردازش و آماده‌سازی داده‌های سنجنده هایپریون شامل مراحل زیر

در کنار مطالعات طیف‌نگاری الکترومغناطیس انجام شده، نتایج مبتنی بر طیف اشعه X (آزمایش XRD) نمونه‌های منطقه مورد مطالعه نیز الگوی کاتولینیت را تأیید می‌کند.

### ۳-۲. روش نمونه برداری

نمونه برداری‌های صحرائی در منطقه مورد مطالعه بر پایه شدت دگرسانی و یکنواختی ترکیب سنگ‌شناسی در صحنه‌ای که پوشاننده پیکسل‌های پیوسته متعددی از سنگ‌های کاتولینیتی باشد انجام شد و در نهایت نقاطی به‌عنوان محور مطالعه انتخاب شدند. طیف نمونه‌های برداشت شده از نقاط یادشده به‌صورت آزمایشگاهی برداشت و موقعیت دقیق هر نمونه روی تصویر ماهواره‌ای مشخص شد. نقاط مورد نظر روی تصویر قرار گرفته و الگوی بازتاب طیفی آنها بر حسب ۱۵۸ باند در طول موج‌های ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر (برداشت شده توسط سنجنده ابرطیفی هایپریون) مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج آزمایش XRD روی نمونه‌های برداشت‌شده از منطقه الگوی کاتولینیت را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از مطالعات طیف‌نگاری صحرائی انجام شده روی نمونه‌های منطقه نیز الگوی طیفی بسیار مشابه طیف کتابخانه‌ای کانی کاتولن را نمایش می‌دهد (شکل ۷).

### ۳-۳. مقایسه طیف آزمایشگاهی با طیف کتابخانه و تصویر خام سنجنده

مقایسه الگوی طیفی تصویر خام با طیف صحرائی منطقه و طیف کتابخانه‌ای کانی کاتولن در نمودار شکل ۷ نشان دهنده اختلاف بازتاب‌ها در الگوی طیفی صحنه برداشت‌شده توسط سنجنده هایپریون با الگوی طیف تجربی منطقه و کتابخانه‌ای کانی کاتولن است که یکی از دلایل مهم این اختلاف ناهنجاری‌های ناشی از اثرات جوی است. مقایسه الگوی طیفی نقطه مورد نظر در تصویر تصحیح شده به روش IARR با طیف تجربی نمونه‌های منطقه در نمودار شکل ۸ نمایش دهنده تطابق نسبی الگوی طیفی صحنه با طیف صحرائی و کتابخانه‌ای است و مدل نزدیک‌تری به طیف ایده‌آل منطقه ارائه می‌دهد. نمودار شکل ۹ نیز مقایسه طیف پیکسل‌های مورد نظر در تصویر تصحیح شده به روش QUAC با الگوی طیف تجربی منطقه است (به‌منظور مقایسه سیمای طیفی، مقادیر محور عمودی به‌صورت بهنجارشده از هم تفکیک شده‌اند). مقایسه بصری الگوی طیف تجربی منطقه با طیف پیکسل‌ها در تصاویر تصحیح شده به روش IARR و QUAC و تصویر خام منطقه مورد مطالعه، اثر مثبت تصحیح جوی روی تصویر را به‌خوبی نمایش می‌دهد. هر کدام از مدل‌های تصحیح جوی تلاشی برای به حداقل رساندن ناهنجاری‌های آلوده کننده طیف پیکسل‌ها هستند و تاکنون روشی ارائه نشده که ناهنجاری‌های جوی تصاویر ابر طیفی را به صفر برساند. در تجزیه تصویر هایپریون منطقه آتشفشان مساحیم هر چند پس از تصحیحات صورت گرفته الگوی طیفی تصویر در محدوده‌های طیفی بیشینه و کمینه بسیار به طیف صحرائی نزدیک می‌شود ولی هنوز در دره‌ها و قله‌های طیفی با کنتراست پایین ناهنجاری‌هایی دیده می‌شود. انتخاب روش پردازشی مناسب (مانند روش‌های تجزیه محدوده‌های جذبی) می‌تواند یکی از راه‌های حذف اثر این ناهنجاری‌ها در نتایج تجزیه‌ها باشد.

### ۴-۴. بحث

در مقایسه بصری طیف‌های مختلف، طیف تصحیح شده با روش IARR اختلاف کمتری با طیف استاندارد کاتولن نمایش می‌دهد. محاسبه زاویه میان طیف تصاویر تصحیح شده با طیف صحرائی نمونه‌های منطقه و بررسی آمار تصاویر تصحیح شده نشان‌دهنده برتری نسبی تصویر تصحیح شده به روش IARR است. استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی معیاری رقمی برای مقایسه نسبت تطابق طیف پیکسل‌ها با طیف مرجع فراهم می‌آورد. در هیستوگرام آماری تصویر تصحیح شده به روش IARR (شکل ۱۰) میانگین اختلاف زاویه طیفی پیکسل‌های تصویر با طیف صحرائی

۱- گوناگونی مواد در صحنه تصویر حداقل به ۱۰ مورد برسد. ۲- تعداد پیکسل‌های سیاه صحنه برای محاسبه خط مبنای اعضای انتهایی در آن کافی باشد. طرح بصری مراحل پردازش در روش QUAC در شکل ۴ نمایش داده شده است (Sarup, 2011). ۳-۴. تصحیح جوی خط تجربی انطباق (EMPIRICAL LINE METHOD) روش داده پایه ELM بر پایه طیف صحرائی نقاط مشخصی از تصویر، طیف تصویر خام را تصحیح و به‌الگوی واقعی منطقه نزدیک می‌کند. بنابر این در تصویر تصحیح شده، طیف پیکسلی که تحت نمونه برداری قرار گرفته است، دقیقاً بر طیف صحرائی نمونه‌ها منطبق می‌شود. باقی پیکسل‌ها نیز با الگوریتمی خطی از همین تابع پیروی می‌کنند. در روش یادشده وجود حداقل یک نقطه طیف‌نگاری شده ضروری است (Perry et al., 2000).

### ۳-۵. نقشه بردار زاویه طیفی

روش نقشه بردار زاویه طیفی اولین بار توسط Kruse et al. (1993) به کار برده شد. این روش بر پایه مشابهت میان طیف کانی مرجع و طیف کانی مورد آزمایش برای کانی‌های کاتولینیت و مسکوویت انجام گرفت. شباهت میان طیف مرجع و طیف پیکسل، به‌وسیله محاسبه زاویه میان طیف‌ها ارزیابی می‌شود. طیف‌ها به‌شکل بردارهایی در یک فضای چند بعدی (که ابعاد فضا بستگی به تعداد باندها دارد) در نظر گرفته می‌شوند. زاویه میان طیف بازتابی مرجع و طیف بازتابیده از سطح پیکسل‌ها به‌عنوان معیار مشابهت ارائه می‌شود. این روش نسبت به اثرات سپیدایی و روشنایی متفاوت خواهد بود و تحت تأثیر فاکتورهای روشنایی خورشید نیست؛ زیرا زاویه میان دو بردار مستقل از طول آنهاست (Kruse et al., 1988). در تصویر حاصل از روش نقشه‌بردار زاویه طیفی، هر پیکسل نمایش دهنده میزان اختلاف بازتاب در طیف‌های تفکیکی الگوی طیفی بازتابیده از سطحش با الگوی طیفی مرجع است. این اختلاف الگوی طیفی به‌صورت زاویه‌ای و در مقیاس رادیان، در بازه میان  $0$  تا  $\frac{\pi}{2}$  نمایش داده می‌شود (Van der Meer & De Jong, 2003). خروجی روش نقشه بردار زاویه طیفی تخمینی کیفی از مشابهت طیف مورد نظر با هر طیف مرجع ارائه می‌دهد. در خروجی حاصل از روش نقشه بردار زاویه طیفی، پیکسل روشن‌تر معادل زاویه بزرگ‌تر و نشان دهنده اختلاف بیشتر طیف مورد مطالعه با طیف مرجع و پیکسل تاریک‌تر معادل زاویه کوچک‌تر با طیف مرجع و نماد نزدیک بودن طیف منطقه با طیف مرجع است.

### ۳-۳. تجزیه داده‌ها

در این پژوهش به‌منظور مقایسه خروجی هر پیش پردازش با داده‌های حاصل از طیف‌نگاری صحرائی (طیف آزمایشگاهی سنگ‌های کاتولینیتی منطقه)، با استفاده از روش SAM زاویه طیفی هر پیکسل در برابر طیف صحرائی پوشش زمینی مورد نظر محاسبه شد.

### ۳-۱. طیف‌نگاری صحرائی

در محدوده مرکز کالدرای مساحیم ناحیه‌ای با دگرسانی آرژیلیک گسترده وجود دارد. در این ناحیه منطقه‌ای انتخاب شد که دگرسانی‌ها در آن پوشاننده اندازه چند پیکسل پیوسته از تصویر سنجنده هایپریون منطقه (با اندازه پیکسلی ۳۰ متر) است (شکل ۵). نمونه برداری صحرائی از نقاطی در این محدوده انجام شده و موقعیت نمونه‌های برداشت شده روی تصویر هایپریون ناحیه یادشده مشخص شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه سنجش از دور دانشگاه تحصیلات تکمیلی ماهان در کرمان توسط دستگاه Fieldspec 3 طیف‌نگاری شدند. از Spectralon نیز برای بهنجارسازی بازتاب‌ها پیش و پس از اندازه‌گیری استفاده شده است. طیف تجربی نمونه‌ها در طول موج‌های میان ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و پس از فیلتراسون ناهنجاری‌ها بر مبنای طیف طول موجی ۱۵۸ باند از سنجنده هایپریون بازنویسی شد (شکل ۶). طیف‌سنجی در همان فصل انجام شده ولی از لحاظ زمانی (سال اخذ داده) همزمان نبوده است.

نقشه بردار زاویه طیفی مقادیر با زاویه طیفی کمتر از میانگین افزون بر سه برابر انحراف معیار انتخاب شد که ۱۵ تا ۲۰ درصد کل پیکسل‌های هر تصویر را شامل می‌شود. مبنای رقومی مقایسه در روش تقسیم‌بندی نظارت شده می‌تواند با نسبت‌هایی از قبیل ضریب درستی عامل (Producer Accuracy) یا ضریب درستی روش کاربر (user Accuracy) بیان شود. ضریب درستی روش کاربر بیانگر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در هر کلاس به پیکسل‌هایی است که در تصویر پردازش شده با عنوان کلاس یادشده نمایه شده‌اند. ضریب درستی عامل نیز بیانگر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در هر کلاس به کل پیکسل‌هایی است که در مطالعات صحرایی مورد نظارت و در کلاس مورد نظر قرار گرفته‌اند. در بررسی‌های انجام شده با توجه به ماهیت داده‌های صحرایی، بهترین ضریب مقایسه برای استفاده از ماتریس تقسیم‌بندی نظارت شده ضریب درستی عامل است. از مجموع ۱۴۶۶ پیکسل طبقه‌بندی شده در کلاس با عنوان حداکثر میزان دگرسانی آرژیلیک، ۵۹ پیکسل در مطالعات صحرایی، میکروسکوپی و آزمایشگاهی مورد بررسی و آزمایش قرار داده شدند. از مجموع پیکسل‌های مورد بررسی در تصویر تصحیح شده به روش IARR تعداد ۴۴ پیکسل توسط تصویر پردازش شده شناسایی و تفکیک شدند. مقایسه‌ای مشابه در مورد تصویر تصحیح شده به روش QUAC نیز انجام شد که از ۵۹ پیکسل مورد بررسی تنها ۲۴ پیکسل به درستی شناسایی و تفکیک شدند. بنابراین نتایج روش تقسیم‌بندی نظارت شده برای مقایسه محصول پردازشی مشابه روی تصاویر تصحیح شده به روش IARR و QUAC در منطقه مورد مطالعه از این قرار است: ضریب درستی عامل ۷۴/۵۸ درصد برای تصویر تصحیح شده به روش IARR و ضریب صحت عامل ۳۵/۵ درصد برای تصویر تصحیح شده به روش QUAC (جدول‌های ۳ و ۵).

این نتایج در حالی است که رسم ماتریس درستی و محاسبه ضریب درستی عامل برای محدوده‌های حداکثر امکان در محصول روش داده پایه ELM (جدول‌های ۶ و ۷) نشان‌دهنده ضریب درستی عامل ۷۴/۵۸ درصد است. بنابر محاسبات انجام شده و مقایسه درستی روش‌های صحنه پایه با روش ELM، تصحیح جوی خط تجربی انطباق ELM با وجود اتکا به داده‌های طیف‌نگاری صحرایی، نتیجه‌ای بسیار نزدیک به روش صحنه پایه IARR نشان می‌دهد. بنابراین روش IARR بدون نیاز به اطلاعات میدانی پیش پردازشی مناسب و بسیار نزدیک به محصول روش‌های داده پایه برای بازیافت اطلاعات طیفی تصویر به حساب می‌آید.

## ۵- نتیجه گیری

تصحیحات جوی پیش پردازشی اجتناب‌ناپذیر برای بازیافت اطلاعات کامل تصاویر ابرطیفی به حساب می‌آیند. تصحیحات صحنه پایه بدون اتکا به اطلاعات صحرایی با صرف هزینه و وقت کمتری نسبت به روش‌های داده پایه، بازیافتی مناسب از داده‌های ابرطیفی ارائه می‌دهند. مقایسه بصری نمودار الگوی طیفی تصویر سنجنده هایپریون از پهنه آرژیلیک در منطقه آتشفشان مساحیم با الگوی برداشت شده به وسیله طیف‌نگار صحرایی از منطقه، نشان‌دهنده اختلاف الگوی طیفی استخراج شده از تصاویر خام ماهواره با طیف حقیقی منطقه مورد برداشت است. در این مطالعه با بررسی اثر تصحیحات جوی صحنه پایه به مقایسه کمی و کیفی روش‌های صحنه پایه میانگین نسبی بازتاب‌ها IARR و روش تصحیح جوی آنی QUAC پرداخته شده است. استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی و مقایسه رقومی اختلاف طیف پیکسل‌های تصاویر تصحیح شده و داده‌های آماری حاصل از طیف پیکسل‌ها نشان‌دهنده برتری روش IARR هستند؛ به گونه‌ای که در تصویر تصحیح شده به روش IARR اختلاف زاویه‌ای کمتری با طیف صحرایی منطقه وجود دارد. مطالعات طیف‌نگاری صحرایی و مقایسه نتایج حاصل از روش داده پایه تجربی انطباق ELM نیز مؤید برتری روش IARR هستند. نتایج به دست

۰/۲۱ و انحراف معیار اختلاف زاویه‌ای پیکسل‌ها ۰/۳۵ محاسبه شد که در مقایسه با میانگین و انحراف معیار پیکسل‌ها در هیستوگرام تصویر تصحیح شده به روش QUAC (شکل ۱۱) (به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۰۹۳) اختلاف کمتری با طیف صحرایی نشان می‌دهد (جدول ۱).

## ۴-۱. نتایج نقاط کنترلی در مطالعات میدانی

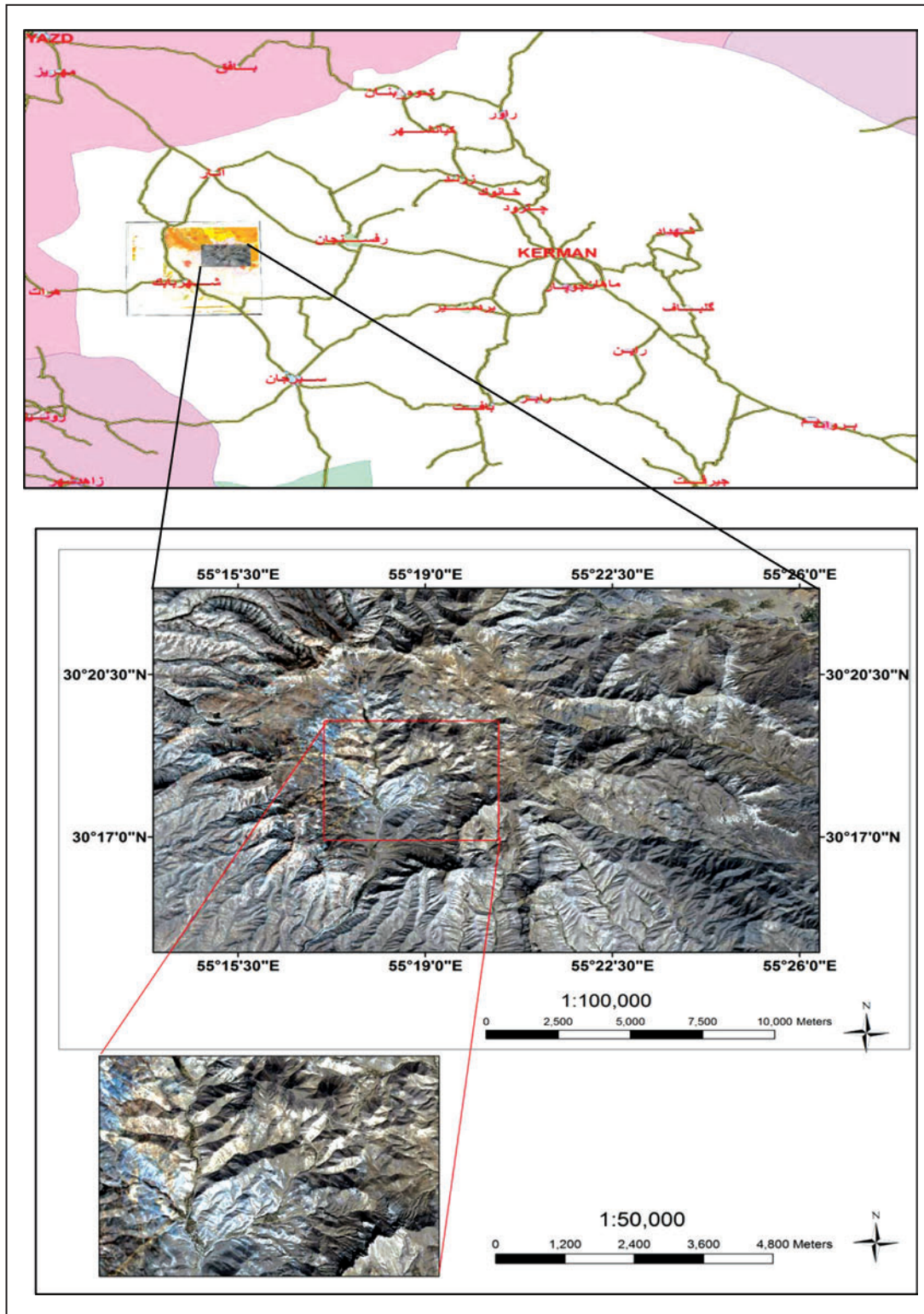
به منظور بررسی درستی تفکیک و شناسایی تصاویر تصحیح شده به روش‌های QUAC و IARR، پس از اعمال روش نقشه بردار زاویه طیفی محدوده‌های با زاویه کمتر از ۰/۱ رادیان برای تصویر تصحیح شده به روش QUAC و محدوده‌های با اختلاف زاویه‌ای کمتر از ۰/۱۲ رادیان برای تصویر تصحیح شده به روش IARR آشکارسازی و در مطالعات میدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. از آنجایی که پهنای باندها در سنجنده‌های ابر طیفی ظریف و بسیار محدودتر از سنجنده‌های فراطیفی است؛ تأمین انرژی امواج دریافتی توسط سنجنده الزاماً از محدوده مکانی گسترده‌تری صورت می‌گیرد. به همین دلیل تصاویر ابرطیفی فاقد توانایی تفکیک مکانی بالا هستند (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). در روش مورد استفاده برای مطالعات میدانی به منظور افزایش دقت و آشکار مسیره‌های پیمایش، نقشه‌های برداری حاصل از پردازش تصویر هایپریون در یک سامانه اطلاعات جغرافیایی روی تصویر سنجنده کوئیک برد (با تفکیک مکانی ۶۰ سانتی‌متر) از منطقه مورد مطالعه قرار داده شد. این تصاویر به سامانه مکان‌یاب جهانی (GPS) وارد شده و به عنوان راهنمایی به سوی مناطق ارائه شده در پردازش تصویر هایپریون مورد استفاده قرار گرفتند. همان گونه که مقایسه آمار اختلاف زاویه‌ای پیکسل‌ها در تصاویر تصحیح شده به هر دو روش، برتری روش IARR را نشان می‌دهد، برداشت‌های صحرایی نیز برتری تصحیح جوی IARR را در مقایسه با روش QUAC کاملاً تأیید می‌کند. به منظور بررسی درستی مناطق ارائه شده در تصویر تصحیح شده به روش IARR (شکل ۱۲) تعداد ۲۰ نقطه کنترلی در محدوده‌های ارائه شده به وسیله روش نقشه بردار زاویه طیفی مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱۴). با توجه به نمونه‌برداری‌های انجام شده در مقیاس دستی و مطالعه مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های یادشده (شکل‌های ۱۴ و ۱۵) و نیز آزمایش XRD انجام شده روی نمونه‌ای شاهد؛ ۱۶ نقطه از ۲۰ نقطه مورد بررسی دارای میزان رس غالب به نسبت باقی‌مانده هستند. در تصویر تصحیح شده به روش QUAC با اعمال پردازشی سهل‌تر (انتخاب زوایای بزرگ‌تر) هم نتیجه مطلوب حاصل نمی‌شود و مناطق با دگرسانی ضعیف‌تر نیز جدا می‌شوند. به منظور بررسی درستی مناطق ارائه شده در تصویر تصحیح شده به روش QUAC نیز ۲۰ نقطه کنترلی در محدوده‌های ارائه شده به وسیله روش نقشه بردار زاویه طیفی مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی نمونه‌های برداشت شده از ۲۰ نقطه یادشده روی محدوده‌های ارائه شده در تصویر تصحیح شده به روش QUAC، (شکل ۱۳) و مطالعه نمونه‌های برداشت شده در مقطع میکروسکوپی تنها ۹ پاسخ صحیح برای تفکیک مناطق با میزان رس غالب در بر داشت. بنابراین مطالعه، به منظور تفکیک مناطق با بیشترین شدت دگرسانی آرژیلیک در منطقه آتشفشانی مساحیم، نقاط مورد بررسی در محدوده‌های ارائه شده روی تصویر تصحیح شده به روش IARR در ۸۰ درصد موارد تحت پوشش مناطق مطلوب در تصویر پردازش شده قرار می‌گیرند. در بررسی مشابه نقاط مورد کاوش در محدوده‌های ارائه شده روی تصویر تصحیح شده به روش QUAC در ۴۵ درصد موارد تحت پوشش نواحی مطلوب پردازش قرار می‌گیرند. روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده مبنای دیگری برای مقایسه رقومی و کمی نتایج حاصل از پردازش و داده‌های زمینی در قالب محدوده‌هایی منحصر به پیکسل‌های با مقادیر مطلوب فراهم می‌آورند. با استفاده از روش‌های تقسیم‌بندی نظارت شده روی داده‌های پیکسلی تصویر سنجنده هایپریون، ماتریس درستی پیکسل‌های نمایه شده در طبقه‌بندی و نیز پیکسل‌های نمونه‌برداری شده و بررسی شده در مطالعات صحرایی - آزمایشگاهی رسم شد (جدول‌های ۲ و ۴). بر پایه آمار تصاویر حاصل از پردازش به روش

تصحیح جوی IARR پیش پردازشی مناسب و کم هزینه برای بازیافت اطلاعات طیفی داده‌های ابرطیفی به حساب می‌آید.

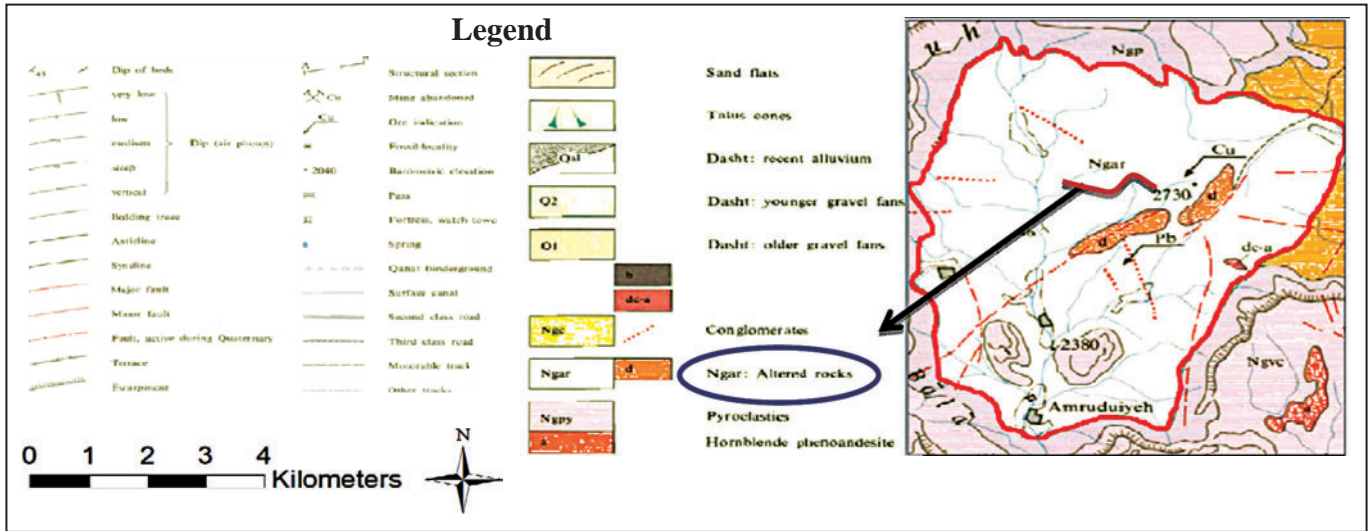
### سپاسگزاری

تجزیه طیفی نمونه‌ها در دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان در ماهان انجام شده است. بدین وسیله از مسئولین محترم دانشگاه سپاسگزاری می‌شود.

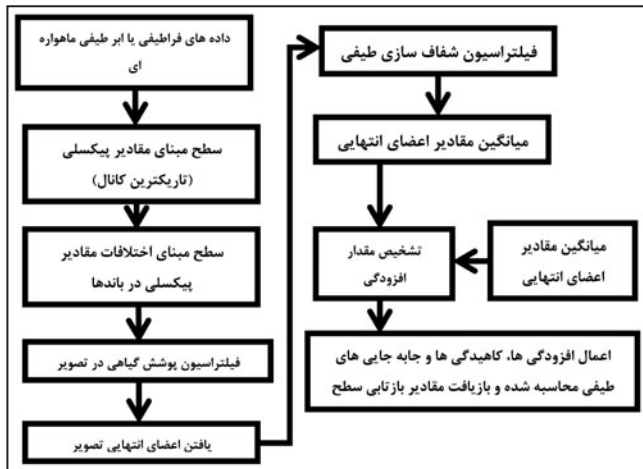
آمده از پیمایش‌های میدانی و مطالعات صحرایی - آزمایشگاهی در قالب ماتریس درستی محدوده‌های حداکثر امکان بیانگر ضریب درستی عامل  $74/58$  درصد برای تصویر تصحیح شده به روش IARR و ضریب درستی عامل  $35/5$  درصد برای تصویر تصحیح شده به روش QUAC است؛ و این در حالی است که تصحیح داده پایه ELM نیز با اتکا به داده‌های طیف‌نگاری صحرایی ضریب درستی  $74/58$  درصد را نشان می‌دهد. بنابراین در تفکیک پهنه آرژلیک در مناطق نیمه خشک،



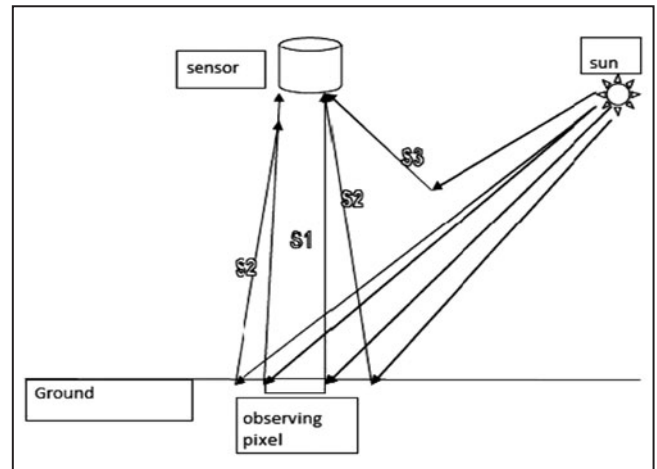
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه روی تصویر ماهواره کوچک برد.



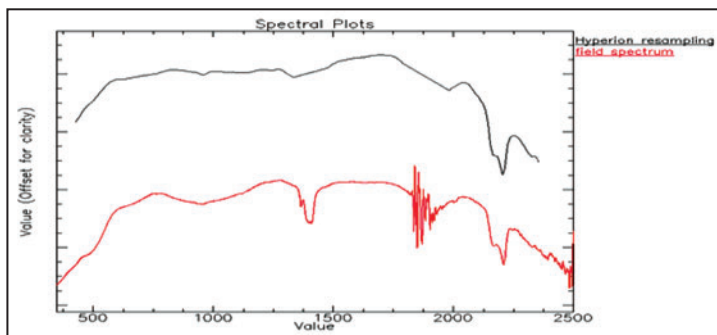
شکل ۲- رخنمون وسیع دگرسانی‌ها در دهانه کالدرای (Saric et al., 1971).



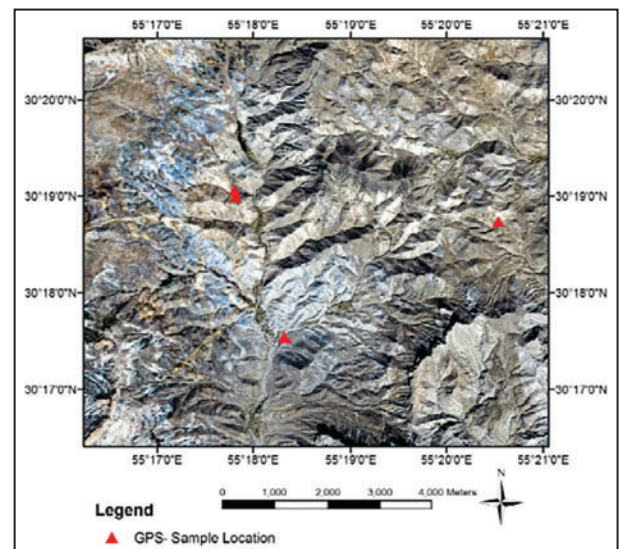
شکل ۴- طرح بصری نحوه پردازش در روش QUAC (Sarup, 2011).



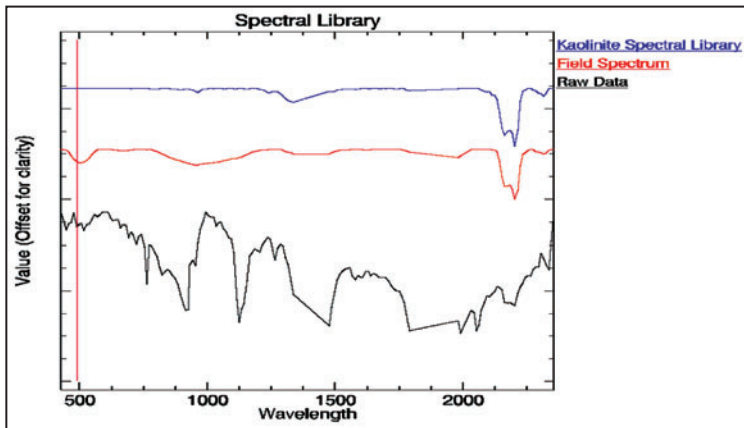
شکل ۳- امواج بازتابی دریافت شونده به وسیله سنجنده S1 (Sarup, 2011). امواج بازتابی سطح؛ S2 اثر همجواری؛ S3 اثر پراکنش جوی.



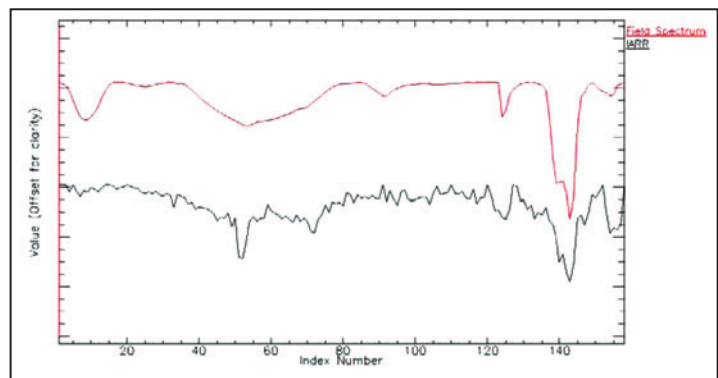
شکل ۶- طیف تجربی پیوسته یک نمونه در طول موج‌های میان ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر (نمودار طیفی سرخ‌رنگ) و طیف فیلتر شده و بازنویسی شده نمونه بر مبنای طول موج‌های ۱۵۸ باند سنجنده هایپریون (نمودار طیفی با رنگ سیاه).



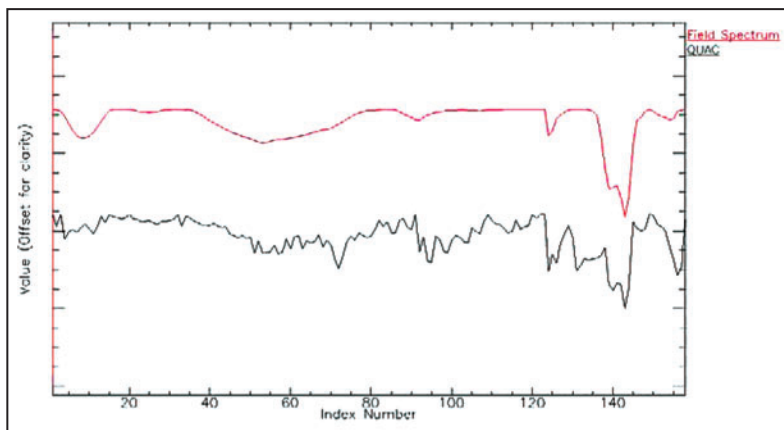
شکل ۵- موقعیت نمونه‌های طیف‌نگاری شده.



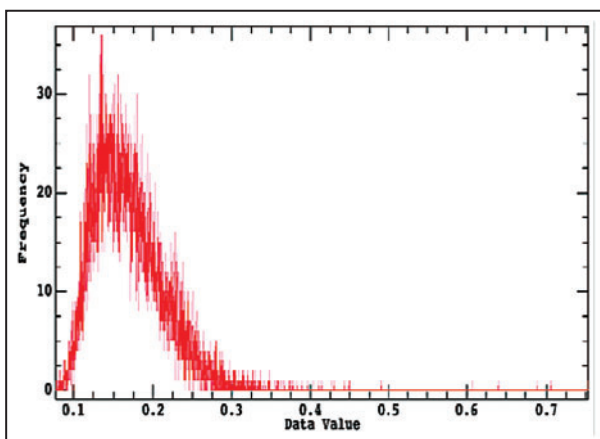
شکل ۷- مقایسه الگوی طیفی تصویر خام با طیف صحرایی منطقه و طیف کتابخانه‌ای کانی کائولن.



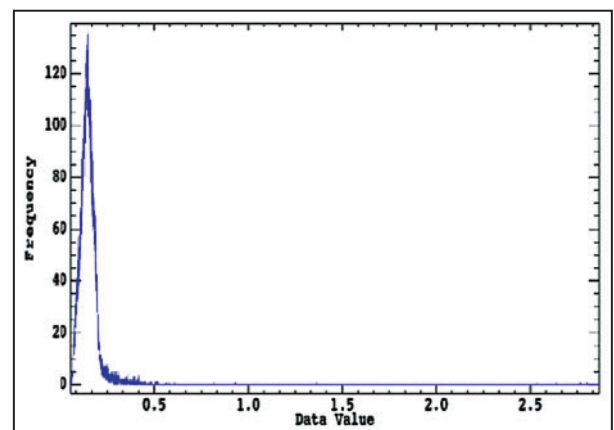
شکل ۸- مقایسه الگوی طیفی تصویر تصحیح شده به روش IARR با طیف تجربی نمونه‌های منطقه.



شکل ۹- مقایسه طیف تصویر تصحیح شده به روش QUAC با الگوی طیف تجربی منطق.

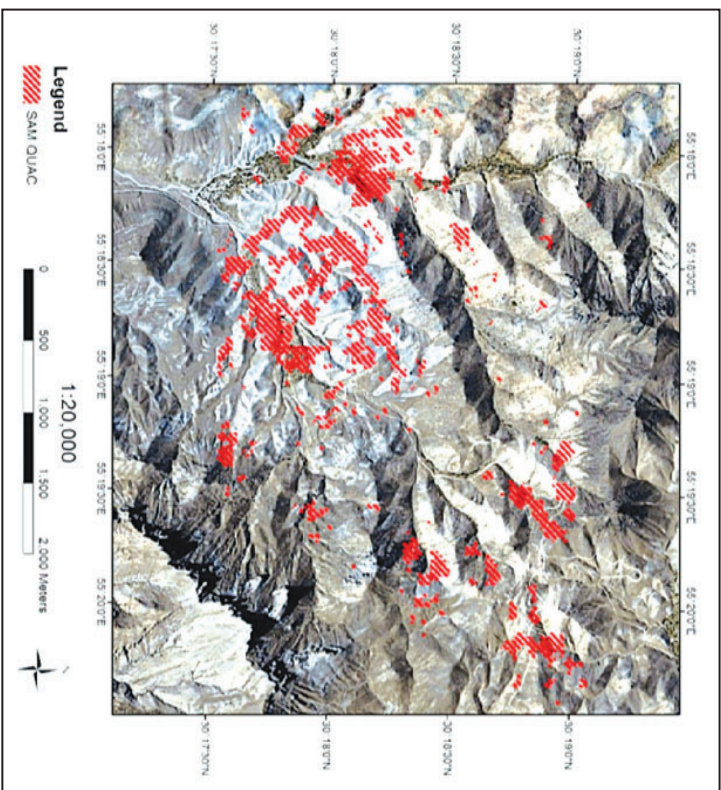


شکل ۱۱- هیستوگرام مقادیر زاویه‌ای پیکسل‌ها در تصویر تصحیح شده به روش SAM.

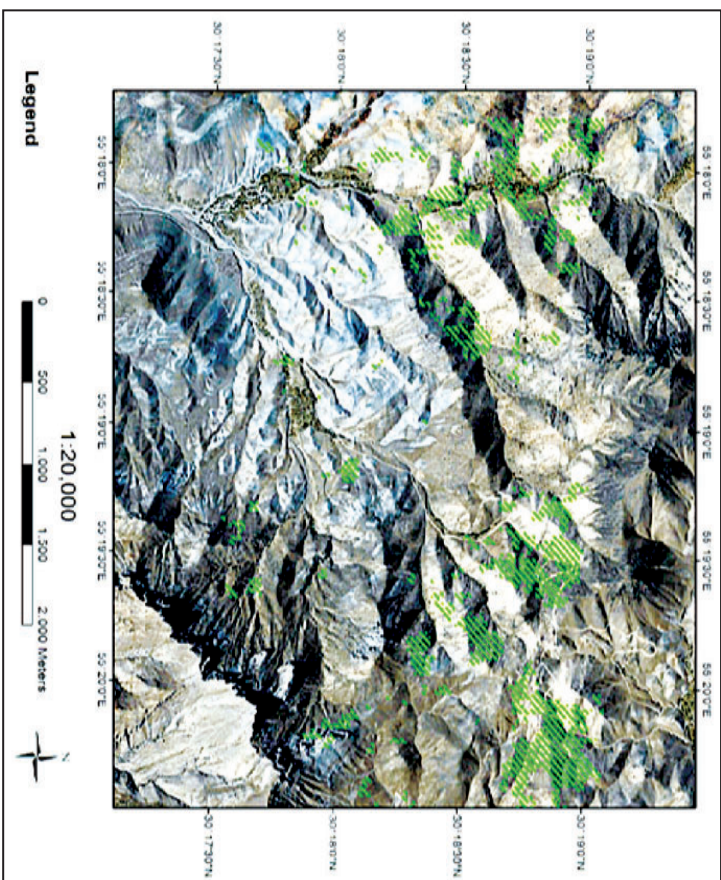


شکل ۱۰- هیستوگرام مقادیر زاویه‌ای پیکسل‌ها در تصویر تصحیح شده به روش QUAC.

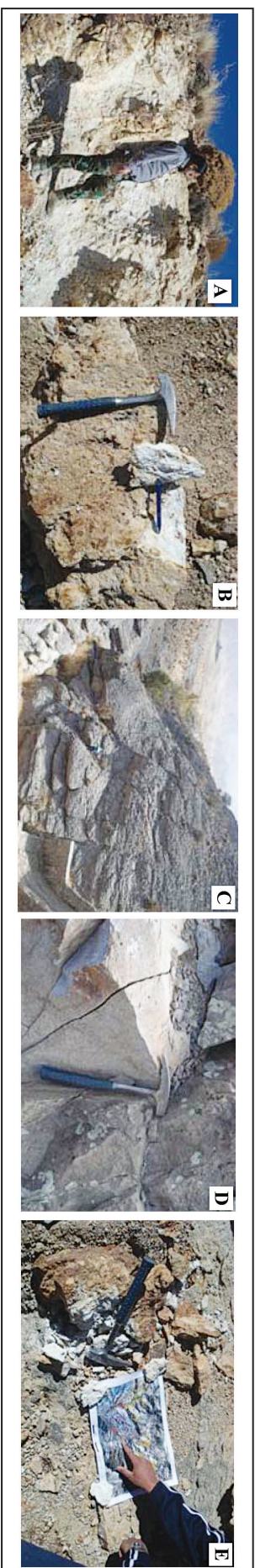




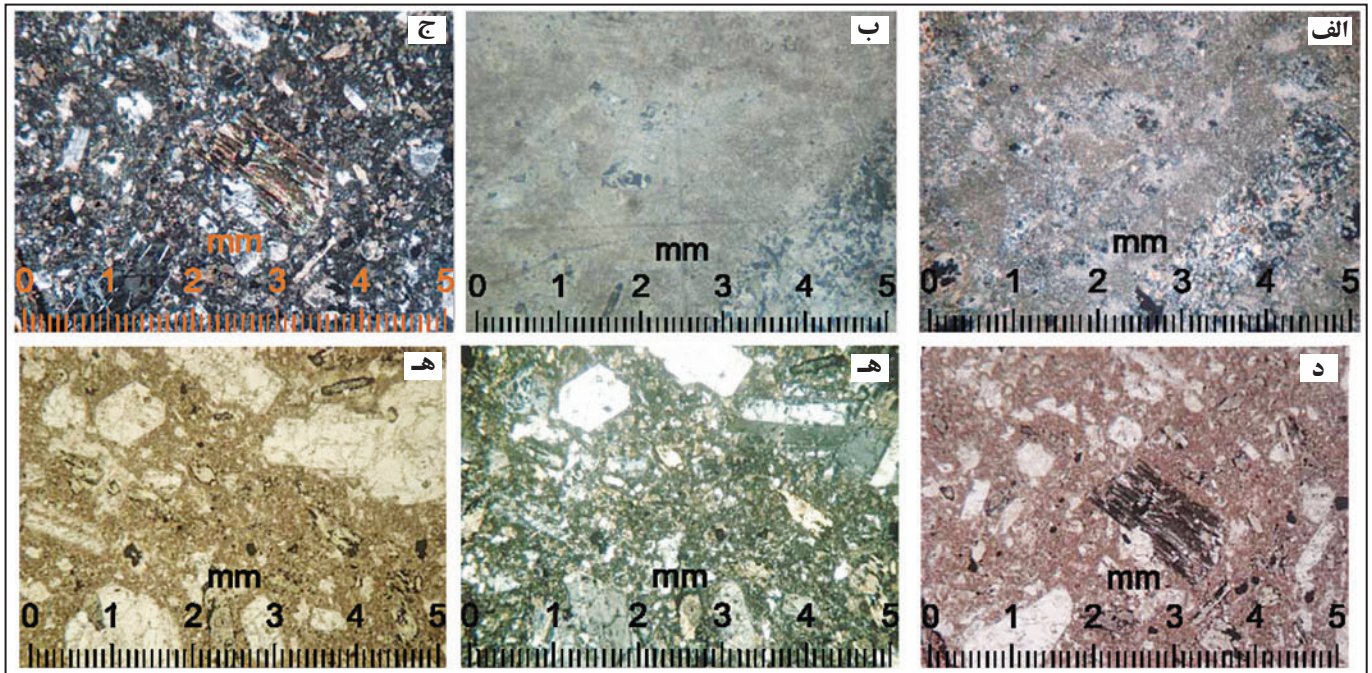
شکل ۱۳- پیکسل‌های دارای کمترین زاویه طیفی به طیف صحرایی سنگ‌های کانولینی در تصویر تصحیح شده به روش QUAC



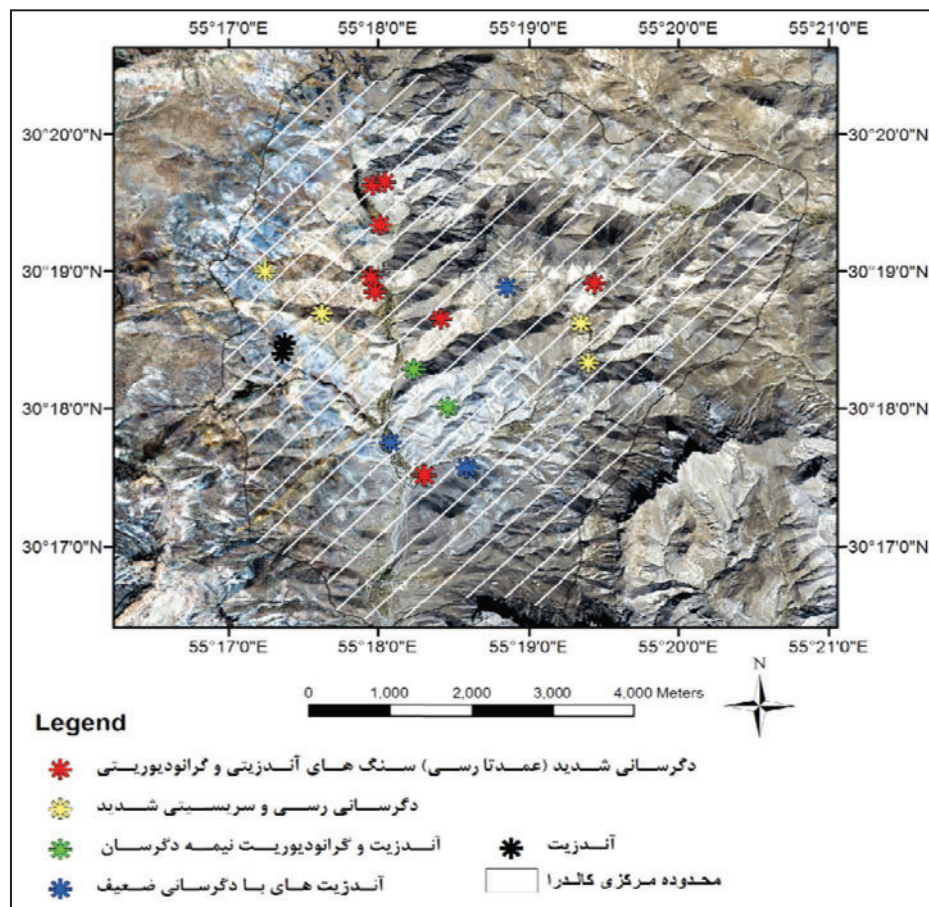
شکل ۱۲- پیکسل‌های دارای کمترین زاویه طیفی به الگوی طیف صحرایی سنگ‌های کانولینی در تصویر تصحیح شده به روش IARR



شکل ۱۴- A, B, E, نمونه‌های با دگرسانی شدید و کانولینی شده که در تصویر تصحیح شده به روش IARR به خوبی تفکیک شده‌اند؛ C, D, نمونه‌های همراه با دگرسانی ضعیف‌تر که در تصویر تصحیح شده به روش QUAC تفکیک شده‌اند.



شکل ۱۵- تصویر تکوین دگرسانی‌ها در مقاطع میکروسکوپی از نمونه‌های منطقه - دگرسانی پیشرفته تا ضعیف. الف) دگرسانی رسی و سرسیتی شدید - نور XPL؛ ب) دگرسانی رسی و سرسیتی شدید - نور PPL؛ ج) آندزیت نیمه دگرسان، دگرسانی رسی در پلاژیوکلازهای در حال دگرسانی - نور XPL؛ د) آندزیت نیمه دگرسان، دگرسانی رسی در پلاژیوکلاز - نور PPL؛ ه) سنگ همراه با دگرسانی ضعیف تر، دگرسانی رسی در زمینه، قالب پلاژیوکلازها حفظ شده است - نور XPL؛ ه) سنگ همراه با دگرسانی ضعیف تر، دگرسانی رسی در زمینه، قالب پلاژیوکلازها حفظ شده است - نور XPL.



شکل ۱۶- موقعیت نقاط بررسی شده و نمونه برداری شده در مطالعات میدانی.

جدول ۱- آمار نتایج حاصل از روش نقشه بردار زاویه طیفی در تصاویر تصحیح شده به روش IARR و QUAC.

	Min	Max	Mean	STD
QUAC	0.107	2.835	0.231	0.093
IARR	0.132	0.660	0.213	0.035

جدول ۳- محاسبه ضریب درستی عامل و روش کاربر روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش IARR شامل دو کلاس.

IARR	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Unclassified	89.77	99.88	12484/13906	12484/12499
Argillic Class	74.58	3.00	44/59	44/1466

جدول ۲- ماتریس درستی تقسیم‌بندی نظارت شده روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش IARR شامل دو کلاس.

IARR	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	12484	15	12499
Argillic Class	1422	44	1466
Total	13906	59	13965

جدول ۵- محاسبه ضریب درستی عامل و روش کاربر بر روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش QUAC شامل دو کلاس.

QUAC	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Unclassified	76.49	99.64	10637/13906	10637/10675
Argillic Class	35.59	0.64	21/59	21/3290

جدول ۴- ماتریس درستی تقسیم‌بندی نظارت شده روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش QUAC شامل دو کلاس.

QUAC	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	10637	38	10675
Argillic Class	3269	21	3290
Total	13906	59	13965

جدول ۷- محاسبه ضریب درستی عامل و روش کاربر بر روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش MLE شامل دو کلاس.

Empirical Line	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
Unclassified	75.83	99.86	10545/13906	10545/10560
Argillic Class	74.58	1.29	44/59	44/3405

جدول ۶- ماتریس درستی تقسیم‌بندی نظارت شده بر روی پیکسل‌های تصویر تصحیح شده به روش MLE شامل دو کلاس.

QUAC	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	10545	15	10560
Argillic Class	3361	44	3405
Total	13906	59	13965

## کتابنگاری

- احمدی‌پور، م.، ۱۳۷۲- بررسی دینامیزم آتشفشان مزاحم؛ پایان‌نامه دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- امینیان، ع. ر.، ۱۳۸۸- ژئوشیمی و پتروژنز منطقه آبدر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- بهنیا، پ. و کرمی، ج.، ۱۳۸۵- کاربرد تصاویر هایپراسپکترال در تهیه نقشه پراکندگی کانی‌ها در زون‌های دگرسان سیستم‌های هیدرترمال: مطالعه موردی در منطقه آبرش طارم؛ بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- سایت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ([ir.gsi.www](http://ir.gsi.www)).
- علوی‌پناه، س. ک.، ۱۳۸۲- کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

## References

- Beiranvand Pour, A., & Hashim, M., 2011- The Earth Observing-1 (EO-1) satellite data for geological mapping, southeastern segment of the Central Iranian Volcanic Belt, Iran. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(33), pp. 7638 – 7650.
- Bindschadler, R. & Choi, H., 2003- Characterizing and Correcting Hyperion Detectors Using Ice-Sheet Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(6), pp. 1189-1193.
- Coops, N. C., Smith, M. L., Martin, M. E., Ollinger, S. V. & Held, A. A., 2002- Predicting Eucalypt biochemistry from HYPERION and HYMAP imagery. in Proc. IGARSS, Toronto, ON, Canada.
- Datt, B., McVicar, T. R., VanNiel, T. G., Jupp, D. L. B. & Pearlman, J. S., 2003- Preprocessing EO-1 Hyperion Hyperspectral Data to Support the Application of Agricultural Indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(6), pp. 1246-1259.

- Felde, G. W., Anderson, G. P., Adler-Golden, S. M., Matthew, N. W. & Berk, A., 2003- Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm. Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). Toulouse, 21–25 July 2003, pp.90-92.
- Gersman, R., Ben-Dor, E., Beyth, M., Avigad, D., Abraha, M. & Kibreab, A., 2008- Mapping of hydrothermally altered rocks by the EO-1 Hyperion sensor, northern Danakil Depression, Eritre. International Journal of Remote Sensing, vol. 29, pp.3911-3936.
- Goodenough, D. G., Dyk, A., Niemann, K. O., Pearlman, J. S., Hao Chen Han, T., Murdoch, M. & West, C., 2003- Processing Hyperion and ALI for forest classification, IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing, vol:41 (6), pp. 1321- 1331.
- Honarmand, M., Ranjbar, H. & Shahabpour, J., 2012- Application of Spectral Analysis in Mapping Hydrothermal Alteration of the Northwestern Part of the Kerman Cenozoic Magmatic Arc, Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 22(3): 221-238.
- Hubbard, B. E., Crowley, J. K. & Zimelman, D. R., 2003- Comparative alteration mineral mapping using visible to shortwave infrared (0.4–2.4 $\mu$ m) Hyperion, ALI, and ASTER imagery. IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing, vol:41 (6), pp. 1401-1410.
- Ientilucci, E. J., 2008- Using MODTRAN Predicting Sensor-Reaching Radiance, Chester F. Carlson Center for Imaging Science, Rochester Institute of Technology, WEB site: [www.cis.rit.edu/~ejipci/Reports/Modtran\\_lab](http://www.cis.rit.edu/~ejipci/Reports/Modtran_lab)
- Khurshid, K. S., Staenz, K., Sun, L., Neville, R., White, H. P., Bannari, A., Champagne, C. M. & Hitchcock, R., 2006- Preprocessing of EO-1 Hyperion data. Canadian Journal of Remote Sensing, 32(2) pp. 84-97.
- Kruse, F. A., 1988- Use of Airborne Imaging Spectrometer data to map minerals associated with hydrothermally altered rocks in the northern Grapevine Mountains, Nevada and California: Remote Sensing of Environment, V. 24, No. 1, p. 31-51.
- Kruse, F. A., 2003- Preliminary Results – Hyperspectral mapping of coral reef systems using EO-1 Hyperion, Buck Island, U.S. Virgin Islands: In proceedings 12th JPL Airborne Geoscience Workshop, Jet Propulsion Laboratory, Publication 04-6 (CD-ROM), p. 157 – 173.
- Kruse, F. A., Boardman, J. W. & Huntington, J. F., 2002- Comparison of EO-1 Hyperion and Airborne Hyperspectral Remote Sensing Data for Geologic Applications: In Proceedings, SPIE Aerospace Conference, 9-16, Big Sky, Montana (in press).
- Kruse, F. A., Bordman, J. W. & Huntington, J. F., 2003- Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping: IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing, vol:41(6):1388–1400.
- Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J. & Goetz, A. F. H., 1993-The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data: Remote Sensing of Environment, Special issue on AVIRIS, May-June 1993, v. 44, p. 145 - 163.
- Leverington, D. W., 2008- Discrimination of geological end members using Hyperion imagery: Preliminary results, Big Bend National Park, Texas. IEEE International Geosciences and Remote Sensing Symposium, Boston, Massachusetts.
- Pearlman, J. S., Barry, P. S., Segal, C. C., Shepanski, J., Beiso, D. & Carman, S. L., 2003- Hyperion, a Space Borne Imaging Spectrometer: IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, vol:41, No.6, pp.1160-1173.
- Perry, E. M., Warner, T. & Foote, P., 2000- Comparison of atmospheric modeling versus empirical line fitting for mosaicking HYDICE imagery, International Journal of Remote Sensing, vol: 21, No. 4, pp.799-803.
- Ramsey III, E., Rangoonwala, A., Nelson, G., Ehrlich, R. & Martella, K., 2004- Generation and validation of characteristic spectra from EO-1 Hyperion image data for detecting the occurrence of their vasive species, Chinese tallow. International Journal of Remote Sensing, vol. 26, pp.1611-1636.
- San, B. T. & Suzen, M. L., 2010- Evaluation of different atmospheric correction algorithms for eo-1 hyperion imagery; International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science; Volume XXXVIII, Part 8; pp 392 – 398.
- Saric, A., Djordjevic, M. & Dimitrijevic, M. N., 1971-Geological map of Shahr-Babak, Scale 1/100000. Geological Survey of Iran. Tehran, Iran.
- Sarup, J., 2011- Comparison of QUAC and FLAASH Atmospheric Correction Modules on EO-1 Hyperion Data of Sanch. International Journal of advanced engineering sciences and technologies. Vol No. 4, Issue No. 1, 178 – 186.
- Staenz, K., Neville, R. A., Clavette, S., Landry, R. & White, H. P., 2002- Retrieval of Surface Reflectance from Hyperion Radiance Data. IEEE Geoscience and remote sensing letters 2002;1;1419-1421.
- Tangestani, M. H., Mazhari, M. & Agar Moore, F., 2008- 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. V. 29, No. 10, P. 2833–2850.
- USGS, 2004a- Earth Observing 1, downloaded on May, 2009, from, url: <http://eo1.usgs.gov/>
- Van der Meer, F. & De Jong, S., 2003- Imaging Spectrometry. Basic Principles and Prospective Applications, 4. Kluwer Achademic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 35 p

# Study of the Scene Based Atmospheric Correction on Hyperion Images – A Case Study for Recognition of Argillic Alteration Zone in the Masahim Volcanic Crater

B. Bahrambeygi <sup>1\*</sup>, H.Ranjbar <sup>2</sup>, J. Shahabpour <sup>3</sup> & H. Moeinzadeh <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

<sup>2</sup> Professor, Faculty of Mining, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

<sup>4</sup> Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2012 February 25

Accepted: 2012 July 22

## Abstract

Hyperspectral images of Hyperion sensor is a rich source of information with 242 narrow contiguous spectral bands. Among these, there are a number of atmospheric agents, which contaminate the content of various information bands. Therefore, to obtain the complete advantage of a Hyperspectral image in optimum condition, atmospheric correction is an inevitable process. Atmospheric corrections may be conducted by two methods, namely data based, and scene based. In the scene based methods, spectral anomalies are detected and corrected by using self-image spectral information processing without a field information requirement. In this study, two scene based atmospheric correction methods of Quick Atmospheric Correction (QUAC) and Internal Average Relative Reflectance (IARR) were examined on Hyperion image of Masahim volcanic crater. To evaluate the results of these two scenesbased methods, the results of field spectroscopy and data based empirical line method were used. X-ray diffraction and spectral analysis of selected samples, whose locations were determined through SAM method, illustrated kaolinite pattern as index mineral of argillic zone. In order to compare the results obtained from different atmospherically corrected images quantitatively, maximum probability pixels obtained from SAM method were evaluated for each corrected images in classified information format. After drawing the accuracy matrix for classified pixels and sampled and investigated pixels in the field and laboratory studies, the accuracy coefficients were calculated for the favorable districts of the corrected images by two scene based methods and ELM method. The examination results display the producer accuracy of 74.58 percent for IARR corrected images and a producer accuracy of 35.5 percent for QUAC corrected image; whereas the ELM data based correction method despite using field spectrometry data shows the producer accuracy of 74.58 percent. Therefore, in discrimination of argillic zone in semi-arid regions, IARR atmospheric correction method is considered as suitable and affordable preprocessing method to retrieve spectral information from the hyperspectral data.

**Keywords:** Atmospheric Correction, Hyperion, IARR, QUAC, Masahim Volcano.

For Persian Version see pages 81 to 92

\*Corresponding author: B. Bahrambeygi: E-mail: b.bahram.100@gmail.com