



## مقایسه روشهای داده پایه و طیف مبنا جهت نقشه‌برداری از مناطق دارای کائولینیت در آتشفشان مساحیم با استفاده از داده‌های هایپرین

بهرام بهرام‌بیگی<sup>۱\*</sup>، حجت‌الله رنجبر<sup>۲</sup>، جمشید شهاب‌پور<sup>۳</sup>

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(۲) عضو هیأت علمی دانشکده معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان

(۳) عضو هیأت علمی بخش زمین‌شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۳/۱۵، پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۷

### چکیده

داده‌های ابر طیفی سنجنده هایپرین حاوی اطلاعات بسیار غنی از بازتابهای الکترومغناطیس سطح زمین در ۲۴۲ باند ظریف و پیوسته هستند. دست یابی به این گنجینه اطلاعاتی منوط به اعمال پردازشی مناسب بر روی داده‌های خام ماهواره‌ای است. روشهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به دو گروه آمار پایه و طیف مبنا تقسیم کرد. در روشهای آمار پایه اصول پردازش بر پایه نحوه پراکندگی هیستوگرام مقادیر پیکسلی هر باند اطراف میانگین، مود و میانه داده‌ها بنا نهاده می‌شود، در حالی که در روشهای طیف مبنا، از ابتدای پردازش می‌بایست الگوی طیفی مرجعی مشخص و در دست باشد. پردازش بر پایه الگوی طیفی مرجع و تناسب محدوده‌های جذب و بازتاب هدف مورد نظر با محدوده‌های متناظر در الگوی مرجع بنا نهاده می‌شود. در این پژوهش به بررسی نتایج حاصل از هر دو نوع روش پردازش تصویر و مقایسه ضریب صحت هر کدام در برابر داده‌های صحرایی پرداخته شده است. مطالعات میدانی و آزمایشگاهی شامل بررسی نقاط با حداکثر شدت دگرسانی، طیف نگاری، آزمایش XRD و مطالعه مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های سنگی برداشت شده از منطقه می‌شود. روشهای پردازش تصویر SAM و PCA به ترتیب به عنوان روشهای طیف مبنا و آمار پایه بر روی تصویر هایپرین زون آرژلیک در منطقه آتشفشان مساحیم اعمال گردید. روش MTMF نیز به عنوان روشی که علاوه بر استفاده از طیف مرجع اصول آماری تصویر را نیز درگیر پردازش می‌کند مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه ماتریس صحت و تعیین ضریب صحت عامل مناطق حداکثر امکان در روش های SAM، PCA و MTMF ضریب ۷۴/۵۸ درصد برای پردازش با روش SAM و ضرایب ۲۵/۴۲ و ۶۱ درصد به ترتیب برای مناطق حداکثر امکان در روشهای PCA و MTMF را نشان می‌دهد. بنابراین استفاده از روشهای طیف مبنا در پردازش تصاویر ابر طیفی پیشنهادی مناسب جهت مطالعات دورسنجی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنده هایپرین به حساب می‌آید.

**واژه‌های کلیدی:** هایپرین، نقشه بردار زاویه طیفی؛ آنالیز مؤلفه‌های اصلی، آتشفشان مساحیم، زون آرژلیک.

### مقدمه

طیفی مرجعی مشخص و در دست باشد. پردازش بر پایه الگوی طیفی مرجع و به تناسب محدوده‌های جذب و بازتاب هدف مورد نظر با محدوده‌های متناظر در الگوی مرجع بنا نهاده می‌شود. در این تحقیق به بررسی نتایج حاصل از هر دو نوع روش پردازش تصویر و مقایسه ضریب صحت هر کدام در برابر داده‌های صحرایی پرداخته شده است. روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی به عنوان روش آمار پایه، و روش نقشه بردار زاویه طیفی به عنوان روش طیف مبنا بر روی داده‌های هایپرین انجام و مورد مقایسه قرار گرفتند. هر کدام از این دو

به طور کلی روشهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به دو گروه آمار پایه و طیف مبنا تقسیم کرد. در روشهای آمار پایه اصول پردازش بر پایه نحوه پراکندگی هیستوگرام مقادیر پیکسلی هر باند اطراف میانگین، مود و میانه داده‌ها بنا نهاده می‌شود. هر چند در ادامه، تفسیر داده‌های حاصل حتی در روشهای آمار پایه هم نیاز به اطلاعات طیفی دارد، اما بنای روش پردازش تنها بر پایه اصول آماری باندهای تصویر است. در روشهای طیف مبنا از ابتدای پردازش می‌بایست الگوی

\*مسئول مکاتبات: b.bahram.100@gmail.com

منطقه به وجود آورده‌اند. این فعالیت با سیلیسی‌زایی خاتمه یافته و کانی‌زایی سولفیدی آن را همراهی می‌کند، به طوری‌که در محدوده دهانه کالدرا در شمال امردویه اندیس‌هایی از فلزات مس، سرب، روی تشکیل شده‌اند [۵، ۶]. دگرسانی تقریباً یکپارچه سنگهای مرکزی دهانه کالدرا دلیل انتخاب این منطقه برای مقایسه روشهای پردازش در مطالعه حاضر بوده است. تاکنون چند مورد مطالعات دورسنجی نیز در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سنجنده استر جهت نقشه برداری از مناطق دگرسان شده انجام گرفته است. [۷، ۸] از داده‌های استر به منظور تهیه نقشه‌های دگرسانی با روشهای مختلفی از قبیل نقشه بردار زاویه طیفی، مؤلفه‌های اصلی و ناآمیختگی خطی طیفی استفاده نموده‌اند.

#### دگرسانیها در مرکز آتشفشان مساحیم

در مرکز کالدرا مساحیم فعالیتهای گرمایی مربوط به آخرین فاز عملکرد آتشفشان بخش وسیعی از سنگهای درونی و بیرونی منطقه را دگرسان کرده است (شکل ۲). دگرسانی در بخش دیوریتی و کوارتز دیوریتی از نوع پتاسیک [۹] بوده و سنگهای آتشفشانی بیشتر تحت تأثیر رسی شدن، کلریتی شدن، سیلیسی شدن و پروپیلیتی، بیوتیتی شدن قرار گرفته و منطقه دگرسان وسعتی حدود ۲ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. حضور ژاروسیت، آلونیت و کائولینیت در هاله دگرسانی بیانگر کانی‌زایی رگه‌ای از نوع سولفیدی شدن بالا می‌باشد که با دگرسانی رسی پیشرفته همراه است [۱]. در محدوده محاط بر دهانه اصلی که سنگها بیشتر از نوع آندزیتی بوده‌اند شدت دگرسانی به حداکثر می‌رسد و عمدتاً دگرسانی رسی همراه با سریسیت مشاهده می‌گردد. در این تحقیق بخش محاط بر دهانه اصلی با عنوان شاخص دگرسانی آرژبلیک مورد ارزیابی و طیف نگاری الکترومغناطیس قرار گرفته است.

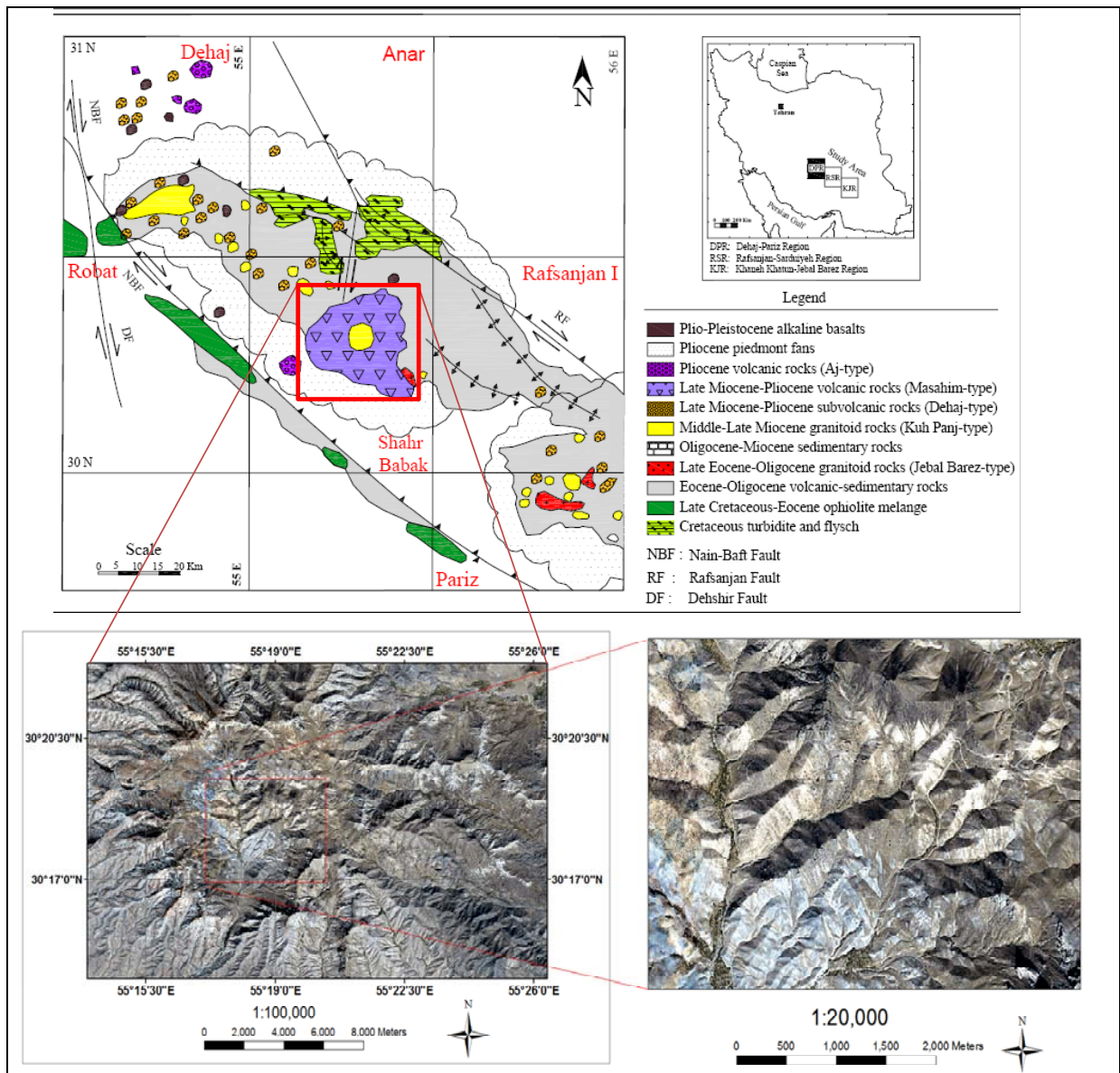
#### سنجنده های بیرون

ماهواره EO1 در تاریخ ۲۱ نوامبر سال ۲۰۰۰ میلادی به وسیله ناسا و به منظور مقایسه با داده‌های ماهواره لندست-۷ به صورت آزمایشی در مدار قرار داده شد. بر روی این ماهواره سه سنجنده شامل اولین سنجنده ابرطیفی فضایی به نام هایپرین، سنجنده چندطیفی ALI و سنجنده AC قرار گرفته‌اند [۱۱].

روش در جایگاه خود مبنا و پایه اصلی بسیاری از پردازشهای هم ردیف خود می‌باشند. به عنوان مثال روشهای آمار پایه "کسر نویز حداقل" یا روش "مؤلفه‌های هدایت شده (کروستا)"، روشهای پردازش تصویر بر پایه الگوریتم آنالیز مؤلفه‌های اصلی هستند. در روشهای طیف مبنا، پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز نتایج حاصل از بسیاری از روشها مانند روشهای پیشرفته "آنالیز محدوده‌های جذبی" و یا روشهایی از قبیل تناسب الگوی طیفی (SFF) بر پایه میزان مشابهت الگوی طیفی هدف با الگوی مرجع در محیطی چند بعدی بنا نهاده شده‌اند که این در واقع همان مبنای روش نقشه بردار زاویه طیفی است. در این تحقیق مطالعه موردی بر روی داده‌های ابرطیفی سنجنده هایپرین زون آرژبلیک از منطقه آتشفشان مساحیم انجام گرفت.

#### منطقه مورد مطالعه

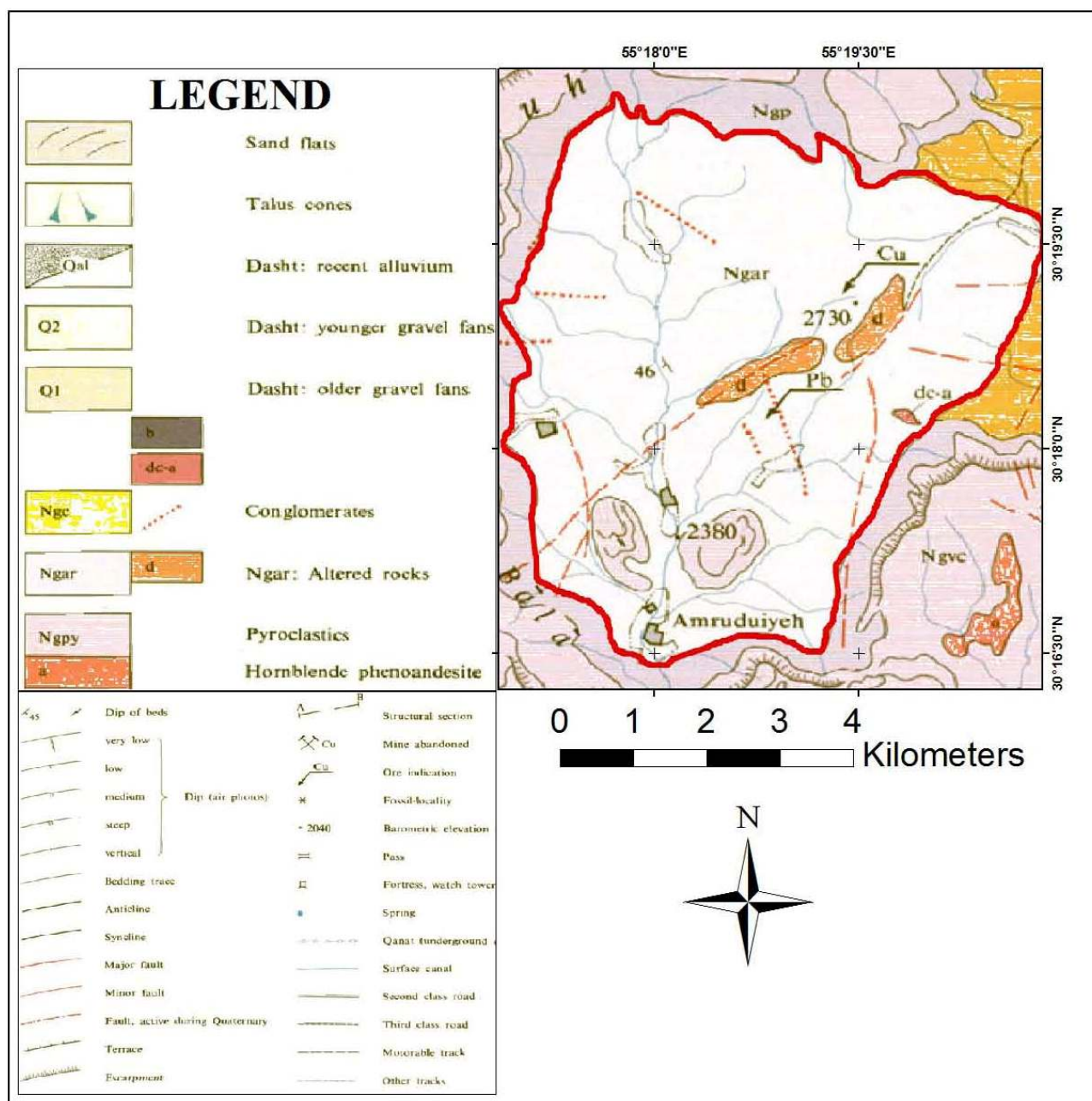
نشانه معدنی آبدر در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی شهر بابک و ۸ کیلومتری غرب- جنوب غرب جوزم و یک کیلومتری شمال آبدر در نزدیکی دهکده امرودیه، با مختصات جغرافیایی، ۲۲° ۳۰' عرض شمالی ۱۱° ۵۵' طول شرقی قرار دارد. این نشانه معدنی در قسمتی از کالدرا کوه مساحیم قرار گرفته و ارتفاع آن به ۳۴۷۰-۲۳۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱). آتشفشان مساحیم یکی از بزرگترین کالدرای ایران به حساب می‌آید و از لحاظ زمین‌شناسی، واجد سنگهای آتشفشانی ائوسن است که توسط گدازه‌ها، برش‌ها و توف‌های نئوژن پوشیده شده و جوانترین واحدهای رسوبی را ماسه سنگها و کنگلومرای نئوژن تشکیل می‌دهد. کالدرا کوه مساحیم یک سیستم گرمایی فسیل شده است که نهشته‌های آن در مراحل متعدد کانی‌زایی در میوسن- پسین تا پلیوسن تشکیل شده است [۱]. توده‌های نفوذی دیوریتی تا کوارتز دیوریتی به سن حدود ۷/۵ میلیون سال [۲] که در مرکز کالدرا قرار دارند عامل کانی‌زایی محسوب می‌شود. [۳] و سپس [۴] دایک‌های لامپروفیری از این منطقه گزارش کرده‌اند که در درون واحدهای آتشفشانی کوه مساحیم قرار دارد و حضور چنین دایک‌هایی در کمربند مس پورفیری نشان‌دهنده ماگمازایی پس از برخورد است. آخرین مراحل فورانی آتشفشان با فعالیتهای گرمایی همراه بوده و باعث دگرسانی بخش بزرگی از کالدرا کوه مساحیم شده است. این دگرسانیهای وسیع سنگهای گرانودیوریتی منطقه را به شدت تحت تأثیر قرار داده و حجم عظیمی از توده‌های کائولینی در



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و تصویر ماهواره کویک برد از کالدرای مساحیم.

ناحیه خاص بر روی زمین در طول ۱۶ روز، سه بار تصویربرداری نماید [۱۲]. سنجنده هایپریون اولین سنجنده ابرطیفی فضا برد است که بر روی سکوی ماهواره EO-1 قرار دارد. تصاویر هایپریون در ۲۴۲ باند ظریف در طول موجهای مابین ۳۵۶ تا ۲۵۷۷ نانومتر و با توان تفکیک طیفی ۱۰ نانومتر برداشت می‌شوند. زمین‌شناسی از جمله اولین علمی است که از تکنیکهای تصویربرداری ابرطیفی یا اسپکتروسکوپی سنجنده هایپریون بهره گرفت. با استفاده از داده‌های ابر طیفی به خوبی می‌توان الگوی طیفی واحدهای سطحی زمین را مورد مطالعه و تفکیک قرار داد.

در جدول (۱) مشخصات سنجنده‌های این ماهواره نشان داده شده است. 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  $98/2$  درجه حرکت می‌کند. دوره مداری آن  $98/9$  دقیقه می‌باشد که بیش از ۱۴ مدار را در طول یک روز پوشش می‌دهد. دوره گردش کامل این ماهواره ۱۶ روز است و در حالت نزولی در ساعت  $10:01$  صبح از استوا عبور می‌کند. سرعت حرکت این ماهواره در نقطه حضیض،  $6/74$  کیلومتر بر ساعت است و امکان تصویربرداری از کنار با حداکثر زاویه  $22$  درجه را نیز فراهم می‌کند. به این ترتیب، می‌تواند از یک



شکل ۲. رخنمون وسیع دگرسانیها در دهانه کالدرا (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرابک [۱۰]).

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 هایپریون به صورت نوار باریکی با عرض ۷/۷ کیلومتر و طول ۱۸۵ یا ۴۲ کیلومتر است که بسته به نوع سفارش محلی برداشت می‌شود [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵].

سنجنده هایپریون از فناوری پوش‌بروم در تصویربرداری استفاده می‌کند و در هر فریم تصویری محدوده‌ای به عرض ۷/۷ کیلومتر در جهت عمود بر حرکت را برداشت می‌کند. به این ترتیب با حرکت سنجنده، اطلاعات طیفی اشیاء و پدیده‌های گوناگون موجود در سطح زمین در فریم‌های تصویری متوالی به صورت مکعبهای سه‌بعدی به عنوان داده ابرطیفی ثبت و ذخیره سازی می‌شود [۱۳]. از مجموع ۲۴۲

جدول ۱. مشخصات سنجنده‌های ماهواره EO1 [۱۲].

مشخصات	ابر طیفی		
	چند طیفی ALI	Hyperion	LAC
محدوده طیفی	۰,۴ - ۲/۴ میکرومتر	۰,۴ - ۲/۵ میکرومتر	۰/۹ - ۱/۶ میکرومتر
قدرت تفکیک مکانی	۳۰ متر	۳۰ متر	۲۵۰ متر
پهنای باند	۳۷ کیلومتر	۷,۵ کیلومتر	۱۸۵ کیلومتر
قدرت تفکیک طیفی	متغیر	۱۰ نانومتر	۶,۲ نانومتر
پوشش طیفی	گسسته	پیوسته	پیوسته
قدرت تفکیک مکانی باند Pan	۱۰ متر	-	-
تعداد باند	۱۰	۲۲۰	۲۵۶

### مطالعات قبلی

در زمینه استفاده از تصاویر ابرطیفی سنجنده فضا برد هایپریون تاکنون پژوهشهایی در علوم کشاورزی، اکتشاف کانسارها، تفکیک واحدهای سطحی زمین و دیگر حوضه‌های علوم زمین صورت گرفته است. تعدادی از این پژوهشها عبارتند از:

[۱۶] به مقایسه قابلیت داده‌های سنجنده‌های ابرطیفی هوا برد داده‌های سنجنده هایپریون در تفکیک طیفی کانیهای سطح زمین پرداخته‌اند. [۱۷] توانایی سنجنده‌های هایپریون، ALI و استر در تفکیک زون‌های دگرسانی را به مقایسه گذاشته‌اند.

[۱۸] نیز با استفاده از تصاویر سنجنده‌های هایپریون و ALI روشی جهت طبقه‌بندی طیفی تصاویر ماهواره‌ای جنگلها ارائه کرده‌اند. [۱۹] با استفاده از تصاویر هایپریون نقشه پراکندگی ریف‌های مرجانی در جزیره باک (Buck) در اقیانوس اطلس مرکزی را تهیه کرده است. [۲۰] اثر پیش پردازش داده‌های ابرطیفی سنجنده هایپریون در مطالعات مربوط به علوم زراعی را مورد بررسی قرار داده‌اند. [۲۱] مدل‌های تصحیح جوی گذاشته است. [۲۲] در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی مدل‌های مختلف تصحیحات جوی بر روی تصاویر هایپریون به مقایسه مدل‌های پیش پردازش ACORN, ATCOR, MODTRAN, LOWTRAN و FLAASH پرداخته‌اند.

[۲۳] کاربرد تصاویر سنجنده هایپریون در تفکیک واحدها و تهیه نقشه زمین‌شناسی را در نوار آتشفشانی ایران مرکزی بیان کرده‌اند. همچنین می‌توان به مطالعاتی از قبیل [۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱] نیز اشاره کرد که همگی دورسنجی ابرطیفی کاربردی با استفاده از داده‌های سنجنده

هایپریون را در حوزه‌های مختلف علوم زمین مورد بحث قرار داده‌اند.

### روشها

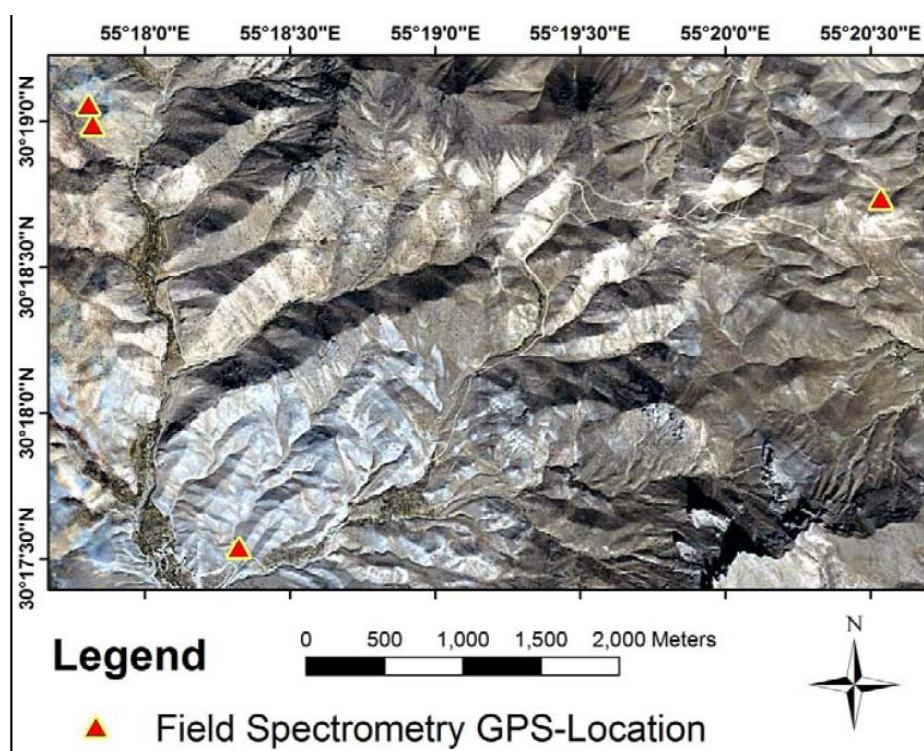
#### الف- پیش پردازش داده‌ها

مرحله پیش پردازش و آماده‌سازی داده‌های سنجنده هایپریون شامل سازمان‌دهی باندها در قالب اطلاعات رقومی قابل پردازش، محاسبه میانه طول موج نوار طیفی مربوط به هر باند و قرار دادن باند مذکور در جایگاه طول موجی صحیح، یافتن باندهای آلوده، حذف اطلاعات ناهنجار، رفع خطوط استریپ (خطوط عدم برداشت یا برداشت تکراری که در داده‌های ابر طیفی از نارسایهای مهم به حساب می‌آیند) در طول باندهای تصویر با استفاده از کرنل‌ها، تصحیح هندسی و در نهایت تصحیحات جوی می‌شود. در مرحله سامان‌دهی و فیلتراسیون باندهای تصویر، تعداد ۸۴ باند از ۲۴۲ باند تصویربرداری شده به دلیل کیفیت نامناسب داده‌ها از محاسبات خارج گردیده و مطالعه بر روی ۱۵۸ باند متمرکز گردید. تصحیح هندسی نیز با استفاده از تصاویر ماهواره کوییک برد وارد شده بر روی سامانه مکان یاب جهانی GPS و مطالعات میدانی صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تغییر در بازتابها و تداخل مقادیر پیکسلی، تصحیحات هندسی بعد از پردازش اعمال گردید. در این روش ریزش داده‌ها حین تصحیح هندسی به حداقل کاهش می‌یابد. مرحله تصحیح جوی داده‌های هایپریون در این مطالعه شامل اعمال روش IARR یا میانگین نسبی بازتابها به عنوان پیش پردازشی مناسب جهت بازیافت اطلاعات طیفی داده‌های ابرطیفی در مناطقی با شرایط اقلیمی نیمه خشک می‌شود.

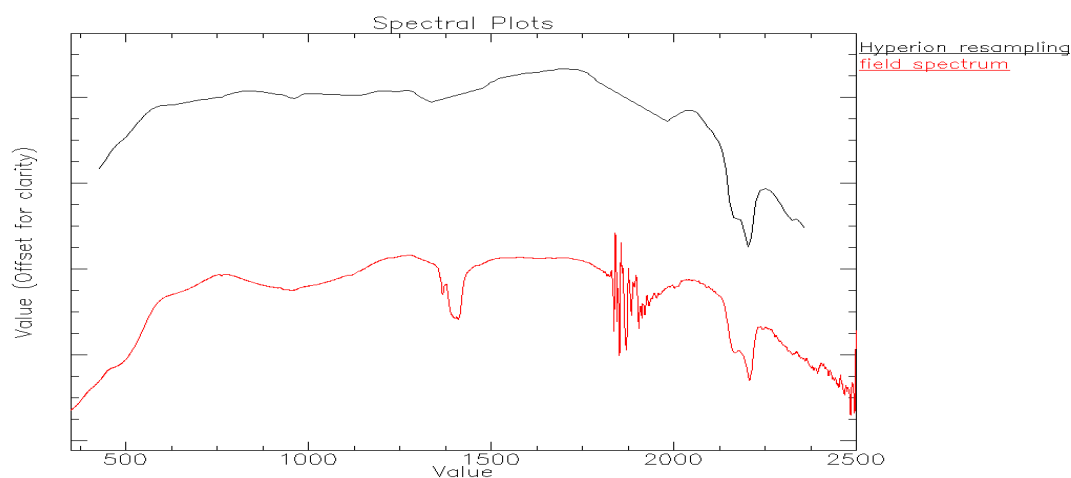
## ب- طیف‌نگاری صحرایی

در محدوده مرکز کالدرای مساحیم ناحیه‌ای با دگرسانی آرژیلیک وسیع وجود دارد. در این ناحیه منطقه‌ای انتخاب شد که دگرسانیها چند پیکسل پیوسته از تصویر سنجنده هایپریون منطقه (با اندازه پیکسلی ۳۰ متر) را پوشش می‌داد (شکل ۳). نمونه‌برداری صحرایی از نقاطی در این محدوده انجام شده و موقعیت نمونه‌های برداشت شده بر روی تصویر

هایپریون ناحیه مذکور مشخص گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه سنجش از دور دانشگاه تحصیلات تکمیلی ماهان در کرمان طیف‌نگاری شدند. طیف تجربی نمونه‌ها در طول موجهای بین ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و پس از فیلتراسون ناهنجاریها، بر مبنای طیف طول موجی ۱۵۸ باند از سنجنده هایپریون بازنویسی شد (شکل ۴).



شکل ۳. موقعیت نمونه‌های طیف‌نگاری شده.



شکل ۴. طیف تجربی پیوسته یک نمونه در طول موجهای بین ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر (نمودار طیفی قرمز رنگ) و طیف فیلتر شده و بازنویسی شده نمونه بر مبنای طول موجهای ۱۵۸ باند سنجنده هایپریون (نمودار طیفی با رنگ سیاه).

برای کانیهای کائولینیت و مسکوویت انجام گرفت. شباهت بین طیف مرجع و طیف پیکسل، به وسیله محاسبه زاویه بین طیفها ارزیابی می شود. طیفها به شکل بردارهایی در یک فضای چند بعدی (که ابعاد فضا بستگی به تعداد باندها دارد) در نظر گرفته می شوند. زاویه بین طیف بازتابی مرجع و طیف بازتابیده از سطح پیکسلها به عنوان معیار مشابهت ارائه می شود. این تکنیک نسبت به اثرات سپیدایی و روشنایی متفاوت خواهد بود و تحت تأثیر عوامل روشنایی خورشید نیست، زیرا زاویه بین دو بردار مستقل از طول آنهاست [۴۰]. در تصویر حاصل از روش نقشه بردار 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 به صورت زاویه ای و در مقیاس رادیان، در بازه بین  $0$  تا  $\frac{\pi}{2}$  نمایش داده می شود [۴۱]. خروجی روش نقشه بردار زاویه طیفی تخمینی کیفی از مشابهت طیف مورد نظر با هر طیف مرجع ارائه می دهد. در خروجی حاصل از روش نقشه بردار زاویه طیفی، پیکسل روشنتر معادل زاویه بزرگتر و نشان از اختلاف بیشتر طیف مورد مطالعه با طیف مرجع و پیکسل تاریکتر معادل زاویه کوچکتر و نماد مشابهت بیشتر طیفها می باشد.

#### ث- فیلتر تطبیقی ترکیبی تعدیل شده ((MTMF))

روش MTMF، یک آنالیز برای پیکسلهای ترکیبی براساس پردازش سیگنالهای شناخته شده است که در این تحقیق به عنوان روشی که هم بر مبنای طیف مرجع و هم اصول آماری بنا نهاده شده به منظور مقایسه آورده شده است. روش فیلتر تطبیقی ترکیبی تعدیل شده، شامل مراحل زیر است.

- ۱- اعمال تبدیل کسر کمترین نوبه بر روی دادههای انعکاسی
- ۲- فیلتر تطبیقی برای تخمین فراوانی پیکسلهای هدف
- ۳- تصحیح به وسیله بخش ترکیبی برای مشخص کردن پیکسلهای دارای خطای قطعی

روش MTMF، توسعه یافته روش (Matched Filtering) MF است، که تصاویر عدم امکان (infeasibility) نیز به آن اضافه شده است. روش فیلتر تطبیقی یافته (MF) اثر طیف کانی هدف معلوم را ماکزیمم می کند و اثر پس زمینه ترکیبی نامطلوب را کاهش می دهد، یعنی اثر معلوم (مطلوب) را تطبیق می دهد. این روش ابزاری سریع جهت شناسایی اهداف

در کنار مطالعات طیفنگاری الکترومغناطیس انجام شده، نتایج مبتنی بر طیف اشعه X (آزمایش XRD) نمونههای منطقه مورد مطالعه نیز الگوی کائولینیت (به عنوان کانی شاخص زون آرژلیک) را تأیید می کند.

#### پ- تحلیل مؤلفه های اصلی (Principal Component Analysis - PCA):

آنالیز مؤلفه های اصلی تبدیلی در فضای برداری است که غالباً برای کاهش حجم داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. تحلیل مؤلفه های اصلی در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیرسون [۳۲] ارائه شد. این تحلیل شامل تجزیه مقادیرهای ویژه ماتریس کواریانس و یا ماتریس ضرایب همبستگی است. تحلیل مؤلفه های اصلی در تعریف ریاضی یک تبدیل خطی متعامد است که داده را به دستگاه مختصات جدید می برد، به طوری که بزرگترین واریانس داده بر روی اولین محور مختصات، دومین واریانس بر روی دومین محور مختصات قرار می گیرد و به همین ترتیب بقیه واریانسها به ترتیب حول محورهایی با مقادیر ویژه کمتر قرار می گیرند [۳۳]. تحلیل مؤلفه های اصلی می تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب مؤلفه هایی از مجموعه داده که بیشترین تأثیر را در واریانس دارند، حفظ می شوند [۳۴، ۳۵]. کاربرد این روش در دورسنجی توسط نویسندگان متعددی تشریح شده است که از آن جمله می توان به سابینز [۳۶]، ریچارد [۳۷]، رنجبر [۳۸] و کریم پور [۳۹] اشاره کرد. پس از اعمال روش آنالیز مؤلفه های اصلی بر روی داده های ابر طیفی منطقه، با توجه به الگوی طیفی کانی کائولینیت (جذب حداکثری در طول موج باند ۱۴۳ سنجنده هایپریون) و با دقت در مقادیر بردار ویژه مربوط به باند ۱۴۳ که در محدوده طیفی ۲۲۰۳ تا ۲۲۱۳ نانومتر از محدوده های فرورسرخ کوتاه موج قرار دارد، دومین مؤلفه اصلی از میان ۱۵۸ مؤلفه استخراجی، به عنوان مؤلفه مناسب جهت بارسازی کائولینیت در تصویر هایپریون منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. جدول (۲) مقادیر بردار ویژه باندهای جذب در مؤلفه های اصلی مؤثر را نشان می دهد.

#### ت- نقشه بردار زاویه طیفی SAM

روش نقشه بردار زاویه طیفی اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط کروز و همکاران به کار برده شد [۴۰]. این روش براساس شباهت بین طیف کانی مرجع و طیف کانی مورد آزمایش

MF، یافت می‌شوند. پیکسل‌های با infeasibility بالا نشان‌دهنده پاسخهای کاذب در MF می‌باشند. پیکسل‌هایی که به درستی نگاشته شده‌اند، دارای مقادیر MF بالا نسبت به پس زمینه و مقادیر infeasibility پایین هستند.

مشخص از طریق انطباق با طیف کانیهای هدف تصویر یا کتابخانه طیفی است و نیازی به داشتن اطلاعات طیفی همه کانیهای هدف درون یک تصویر نیست. تصاویر عدم امکان، برای کاهش تعداد پاسخهای کاذبی است که هنگام استفاده از

جدول ۲. جدول مقادیر بردار ویژه باندهای جذب در مؤلفه‌های اصلی مؤثر.

Pc2	Pc3	Pc4	Pc5	Pc6	Pc7	Pc8	Pc9	Pc10	Eigenvector
-۰.۱۹۸۱۸	-۰.۲۰۲۴۳	-۰.۲۱۹۷۷	-۰.۲۳۰۰۴	-۰.۲۴۲۶۷	-۰.۲۵۴۷۱	-۰.۲۷۲۶۵	-۰.۲۹۳۴۸	-۰.۳۱۲۲۷	Band 130
-۰.۲۰۰۴۶	-۰.۲۰۴۹۸	-۰.۲۲۲۳	-۰.۲۳۲۸۵	-۰.۲۴۵۸۴	-۰.۲۵۷۹۹	-۰.۲۷۶۱۳	-۰.۲۹۷۱۷	-۰.۳۱۶۱۹	Band 131
-۰.۱۹۸۸۵	-۰.۲۰۳۵۴	-۰.۲۲۰۵۹	-۰.۲۳۱۱۸	-۰.۲۴۴۰۷	-۰.۲۵۶۱۵	-۰.۲۷۴۱۴	-۰.۲۹۴۹۸	-۰.۳۱۳۸۵	Band 132
-۰.۱۹۵۴۴	-۰.۲۰۰۰۵	-۰.۲۱۶۸۲	-۰.۲۲۷	-۰.۲۳۹۶۹	-۰.۲۵۱۴۵	-۰.۲۶۹۰۱	-۰.۲۸۹۴۲	-۰.۳۰۷۷۴	Band 133
-۰.۱۹۳۹۵	-۰.۱۹۸۴۷	-۰.۲۱۵۱	-۰.۲۲۵۲	-۰.۲۳۷۸۳	-۰.۲۴۹۵۲	-۰.۲۶۶۹۹	-۰.۲۸۷۲۵	-۰.۳۰۵۴۴	Band 134
-۰.۱۹۴۸۲	-۰.۱۹۹۵۲	-۰.۲۱۶۰۲	-۰.۲۲۶۵۲	-۰.۲۳۹۲۵	-۰.۲۵۱۰۸	-۰.۲۶۸۶۹	-۰.۲۸۹۰۶	-۰.۳۰۷۴۳	Band 135
-۰.۱۹۳۲۳	-۰.۱۹۷۷۷	-۰.۲۱۴۱۶	-۰.۲۲۴۴۴	-۰.۲۳۷۱۳	-۰.۲۴۸۸۲	-۰.۲۶۶۳۵	-۰.۲۸۶۶	-۰.۳۰۴۷۹	Band 136
-۰.۱۸۴۹۳	-۰.۱۸۹۵۹	-۰.۲۰۵۸۳	-۰.۲۱۴۸۳	-۰.۲۲۶۸۸	-۰.۲۳۷۹۵	-۰.۲۵۴۹۳	-۰.۲۷۴۴	-۰.۲۹۱۶۸	Band 137
-۰.۱۷۷۰۱	-۰.۱۸۱۶	-۰.۱۹۷۱۲	-۰.۲۰۵۶۳	-۰.۲۱۷۳۴	-۰.۲۲۷۹۳	-۰.۲۴۴۲۷	-۰.۲۶۲۹۶	-۰.۲۷۹۴۳	Band 138
-۰.۱۷۰۴۴	-۰.۱۷۴۵۵	-۰.۱۸۹۴۸	-۰.۱۹۸۰۲	-۰.۲۰۹۵۲	-۰.۲۱۹۸۵	-۰.۲۳۵۶	-۰.۲۵۳۷۱	-۰.۲۶۹۷۱	Band 139
-۰.۱۶۰۱۳	-۰.۱۶۴۱	-۰.۱۷۷۸۹	-۰.۱۸۶۳۸	-۰.۱۹۷۴	-۰.۲۰۷۲۲	-۰.۲۲۱۹۴	-۰.۲۳۸۹۴	-۰.۲۵۴۲۲	Band 140
-۰.۱۴۲۸۳	-۰.۱۴۶۶۷	-۰.۱۵۸۵	-۰.۱۶۶۷	-۰.۱۷۶۸۹	-۰.۱۸۵۷	-۰.۱۹۸۶۱	-۰.۲۱۳۶	-۰.۲۲۷۳۷	Band 141
-۰.۱۳۱۱۹	-۰.۱۳۴۸۳	-۰.۱۴۵۳۷	-۰.۱۵۳۴۱	-۰.۱۶۳۱۴	-۰.۱۷۱۳۸	-۰.۱۸۳۲۳	-۰.۱۹۷۰۳	-۰.۲۰۹۸۴	Band 142
-۰.۱۲۳۳۸	-۰.۱۳۳۲۸	-۰.۱۴۰۳۷	-۰.۱۴۹۴۱	-۰.۱۵۶۹۵	-۰.۱۶۸۰۵	-۰.۱۸۰۸۴	-۰.۱۹۲۴۴	-۰.۲۰۴۱۵	Band 143
-۰.۱۳۲۳۶	-۰.۱۴۲۸۵	-۰.۱۵۰۷۱	-۰.۱۶۰۱۶	-۰.۱۶۸۳	-۰.۱۸۰۰۹	-۰.۱۹۳۷۵	-۰.۲۰۶۳	-۰.۲۱۸۸۸	Band 144
-۰.۱۴۸۰۵	-۰.۱۵۹۷۸	-۰.۱۶۸۶۳	-۰.۱۷۸۸۶	-۰.۱۸۷۹۷	-۰.۲۰۰۹۵	-۰.۲۱۶۰۵	-۰.۲۳۰۰۷	-۰.۲۴۴۰۲	Band 145
-۰.۱۵۹۷۴	-۰.۱۷۲۶۶	-۰.۱۸۱۶۷	-۰.۱۹۲۳۶	-۰.۲۰۱۹۹	-۰.۲۱۵۹۳	-۰.۲۳۲۰۴	-۰.۲۴۶۷۹	-۰.۲۶۱۵	Band 146
-۰.۱۷۷۷۷	-۰.۱۹۲۳۱	-۰.۲۰۱۸۸	-۰.۲۱۳۵۲	-۰.۲۲۴۰۶	-۰.۲۳۹۳۳	-۰.۲۵۶۹۵	-۰.۲۷۲۹۵	-۰.۲۸۸۶۹	Band 147
-۰.۱۸۴۷۹	-۰.۱۹۹۹۶	-۰.۲۰۹۶۹	-۰.۲۲۱۵۶	-۰.۲۳۲۳۸	-۰.۲۴۸۱	-۰.۲۶۶۱۱	-۰.۲۸۲۴	-۰.۲۹۸۴	Band 148
-۰.۱۸۰۹۷	-۰.۱۹۵۷۲	-۰.۲۰۵۱۵	-۰.۲۱۶۶۱	-۰.۲۲۶۹۶	-۰.۲۴۲۳	-۰.۲۵۹۷۹	-۰.۲۷۵۵	-۰.۲۹۰۹۶	Band 149
-۰.۱۸۴۲۱	-۰.۱۹۹۳۸	-۰.۲۰۸۷	-۰.۲۲۰۲۴	-۰.۲۳۰۷۴	-۰.۲۴۶۲۹	-۰.۲۶۳۹۴	-۰.۲۷۹۷۱	-۰.۲۹۵۲	Band 150
-۰.۱۹۲۷۷	-۰.۲۰۸۸۴	-۰.۲۱۸۱۵	-۰.۲۳۰۲۴	-۰.۲۴۱۱	-۰.۲۵۷۳۹	-۰.۲۷۵۷۸	-۰.۲۹۲۱۴	-۰.۳۰۸۰۸	Band 151
-۰.۱۹۰۴۹	-۰.۲۰۶۲	-۰.۲۱۵۷۱	-۰.۲۲۷۷	-۰.۲۳۸۴۶	-۰.۲۵۴۴۷	-۰.۲۷۲۵۸	-۰.۲۸۸۷۶	-۰.۳۰۴۴۶	Band 152
-۰.۱۸۵۴	-۰.۲۰۰۴۴	-۰.۲۰۹۹۴	-۰.۲۲۱۶۸	-۰.۲۳۲۳۲	-۰.۲۴۷۷۳	-۰.۲۶۵۱۷	-۰.۲۸۰۸۴	-۰.۲۹۵۹۷	Band 153
-۰.۱۷۹۶۴	-۰.۱۹۳۸۹	-۰.۲۰۳۵۵	-۰.۲۱۵۱۱	-۰.۲۲۵۵۳	-۰.۲۴۰۳۴	-۰.۲۵۷۱۸	-۰.۲۷۲۴۲	-۰.۲۸۷۰۹	Band 154
-۰.۱۷۴۱۲	-۰.۱۸۷۷۹	-۰.۱۹۷۴۳	-۰.۲۰۸۸	-۰.۲۱۸۵۶	-۰.۲۳۲۷۸	-۰.۲۴۸۸۶	-۰.۲۶۳۲۸	-۰.۲۷۷۲۶	Band 155
-۰.۱۶۸۶۱	-۰.۱۸۱۷۷	-۰.۱۹۱۵۶	-۰.۲۰۲۶۵	-۰.۲۱۲۱۸	-۰.۲۲۵۸۴	-۰.۲۴۱۳۵	-۰.۲۵۵۴۳	-۰.۲۶۸۹	Band 156
-۰.۱۶۳۵۷	-۰.۱۷۵۶۹	-۰.۱۸۵۳۱	-۰.۱۹۶۱۹	-۰.۲۰۵۵۱	-۰.۲۱۸۷۹	-۰.۲۳۳۹۱	-۰.۲۴۷۵۴	-۰.۲۶۰۷	Band 157
-۰.۱۶۲۵۶	-۰.۱۷۴۶۱	-۰.۱۸۴۰۸	-۰.۱۹۴۹۲	-۰.۲۰۴۱۷	-۰.۲۱۷۳۸	-۰.۲۳۲۴۶	-۰.۲۴۵۹۵	-۰.۲۵۹۰۷	Band 158



بارزسازی کائولینیت در تصویر هایپریون منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید (شکل ۶). در روش ترکیبی MTMF نیز هم از طیف آزمایشگاهی سنگهای کائولینی منطقه استفاده شد و هم از نسبت تصویر MF بر تصویر عدم امکان و پیکسل‌های با حداکثر فراوانی انطباق و حداقل میزان خطا انتخاب شدند که در شکل (۷) نمایش داده شده‌اند.

#### بررسی نقاط کنترلی در مطالعات میدانی و آزمایشگاهی

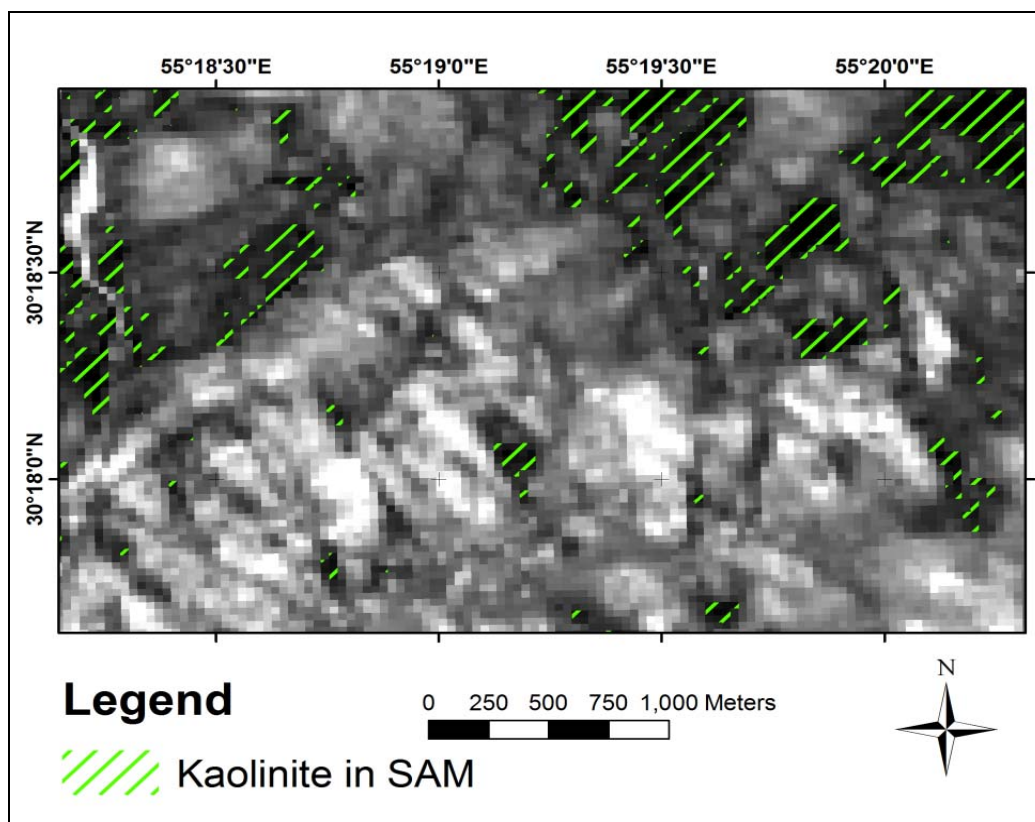
به منظور بررسی صحت تفکیک و شناسایی روشهای پردازش مورد مطالعه بر روی تصاویر سنجنده هایپریون منطقه، محدوده‌های بارزسازی شده به عنوان حداکثر شدت دگرسانی در قالب اطلاعات برداری بر روی تصویر ماهواره کویک برد منطقه نمایه شده و در مطالعات میدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. از آنجایی که پهنای باندها در سنجنده‌های ابر طیفی ظریف و بسیار محدودتر از سنجنده‌های فراطیفی است، تأمین انرژی امواج دریافتی توسط سنجنده الزاماً از محدوده مکانی وسیعتری صورت می‌گیرد، به همین دلیل تصاویر ابرطیفی فاقد توانایی تفکیک مکانی بالا هستند [۴۷ و ۴۸]. در روش مورد استفاده برای مطالعات میدانی به منظور افزایش دقت و وضوح مسیرهای پیمایش، نقشه‌های برداری حاصل از پردازش تصویر هایپریون در یک سامانه اطلاعات جغرافیایی بر روی تصویر سنجنده کویک برد (با تفکیک مکانی ۶۰ سانتی‌متر) از منطقه مورد مطالعه منطبق گردید. این نقشه‌ها به دستگاه سامانه مکان یاب جهانی (GPS) وارد شده و به عنوان راهنمایی به سوی مناطق ارائه شده در پردازش تصویر هایپریون مورد استفاده قرار گرفتند. مختصات نمونه‌های جمع آوری شده حین مطالعات میدانی بر روی تصویر هایپریون منطقه مشخص شده و نمونه‌ها پس از بررسی در مقیاس نمونه دستی و مقطع میکروسکوپی و همچنین بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی در دست به سه گروه کاملاً دگرسان، نیمه دگرسان و با دگرسانی ضعیف تقسیم شدند (شکل ۸، ۹ و ۱۰). پس از بررسی نمونه‌های مذکور، مختصات نمونه‌های کاملاً دگرسان در قالب اطلاعات برداری بر روی تصویر سنجنده هایپریون منطقه قرار داده شد. حریم پیکسل‌های محاط بر نقاط مشخص شده در قالب اطلاعات آموزشی بر روی تصویر هایپریون منطقه تعریف و به عنوان کلاس دگرسانی آژیلیک در تصویر معیار صحت نمایه شد.

برای هر طیف کانی هدف، در خروجی MTMF، یک تصویر بر مبنای مقادیر MF و یک تصویر بر مبنای مقادیر عدم امکان وجود دارد [۴۲، ۴۳]. استفاده همزمان از مجموعه پیکسل‌های این دو تصویر نتیجه مناسبی خواهد داشت. این استفاده می‌تواند با ایجاد یک تصویر واحد حاصل از نسبت تصویر MF به تصویر عدم امکان باشد که در تصویر حاصل پیکسل‌های با بالاترین سپیدایی، مطلوب هدف مورد کاوش خواهند بود. روش دیگری که هر دو تصویر را درگیر محاسبات کند، استفاده از نمودار نقطه‌ای و دوبعدی (2D Scatter plot) بین پیکسل‌های این دو تصویر است، که در نمودار حاصل نقاط با حداقل خطا و حداکثر فراوانی انطباق در تصویر MF قابل انتخاب هستند. موقعیت مکانی پیکسل‌های مربوط به نقاط انتخابی در نمودار نقطه‌ای مورد بحث، پیکسل‌های "حداکثر امکان" در پی‌جویی هدف مورد نظر می‌باشند.

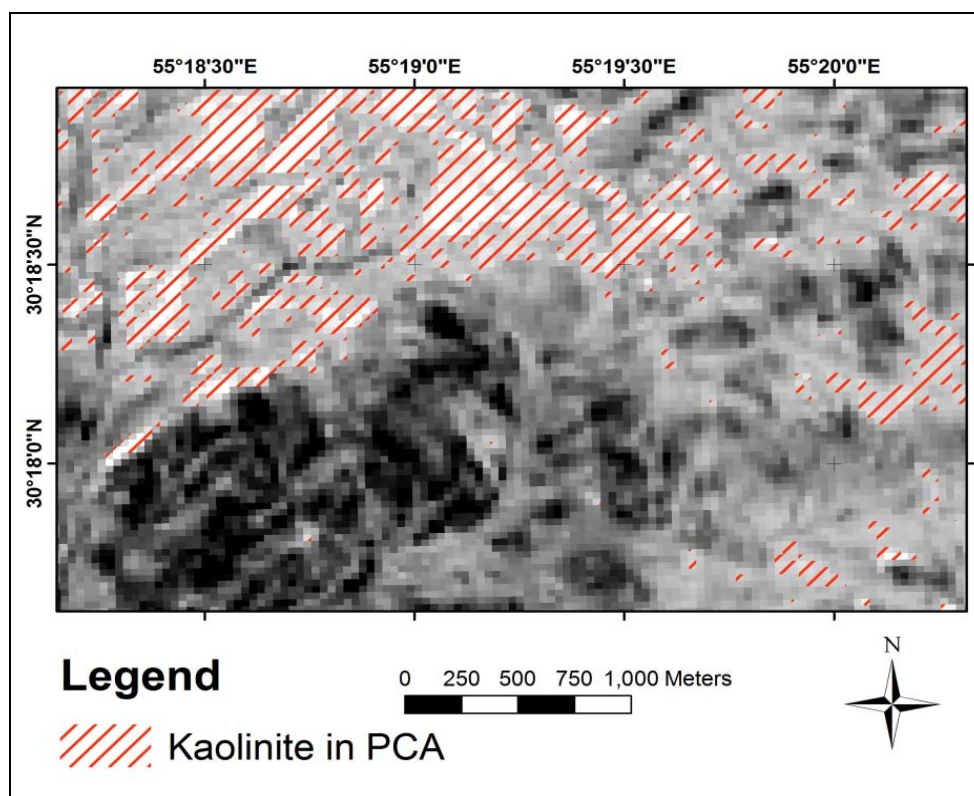
#### بحث

#### آنالیز داده‌ها

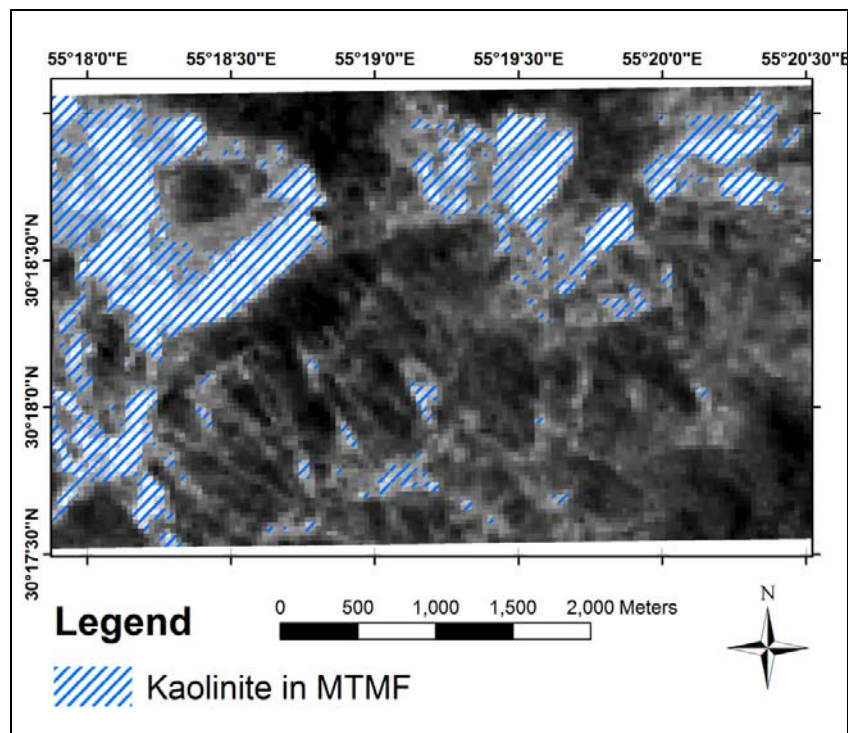
در این مطالعه به مقایسه ضریب صحت روش‌های پردازش SAM، PCA و MTMF به عنوان روشهای آمار پایه، طیف مبنا و ترکیبی بر روی تصاویر ابرطیفی سنجنده هایپریون از زون آرژیلیک منطقه آتشفشان مساحیم در استان کرمان پرداخته شده است. کانیهای شاخص زون آرژیلیک کانیهای رسی‌اند [۴۴، ۴۵، ۴۶]، بنابراین مبنای مقایسه توانایی بارزسازی کانیهای رسی به خصوص کانی کائولینیت در منطقه قرار گرفت. در روش طیف مبنای نقشه بردار زاویه طیفی، طیف آزمایشگاهی نمونه‌ای از کائولن‌های منطقه به عنوان طیف مرجع، مبنای مقایسه و محاسبه زاویه اختلاف پیکسل‌ها قرار گرفت. در تصویر حاصل از این پردازش نقاط با مقادیر پیکسلی حداقل به عنوان محدوده‌های با بیشترین شباهت طیفی به طیف مرجع تفکیک و ارائه شدند (شکل ۵). در روش آمار پایه آنالیز مؤلفه‌های اصلی نیز با توجه به الگوی طیفی کانی کائولینیت (جذب حداکثری در طول موج باند ۱۴۳ سنجنده هایپریون) و با دقت در مقادیر بردار ویژه مربوط به باند ۱۴۳ که در محدوده طیفی ۲۲۰۳ تا ۲۲۱۳ نانومتر از محدوده‌های فرورسوخ کوتاه موج قرار دارد، دومین مؤلفه اصلی از میان ۱۵۸ مؤلفه استخراجی، به عنوان مؤلفه مناسب جهت



شکل ۵. پیکسل‌های دارای کمترین زاویه طیفی به الگوی طیف سنگهای کائولینی منطقه در تصویر پردازش شده به روش SAM.



شکل ۶. پیکسل‌های با مقادیر بردار ویژه مطلوب در طول موجهای معادل الگوی سنگهای کائولینی منطقه در روش PCA.



شکل ۷. پیکسل‌های با حداقل خطا و حداکثر فراوانی انطباق در تصویر MF.



B



A

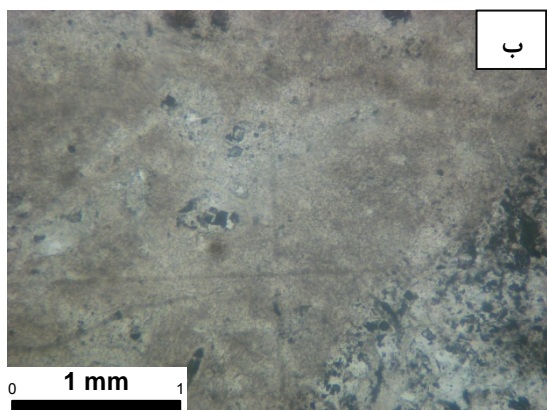


D

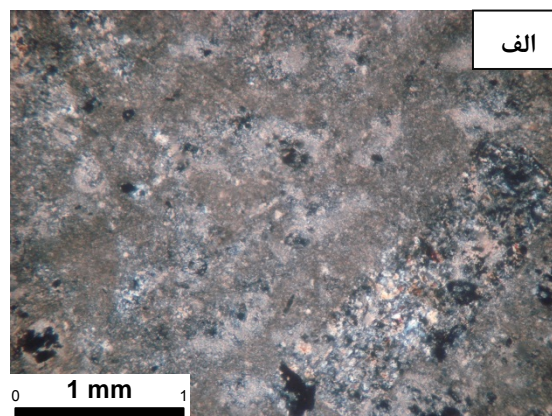


C

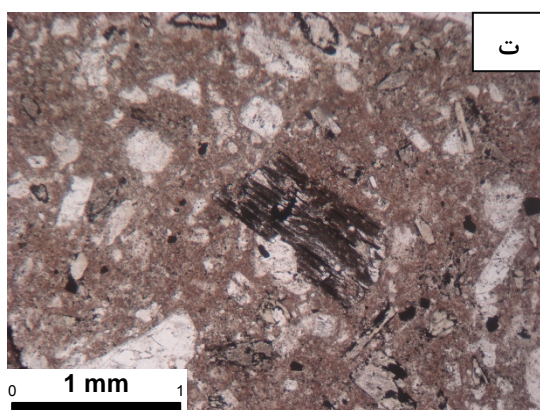
شکل ۸. نمونه‌های با دگرسانی کائولینی شدید (A و B)، و نمونه‌های همراه با دگرسانی ضعیفتر (C و D).



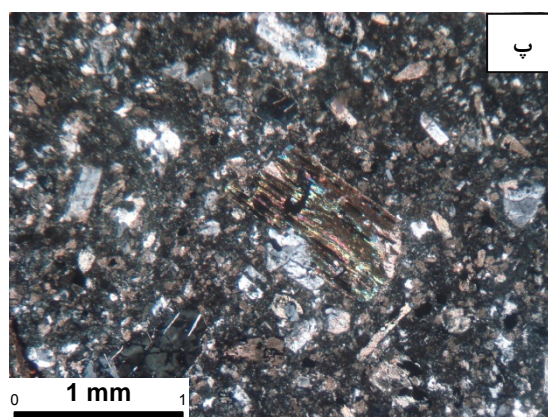
ب) دگرسانی رسی و سریسیتی شدید، نور PPL



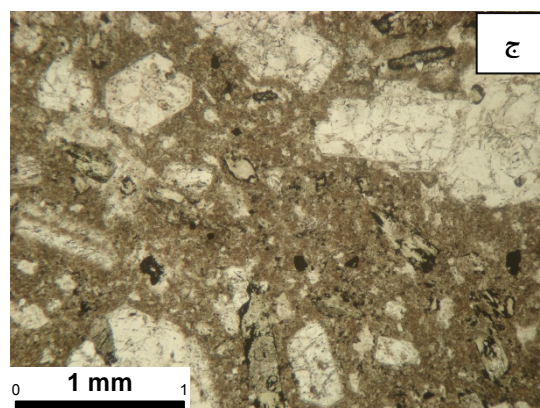
الف) دگرسانی رسی و سریسیتی شدید، نور XPL



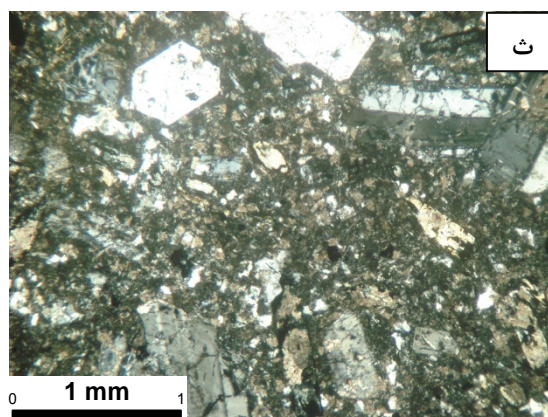
ت) تراکیت نیمه دگرسان، دگرسانی رسی در زمینه،  
پلاژیوکلازها در حال دگرسان شدن، نور PPL



پ) تراکیت نیمه دگرسان، دگرسانی رسی در زمینه،  
پلاژیوکلازها در حال دگرسان شدن، نور XPL

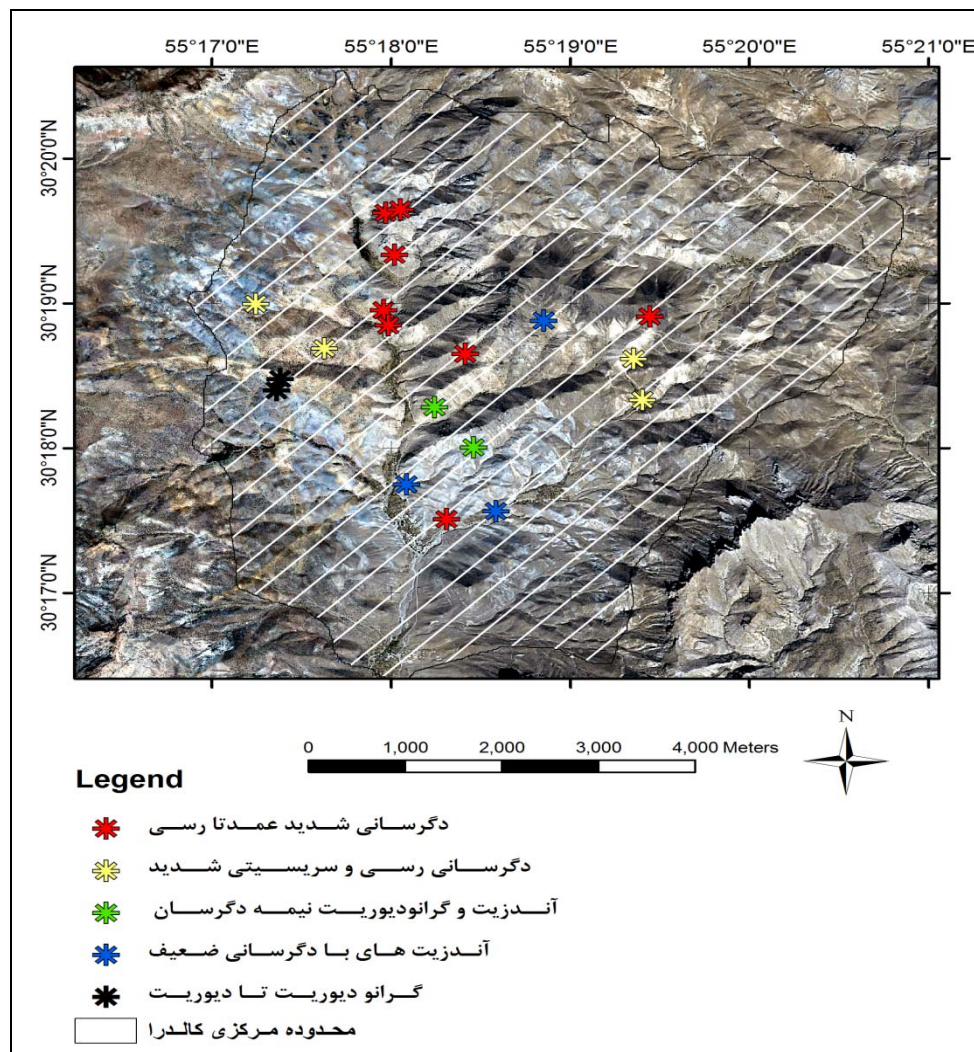


ج) آندزیت همراه با دگرسانی ضعیف تر، دگرسانی رسی  
در زمینه، قالب پلاژیوکلازها حفظ شده است، نور PPL



ث) آندزیت همراه با دگرسانی ضعیف تر، دگرسانی رسی  
در زمینه، قالب پلاژیوکلازها حفظ شده است، نور XPL

شکل ۹. تصویر تکوین دگرسانیها در مقاطع میکروسکوپی از نمونه‌های منطقه (دگرسانی پیشرفته تا ضعیف (الف تا ج)).



شکل ۱۰. موقعیت نقاط بررسی شده و نمونه‌برداری شده در مطالعات میدانی.

#### مقایسه صحت نتایج پردازش‌ها

روشهای تقسیم بندی نظارت شده مبنایی رقومی (Digital) جهت مقایسه کمی نتایج حاصل از پردازش و داده‌های زمینی در قالب محدوده‌هایی منحصر به پیکسل‌های با مقادیر مطلوب فراهم می‌آورند. با استفاده از روشهای تقسیم بندی نظارت شده بر روی داده‌های پیکسلی حاصل از هر دو نوع پردازش بر روی تصویر سنجنده هایپریون منطقه مورد مطالعه، ماتریس صحت پیکسل‌های نمایه شده در طبقه‌بندی و نیز پیکسل‌های نمونه‌برداری شده و بررسی شده در مطالعات صحرائی-آزمایشگاهی ترسیم گردید. مبنای رقومی مقایسه در روش تقسیم‌بندی نظارت شده می‌تواند با نسبت‌هایی از قبیل ضریب صحت عامل (Producer Accuracy) یا ضریب صحت روش کاربر (user Accuracy) بیان شود. ضریب صحت روش کاربر

بیانگر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در هر کلاس به پیکسل‌هایی است که در تصویر پردازش شده با عنوان کلاس مذکور نمایه شده‌اند. ضریب صحت عامل نیز بیانگر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در هر کلاس به کل پیکسل‌هایی است که در مطالعات صحرائی مورد نظارت و در کلاس مورد نظر قرار گرفته‌اند. در بررسی‌های انجام شده با توجه به ماهیت داده‌های صحرائی، بهترین ضریب مقایسه جهت استفاده از ماتریس تقسیم بندی نظارت شده ضریب صحت عامل است. در تصویر حاصل از پردازش به روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی از مجموع ۲۸۳۵ پیکسل تقسیم‌بندی شده در کلاس تحت عنوان حداکثر میزان دگرسانی آرژیلیک، ۵۹ پیکسل در مطالعات صحرائی، میکروسکوپی و آزمایشگاهی مورد بررسی و آزمایش قرار داده شدند (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳. ماتریس صحت تقسیم‌بندی نظارت شده بر روی پیکسل‌های مطلوب در تصویر حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی.

PC	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	۱۱۰۸۶	۴۴	۱۱۱۳۰
Argillic Class	۲۸۲۰	۱۵	۲۸۳۵
Total	۱۳۹۰۶	۵۹	۱۳۹۶۵

جدول ۴. محاسبه ضریب صحت عامل و روش کاربر بر روی پیکسل‌های مطلوب در تصویر حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی.

PC	Prod/ Acc/ (Percent)	User Acc/ (Percent)	Prod/ Acc/ (Pixels)	User Acc/ (Pixels)
Unclassified	۷۹/۷۲	۹۹/۶۰	۱۱۰۸۶/۱۳۹۰۶	۱۱۰۸۶/۱۱۱۳۰
Argillic class	۲۵/۴۲	۰/۵۳	۱۵/۵۹	۱۵/۲۸۳۵

شده‌اند (جدول ۷ و ۸). بنابراین، نتایج روش تقسیم‌بندی نظارت شده برای مقایسه محصول پردازش‌هایی به روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی، روش نقشه‌بردار زاویه طیفی و MTMF بر روی تصاویر سنجنده هایپریون در منطقه آتشفشان مساحیم از این قرار است: ضریب صحت عامل ۷۴/۵۸ درصد برای تصویر پردازش شده به روش SAM و ضریب صحت عامل ۲۵/۴۲ درصد برای تصویر پردازش شده به روش PCA و ضریب صحت عامل ۶۱/۰۲ درصد برای تصویر پردازش شده به روش MTMF.

از مجموع پیکسل‌های مورد بررسی در منطقه، تعداد ۱۵ پیکسل توسط تصویر پردازش شده به روش PCA شناسایی و تفکیک گردیده‌اند. مقایسه‌ای مشابه در مورد تصویر پردازش شده به روش نقشه‌بردار زاویه طیفی نیز انجام شد که از مجموع ۱۴۶۶ پیکسل نمایه شده در کلاس دگرسانی آرژیلیک و ۵۹ پیکسل مورد بررسی در مطالعات میدانی تعداد ۴۴ پیکسل به درستی شناسایی و تفکیک شده‌اند (جدول ۵ و ۶). به همین نسبت در روش MTMF تعداد ۳۶ پیکسل به درستی شناسایی و در کلاس دگرسانی آرژیلیک طبقه‌بندی

جدول ۵. ماتریس صحت تقسیم‌بندی نظارت شده بر روی پیکسل‌های مطلوب در تصویر حاصل از روش نقشه بردار زاویه طیفی.

SAM	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	۱۲۴۸۴	۱۵	۱۲۴۹۹
Argillic Class	۱۴۲۲	۴۴	۱۴۶۶
Total	۱۳۹۰۶	۵۹	۱۳۹۶۵

جدول ۶. محاسبه ضریب صحت عامل و روش کاربر بر روی پیکسل‌های مطلوب در تصویر حاصل از روش نقشه بردار زاویه طیفی.

SAM	Prod/ Acc/ (Percent)	User Acc/ (Percent)	Prod/ Acc/ (Pixels)	User Acc/ (Pixels)
Unclassified	۸۹/۷۷	۹۹/۸۸	۱۲۴۸۴/۱۳۹۰۶	۱۲۴۸۴/۱۲۴۹۹
Argillic Class	۷۴/۵۸	۳/۰۰	۴۴/۵۹	۴۴/۱۴۶۶

جدول ۷. ماتریس صحت تقسیم بندی نظارت شده بر روی پیکسل های مطلوب در تصویر حاصل از روش MTMF

MTMF	Unclassified	Argillic Class	Total
Unclassified	۱۲۲۳۸	۲۳	۱۲۲۶۱
Argillic Class	۱۶۶۸	۳۶	۱۷۰۴
Total	۱۳۹۰۶	۵۹	۱۳۹۶۵

جدول ۸. محاسبه ضریب صحت عامل و روش کاربر بر روی پیکسل های مطلوب در تصویر حاصل از روش MTMF.

MTMF	Prod/ Acc/ (Percent)	User Acc/ (Percent)	Prod/ Acc/ (Pixels)	User Acc/ (Pixels).
Unclassified	۸۸/۰۱	۹۹/۸۱	۱۲۲۳۸/۱۳۹۰۶	۱۲۲۳۸/۱۲۲۶۱
Argillic Class	۶۱/۰۲	۲/۱۱	۳۶/۵۹	۳۶/۱۷۰۴

### خلاصه و نتیجه گیری

سنجش از دور ابر طیفی ( Hyperspectral Remote Sensing) یکی از ابزارهای بسیار کاربردی و پیشرفته در علوم زمین به حساب می آید. روشهای پردازش تصاویر ماهواره ای ابر طیفی نسبت به داده های چند طیفی بر پایه اصول متفاوتی بنا نهاده شده اند. در یک طبقه بندی بنیادی می توان روشهای پردازشی تصاویر ماهواره ای را به دو گروه طیف مبنا و آمار پایه تقسیم کرد. در این پژوهش به بررسی میزان تطابق مطالعات میدانی با نتایج حاصل از هر کدام از این دو نوع پردازش جهت تشخیص زون آرژیلیک در منطقه آتشفشان مساحیم پرداخته شده است. مطالعات میدانی و آزمایشگاهی شامل بررسی نقاط با حداکثر شدت دگرسانی، طیف نگاری الکترومغناطیس، آزمایش XRD و مطالعه مقاطع میکروسکوپی نمونه های سنگی برداشت شده از منطقه می شود. روش نقشه بردار زاویه طیفی SAM به عنوان یکی از روشهای طیف مبنا و روش آنالیز مؤلفه های اصلی PCA به عنوان روشی آمار پایه و روش فیلتر تطبیقی ترکیبی تعدیل شده MTMF به عنوان روشی آماری- طیفی مقایسه گردیدند. ترسیم ماتریس صحت و محاسبه ضریب صحت عامل مناطق حداکثر امکان در روشهای SAM، PCA و MTMF، ضریب ۷۴/۵۸ درصد برای پردازش با روش SAM، ضریب ۲۵/۴۲ درصد برای روش PCA و ضریب ۶۱ درصد برای روش MTMF نشان می دهد. بنابراین استفاده از روشهای طیف مبنا در پردازش تصاویر ابر طیفی

پیشنهادی مناسب جهت مطالعات دورسنجی سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده هایپریون به حساب می آید.

### تشکر و قدردانی

آنالیز طیفی نمونه ها در دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان در ماهان انجام شده است. بدین وسیله از مسؤولان محترم دانشگاه سپاس گذاری می شود.

### منابع

[۱] عطاپور ح.، "تکوین ژئوشیمیایی و متالوژنی سنگهای آذرین پتاسیم دار در کمرند آتشفشانی- نقوذی دهج - ساردوئیه، استان کرمان با نگرشی ویژه بر عناصر خاص"، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهیدباهنر کرمان، (۱۳۸۶) ۴۰۱ ص.

[2] McInnes B. I. A., Evans N. J., Fu F. Q., Garwin S., "Application of thermo-chronology to hydrothermal ore deposits". In: Reviews in Mineralogy and geochemistry (2005) 58 468-498.

[3] Taghizadeh N., Mallakpour M. A., "Mineral distribution map of Iran", (Tehran) Geological Survey of Iran, 1:2,50,000, 2 sheets (1976).

[۴] احمدی پور م.، "بررسی دینامیزم آتشفشان مساحیم"، پایان نامه دکتری، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۷۲) ۳۶۶ ص.

- Trans. Geosci., Remote Sensing, v.41 (6) (2003) 1401-1410.
- [18] Goodenough D. G., Dyk A., Niemann K. O., Pearlman J. S., Hao Chen Han T., Murdoch M., West C., "Processing Hyperion and ALI for forest classification", IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, v.41 (6) (2003) 1321- 1331.
- [19] Kruse F. A., "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) (2003) 157 – 173.
- [20] Datt B., McVicar T. R., Van Niel T. G., Jupp D. L. B. Pearlman J. S., "Preprocessing EO-1 Hyperion Hyperspectral Data to Support the Application of Agricultural Indexes ", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6) (2003) 1246-1259.
- [21] Sarup J ., "Comparision of QUAC and FLAASH Atmospheric Correction Modules on EO-1 Hyperion Data of Sanchi", international journal of advanced engineering sciences and technologies. Vol No. 4, Issue No. 1 (2011) 178 – 186.
- [22] San B. T. Suzen M. L., "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 (2010) 392 – 398.
- [23] Beiranvand Pour Am., Hashim M., " 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) (2011)7638 – 7650.
- [24] Coops N. C., Smith M. L., Martin M. E., Ollinger S. V., Held A. A., "Predicting Eucalypt biochemistry from HYPERION and HYMAP imagery", in Proc. (2002).IGARSS, Toronto, ON, Canada.
- [25] Staenz K., Neville R. A., Clavette S., Landry R., "White HP. Retrieval of Surface Reflectance from Hyperion Radiance Data", IEEE Geoscience and remote sensing letters,1 (2002) 1419-1421.
- [26] Felde G. W., Anderson G. P., Adler-Golden S. M., Matthew N. W., Berk A., "Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm", Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). Toulouse (2003) 90-92.
- [۵] سایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، [www.gsi.ir](http://www.gsi.ir)
- [۶] امینیان ع. ر، "ژئوشیمی و پتروژنز منطقه آبدر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۸۸) ۱۵۳ ص.
- [7] Tangestani M. H., Mazhari M., Agar Moore 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. V. 29, No. 10, (2008) 2833–2850.
- [8] Honarmand M., Ranjbar H., Shahabpour J., "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) (2012) 221-238.
- [9] Hassanzadeh J., "Metallogenic and tectonomagmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of central Iran (Shahr e Babak area, Kerman Province)" [Ph.D. thesis]: Los Angeles, University of California, Los Angeles, (1993) 204.
- [10] Ministry of Economy Geological Survey of Iran., (1972), geological map of Shahr-e-babak. 1:100000.
- [۱۱] سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده [WWW.USGS.GOV](http://WWW.USGS.GOV)
- [۱۲] سایت دانشنامه فضایی ایران [www.isa.ir](http://www.isa.ir)
- [13] Remote Sensing Tutorial of NASA, [www.rst.gsfc.nasa.gov](http://www.rst.gsfc.nasa.gov).
- [14] USGS, 2004a. Earth Observing 1, downloaded on May, 2011, from, url: <http://eo1.usgs.gov/>.
- [15] Pearlman J. S., Barry P. S., Segal C. C., Shepanski J., Beiso D., Carman S. L., "Hyperion, a Space Borne Imaging Spectrometer", IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, vol.41, No.6 (2003) 1160-1173.
- [16] Kruse F .A., Bordman J. W., Huntington J. F., "Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping" , IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing, 41(6) (2003) 1388–1400.
- [17] Hubbard B. E., Crowley J. K., Zimbelman D. R., "Comparative alteration mineral mapping using visible to shortwave infrared (0.4–2.4 $\mu$ m) Hyperion, ALI, and ASTER imagery", IEEE



- [38] Ranjbar H., Honarmand M., Moezifar Z., "Application of Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data: A case study of Meiduk and SAR Cheshmeh areas, Kerman, Iran", Journal of Asian Earth Sciences, 24 (2004) 237-243.
- [39] Karimpour M. H., Malekzadeh A., Haidarian M. R., "Ore deposit exploration, geology, geochemistry, satellite and geophysics models", Ferdowsi University of Mashhad (2008)
- [40] 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, Special issue on AVIRIS, (1993), v. 44 (1993) 145 - 163.
- [41] Van der Meer F., De Jong S., "Imaging Spectrometry. Basic Principles and Prospective Applications", 4. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, .( 2003)35 .
- [42] Adams J. B., Smith M. O., "Spectral mixture modeling: A new analysis of rock and soil type at the Viking lander 1 site", Journal of geophysical research (1986) 91 8098\_8112.
- [43] ITT VIS, ENVI 4.5 User's Guide. Software manual. ITT Visual Information Solution (ITT VIS), (2008) Boulder (co), USA.
- [۴۴] یعقوب پور ع. م.، "مبانی زمین شناسی اقتصادی"، مرکز نشر دانشگاهی، (۱۳۶۶) ۲۶۶ ص.
- [۴۵] کریم پور م. ح.، "زمین شناسی اقتصادی کاربردی"، انتشارات جاوید، (۱۳۶۸) ۴۰۴ ص.
- [۴۶] شهاب پور ج.، "زمین شناسی اقتصادی"، ویرایش اول، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۹۰) ۵۴۷ ص.
- [۴۷] علوی پناه س. ک.، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین"، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران (۱۳۸۲) ۲۸۹ ص.
- [۴۸] علوی پناه س. ک.، "اصول سنجش از دور نوین و تفسیر ماهواره ای و عکسهای هوایی"، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران (۱۳۸۸) ۳۷۲ ص.
- [27] Bindschadler R. Choi H., "Characterizing and Correcting Hyperion Detectors Using Ice-Sheet Images", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6) (2003) 1189-1193.
- [28] Ramsey E. III. A., Rangoonwala G., Nelson R., Martella K., "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 (2004) 1611-1636.
- [29] Khurshid K. S., Staenz K., Sun L., Neville R., White H. P., Bannari A., "Champagne, C.M. & Hitchcock, R., Preprocessing of EO-1 Hyperion data", Canadian Journal of Remote Sensing, 32(2) (2006) 84-97.
- [30] Gersman R., Ben-Dor M., Beyth D., Avigad M., Abraha E., Kibreab A., "Mapping of hydrothermally altered rocks by the EO-1 Hyperion sensor, northern Danakil Depression, Eritrea", International Journal of Remote Sensing, vol. 29 (2008) 3911-3936.
- [31] Leverington D. W., "Discrimination of geological end members using Hyperion imagery: Preliminary results, Big Bend National Park, Texas", IEEE International Geosciences and Remote Sensing Symposium, Boston, Massachusetts (2008).
- [32] Pearson K., "On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space", Philosophical Magazine 2 (6) (1901) 559-572.
- [33] Jolliffe I. T., "Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics", 2nd ed., Springer, NY, XXIX, 487 28 illus. (2002) ISBN 978-0-387-95442-4
- [34] Hastie T., Tibshirani R., Friedman J., "Elements of statistical learning", (1993) Springer Verlag.
- [35] Anderson T., "An Introduction to Multivariate Statistical Analysis", 3rd ed., Wiley, New York (2001). 721.
- [36] Sabins F. F., "Remote sensing for mineral exploration", Ore. Geol. Rev (1997), 14 157-183.
- [37] Richards J. A., "An Introduction, Springer-Verlag, Berlin, Germany", Remote Sensing Digital Image Analysis (1999) 240.