

شناسایی و تفکیک زون های آلتراسیون هیدروترمال و سنگهای ماگمایی با استفاده از فن و دانش سنجش از دور

- حمید رضا پیروان، دانشجوی دکتری زمین شناسی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
- جعفر غیومیان، استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
- صدرالدین امینی، دانشیار، دانشگاه تربیت معلم
- محمد لطفی، استادیار پژوهشکده علوم زمین

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش: تیرماه ۱۳۸۲

چکیده

در این تحقیق، مناطق وسیع دگرسانی گرمایی منطقه طارم، سنگهای مادر ماگمایی و توده های نفوذی مرتبط به منظور کمک در برنامه های اکتشافی نهشته های اپی ترمال و ارزبایی خسارات زیست محیطی آن در منطقه طارم و البرز مرکزی، از طریق پردازش تصاویر ماهواره ای مورد بررسی قرار گرفته است. برای نیل به این هدف، روشهای مختلف پردازش تصاویر رنگی حاصل از ترکیب ۳ باند TM، مورد آزمون قرار گرفته است. به کمک ضرب شاخص بهینه (OIF)، ترکیب های بانندی مناسب تعیین شدند. تصویر رنگی (RGB) (۵،۳،۱) جهت تفکیک واحد های سنگی، ترکیب های رنگی باندهای (۱،۵،۷) و (۱،۴،۷) و باندهای تفاضلی (b۵-b۷)، (b۴-b۲)، (b۱-b۲) RGB به منظور شناسایی پهنه های دگرسانی گرمایی، مناسب تشخیص داده شدند. در ترکیب رنگی (RGB) (۱،۴،۷) ناحیه زاجکندی، آلتراسیون درجه بالا به رنگ سفید، درجه متوسط به رنگ آبی فیروزه ای، در ترکیب رنگی (RGB) (۱۵ و ۷) انواع پیشرفته دگرسانی به رنگ سفید، درجه متوسط آن صورتی، در ترکیب رنگی (RGB) (B۱-B۲)، (B۴-B۲)، (B۵-B۷) انواع پیشرفته دگرسانی به رنگ صورتی و درجه متوسط آن لاجوردی می باشد. با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و در نظر گرفتن رخساره طیفی واحد های سنگی در ترکیب رنگی (۵،۳،۱) برای اولین بار توده نفوذی یوزباشی چای شناسایی و در این تحقیق ارائه شده است. به دلیل شباهت های رفتار طیفی واحد های مازنی و به ویژه رسوبات آبرفتی با سنگهای دگرسان شده، در تفسیر های چشمی و طبقه بندی نظارت شده تداخل و اختلاط داده ها ملاحظه گردید. در این خصوص سعی گردید، نمونه های تعلیمی به نحوی انتخاب شوند که ضمن دارا بودن پراکنش مطلوب در سطح تصویر، حداقل تداخل و مجاورت خوشه های انتخابی را نیز نشان دهند. از این طریق می توان با طبقه بندی نظارت شده، نقشه های مناسبی را تولید نمود. محدوده مناطق دگرسانی با طبقه بندی های نظارت شده بر روی ترکیب های رنگی یاد شده، به نقشه در آمده اند. بر پایه نتایج حاصله، حدود ۱۵ درصد از سنگهای ولکانو کلاستیک منطقه طارم دگرسان شده هستند که نشان از گسترش وسیع این پدیده در ارتفاعات طارم دارد.

کلمات کلیدی: مناطق دگرسانی گرمایی، توده های نفوذی طارم، آذر آوری های طارم، تصاویر ماهواره ای TM، طارم زنجان.

Pojouhesh & Sazandegi NO: 60 pp: 80-87

Hydrothermal alteration mapping using remote sensing technics in volcanic rocks of Tarom ranges, Iran.

By: Peyrowan H.R., Doctorate Student of Geology, Islamic Azad University.

Ghayoumian J., Soil Conservation and Watershed Management Research College.

Amini S., Tarbiat Moallem University.

Lotfi M., Earth Sciences College.

Hydrothermal alteration zones have significant role in prospecting of epithermal mineral deposits. In

this research, hydrothermal alteration zones in Tarom range in Iran have been investigated using image processing of remotely sensed data. The effectiveness of TM data for detecting alteration zones has been assessed. Three band color composite images produced based on optimum Index Factor (OIF) method and known spectral reflectance properties of rocks and alteration minerals in relation to TM bands. The color composite of TM bands, RGB (1,5,7), RGB (1,4,7) and RGB(b1-b2, b4-b2, b5-b7) achieved the most effective method for separation of hydrothermal alteration (high , medium and low) zones. The color composite of TM bands, 5,3 and 1 displayed as RGB revealed the best band combination for identification of rock types. In the study area, at this image, the Youzbashchai pluton is clearly highlighted and for the first time is reported. Also, supervised and unsupervised classification of the images confirmed the outcrop of Youzbashchai pluton. The results indicate about 15% of volcanic rocks of Tarom range is altered. This means that hydrothermal alteration affect in widespread region at Tarom range.

Keyword: Alteration zone, Tarom plutons, Tarom volcanoclastic rocks , TM images, Tarom range

مقدمه

ارتفاعات طارم، بخشی از کمربند فلزایی^۱ اوراسیا به طول ۱۰۰۰۰ کیلومتر است که از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. در این گستره، سنگهای پلوتونیک و ولکانیک ترشیری رخنمون دارند. در اثر تزریق توده‌های نفوذی در بدنه سنگهای ولکانیکی منطقه، گستره وسیعی از مناطق دگرسانی گرمایی^۲ تشکیل شده‌اند. این پهنه‌ها از نظر زمین شناسی اقتصادی با اهمیت بوده و شامل کانسارهای غیر فلزی آلونیت، کائولینیت و سیلیس و فلز گرانبهایی چون آلومینیوم اند. از دیدگاه زمین شناسی زیست محیطی و منابع طبیعی، گستره‌های دگرسان شده، به شدت فرسایش پذیر بوده، فاقد پوشش گیاهی و عاملی در جهت تخریب منابع خاک و آب منطقه به حساب می‌آیند. در دو دهه اخیر کاربرد سنجش از دور در زمینه‌های مختلف زمین شناسی کاربرد روز افزونی داشته است، که به صورت پراکنده توسط محققان مورد پژوهش واقع گردیده است. طوسی (۴)، با استفاده از نسبت طیفی TM₅/TM₇، مناطق دگرسانی آرژیلیک محتمل در منطقه کوه زرد تربت حیدریه را مشخص نموده است. شهریار و صفایی (۳)، با تهیه تصاویر مختلف با رنگ‌های مجازی، مبادرت به تفکیک واحد‌های سنگ چینه‌ای نمودند. نوایی و مهدیزاده تهرانی (۱۵)، تهیه ترکیب رنگی با استفاده از پیوند آنالیز مولفه‌های اصلی و تفریق رنگی را مناسب‌ترین روش برای جدایش مناطق دگرسانی گرمایی پیشنهاد نموده‌اند. Younis و همکاران (۱۷) با توجه به تغییرات بازتاب سنگها در باندهای مختلف طیف الکترو مغناطیس، قابلیت تفکیک و جدا سازی لیتولوژی‌های مختلف را در شرایط طبیعی

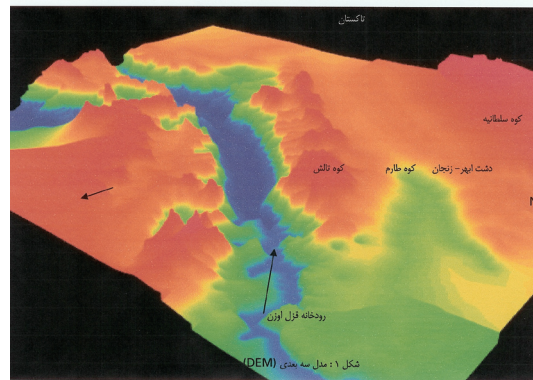
و آزمایشگاهی بررسی و به نتایج قابل توجهی نیز رسیده‌اند. Kreshnamurthy (۱۴) داده‌های ماهواره IRS^۲ را برای شناسایی و تفکیک واحد‌های سنگی بکار بسته و از این طریق توانسته نقشه‌های زمین شناسی موجود را اصلاح و بازنگری نماید. رنجبر و همکاران (۱۶)، جهت تفکیک واحد‌های سنگی و محدوده گستره‌های دگرسانی منطقه پاریز کرمان، استفاده از ترکیب‌های رنگی مولفه‌های اصلی، تبدیل IHS^۴ و نسبت باندهای ۲ به ۱ را مناسب‌ترین روش ذکر نموده‌اند. اسدی (۸)، با ترکیب رنگی تصاویر حاصل از آنالیز مولفه‌های اصلی PC_۲، PC_۳ و PC_۴، محدوده دگرسانی گرمایی را با رنگ نارنجی روشن و محدوده اکسید آهن را در تصویر PC_۱ شناسایی و تفکیک نموده است.

مهدیزاده تهرانی و همکاران (۲) با بکارگیری روش‌های مختلف تصاویر نسبی و تفریقی و نیز استفاده از مولفه‌های اصلی توانسته‌اند محدوده نواحی دگرشان شده ناحیه تر و درامشخصی نمایند. لک و مهدیزاده (۶) با استفاده از تصویر رنگی مجازی در محیط RCB با کانالهای ۱/ (۵-۷) قرمز، (۴-۲) سبز و (۱-۲) آبی، مناطق دگرمانی آرژیلیتی را از مناطق دگرمانی سیلیسی تفکیک نموده‌اند. گیاهچی و همکاران (۵) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تلفیق داده‌ها و نقشه‌های پایه، نقشه پتانسیل کنای سازی را جهت پی جویی مواد معدنی تولید نمودند.

در این تحقیق، سعی گردیده با در نظر گرفتن نتایج کار محققین قبلی و توجه به ویژگی‌های لیتولوژیکی و زمین شناسی خاص منطقه طارم، روش‌های مختلف جهت تفکیک مناطق دگرسان شده مورد آزمون قرار گرفته و انواع مناسب آن ارائه گردد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی $48^{\circ}30'$ تا $50^{\circ}00'$ طول شرقی و 36° تا 37° عرض شمالی واقع شده است، که از شرق به منطقه کوهین قزوین، از شمال به محل احداث سد منجیل، از غرب به روستای پاورود در دره قزل‌اوزن و از جنوب به جاده ابهر- زنجان محدود است و شامل سلسله ارتفاعات کوه‌های طارم شرقی و غربی به وسعت حدود 20000 کیلومتر مربع می‌باشد. این محدوده، بطور عمده در نقشه زمین شناسی $1:250000$ زنجان قرار دارد و بخشی از گوشه جنوب غرب نقشه چهارگوش زمین شناسی قزوین-رشت را نیز دربر می‌گیرد. شکل شماره ۱، مدل سه بعدی DEM منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل سه بعدی (DEM) منطقه مورد مطالعه .

مواد و روش‌ها

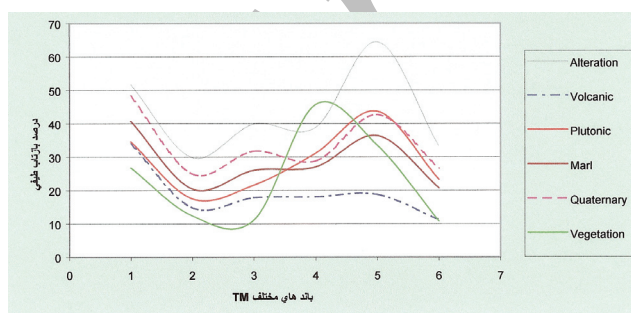
برای ارزیابی دقت تصویر ماهواره‌ای TM^۶ از دوروش تفسیر چشمی و خودکار در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. برای این منظور، داده‌ها، ابتدا زمین مرجع^۷ و سپس بازیابی مکانی^۸ شده‌اند. مراحل آشکار سازی و ساختن تصاویر کاذب رنگی انجام گردید و در نهایت با روش طبقه بندی نظارت شده، داده‌ها به نقشه تبدیل شده‌اند. بخش نهایه‌ی مربوط به تفکیک مناطق دگرسانی گرمایی که در واقع از تقاطع^۹ سه نقشه RGB^{۱۰} حاصل شده‌اند در این قسمت ذکر می‌گردد.

رفتر طیفی سنگهای مختلف گستره طرح

پایه و اساس سنجش از دور، بر اندازه‌گیری بازتابی پدیده‌ها از راه دور، استوار می‌باشد. بدین ترتیب بدون تماس مستقیم با اشیاء روی زمین، می‌توان آن عوارض را با شناسی نمود (۹ و ۱۱).

سنگها مجموعه‌ای از کانیها بوده که از نظر شیمیایی پیچیده‌تر و متغیرتر از کانی‌ها می‌باشند. بنابراین تعیین منحنی تغییرات طیفی آنها دارای پیچیدگی خاصی است. به دلیل وجود کانیهای متفاوت در سنگها این امکان وجود دارد که خصوصیات سنگها را بر اساس خصوصیات طیفی کانیهای تشکیل دهنده آنها تعریف کرد (۱۰).

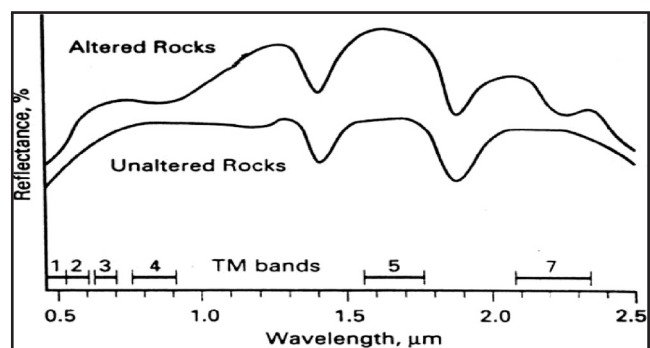
نشانه اصلی سنگ شناسی در سنجش از دور، رنگ و بافت است. رنگ سنگ بستگی به رنگ کانیهای در بر گیرنده آنها دارد. افزون بر این که میزان انعکاس و بازتابش طیفی در انواع سنگهای اسیدی‌تر به دلیل شرکت کانیهای فلسیک و روشنتر و کاهش میزان کانیهای تیره فرومنیزین نسبت به انواع بازیک‌تر، بیشتر می‌باشد. از سوی دیگر، انواع سنگها، مقاومت متفاوتی در مقابل عوامل هوازدگی از خود نشان میدهند، بنابراین الگوی مورفولوژی و آبراهه‌ای آنها نیز بر اساس شرایط آب و هوایی متفاوت خواهد بود.



شکل ۳: طیف انعکاسی واحد های مختلف سنگی، پوشش گیاهی و مناطق دگرسانی گستره طارم در باندهای مختلف TM.

وضعیت زمین شناسی منطقه مورد تحقیق

محدوده مورد مطالعه بخشی از ارتفاعات طارم سفلی و علیا واقع در زون البرز مرکزی است که به طور عمده از سنگهای آذرآواری و گدازه‌های ائوسن-لیگوسن و نیز توده‌های نفوذی و سنگهای نیمه عمیق تشکیل شده است. در بخشهای کم ارتفاع این منطقه، رسوبات قاره‌ای قرمز رنگ نئوژن رخنمون دارند، که گاه بوسیله گدازه‌های جوانتر پوشیده شده‌اند. در اوایل نئوژن و شاید همزمان با ته‌نشستهای دریایی نئوژن، توده‌های سینیتی-مونزونیتی در منطقه نفوذ کرده و سبب پیدایش دگرسانی وسیع گرمایی در سنگهای توفی و ولکانیکی به سن ائوسن میانی تا لیگوسن شده است. کانی‌زایی کائولن، آلونیت و سیلیس در سطح وسیع در اثر همین پدیده بوجود آمده است که ذخایر عظیمی را در منطقه شامل می‌شود (۱).



شکل ۲: رفتار طیفی پدیده‌های طبیعی از جمله سنگهای سالم و سنگهای دگرسان در باندهای مختلف سیستم لندست TM و MSS. همانطور که ملاحظه می‌شود سنگهای دگرسان شده نسبت به سنگهای سالم دارای انعکاس طیفی بیشتر می‌باشد. ضمناً سنگهای دگرسان در باند ۵ دارای حداکثر انعکاس و در باند ۷ بیشترین جذب را نشان می‌دهند.

مادون قرمز طول موج کوتاه بیشترین کاربرد در تشخیص انواع متفاوت دگرسانی گرمایی را دارا می‌باشد.

رفتار طیفی واحد های سنگی مختلف گستره طارم که مبنایی برای تشخیص و تفکیک مناطق دگرسان شده از سنگ های سالم در تصاویر ماهواره ای می‌باشد در شکل ۳ نشان داده شده است، به طوری که در آن مناطق دگرسانی، دارای درجه روشنایی و بازتابش بالاتری نسبت به سایر لیتولوژی ها به ویژه سنگ های مادر آتشفشانی است، که این امر مبنای کار در تفکیک محدوده های دگرسانی گستره طارم قرار گرفته است.

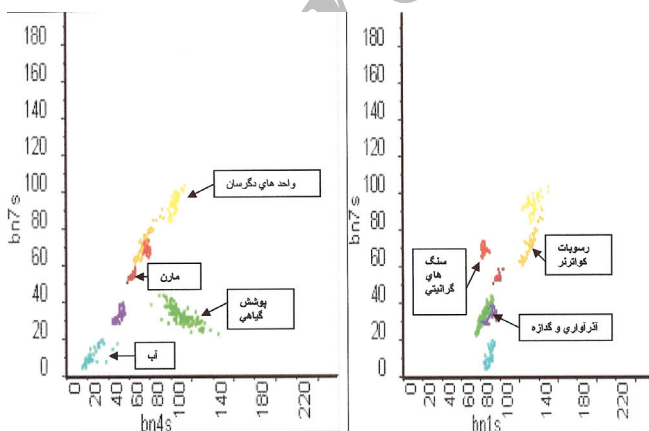
علیرغم این که تصاویر ماهواره ای، داده های مربوط به رخنمون های هوازده سنگ های مختلف و کانیهای گوناگون به همراه خاک و پوشش سبزینه ای را با هم ثبت می کنند، تصاویر پردازش شده رقومی، یک تصویر دقیق و صحیح از الگوی دگرسانی گرمایی ناحیه طارم را نشان می دهد.

پردازش تصاویر ماهواره ای گستره طرح

بررسیهای دورسنجی در محدوده مورد مطالعه به قرار زیر می باشد:

ورود داده ها و تصحیحات مورد نیاز

در این بررسی، از داده های سنجنده TM ماهواره لندست به شماره گذر ۱۶۶، ردیف ۳۴ و ۳۵ مربوط به سال های ۱۹۹۱ و ۱۹۸۹ میلادی در ۶ بانده طول موجی (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷) با قدرت تفکیک ۳۰ متر بهره گرفته شده است. داده های موجود به شکل خام دارای خطاهای رادیومتریک و هندسی مربوط به اثرات جو، گردش زمین، نوع سنجنده و ... می باشد، لذا نقشه های توپوگرافی مبنای تصحیحات هندسی قرار گرفتند و با انتخاب نقاط مشخصی بر روی نقشه های توپوگرافی از جمله محل تلاقی آبراهه ها، جاده ها و ... و انتقال مشخصات جغرافیایی آنها بر روی نقاط مشابه در تصاویر ماهواره ای و با بکارگیری روش محاسبه و برآورد نزدیکترین همسایه^{۱۲}، داده های این ناحیه تصحیح شدند. در ضمن با در نظر گرفتن رفتار طیفی آب در باندهای مختلف، خصوصاً باند ۷، مشخص گردید که تصاویر موجود، نیاز به تصحیحات رادیومتریک ندارند.



شکل ۵: نمونه ای از موقعیت داده های انتخابی بر روی دیگرام پراکنش.



شکل ۴: شناسایی توده نفوذی زاجکان با استفاده از پردازش تصاویر

ماهواره ای لندست TM با ترکیب رنگی (۵،۳،۱) RGB

با توجه به سه ویژگی رنگ، بافت و الگوی مورفولوژی و آبراهه ای، ایجاد تصاویر رنگی مختلف حاصل از ترکیب سه باند TM، در حد بسیار مطلوبی، لیتولوژی های مختلف شناسایی و تفکیک شدند که در بخش پردازش تصاویر ماهواره ای توضیحات آن بیان شده است.

رفتار طیفی و خصوصیات ویژه سنگ های دگرسان شده در تصاویر ماهواره ای

سیاری از کانسارها توسط سیالات آبکی به نام محلول های هیدروترمال نهشته شده اند که سنگ میزبان را مورد هجوم قرار داده است. در حین پیدایش مواد معدنی، این محلولها همچنین با سنگ میزبان بطور شیمیایی واکنش نشان داده و در نتیجه آن، کانیهای سنگ میزبان با فاصله ای قابل ملاحظه، فراسوی محل تمرکز کانسار، نیز دگرسان می شوند. سنگ های میزبان دگرسان شده، حاوی مجموعه کانی های ثانوی مشخص تحت عنوان کانی های دگرسانی می باشند که این کانیها جانشین کانیهای اصلی شده اند.

با توجه به این که دگرسانی گرمایی در نفوذپذیری، تراکم، تخلخل، وزن مخصوص و خصوصاً رنگ و سایر مشخصات فیزیکی و شیمیایی سنگ های میزبان تغییراتی بوجود می آورد، لذا با استفاده از روشهای مختلف ژئوفیزیکی مانند روشهای مقاومت سنجی، لرزه ای و مغناطیس سنجی میتوان گسترش قائم انواع دگرسانی را پیش بینی نمود. استفاده از روش های ژئوفیزیکی مستلزم صرف هزینه زیاد و زمان طولانی است، لذا در مواردی که این محدوده ها تا حد زیادی شناخته شده باشند، برای بررسیهای دقیقتر می تواند مورد توجه واقع گردند.

در تحقیق حاضر به منظور کاهش هزینه و زمان از تصاویر ماهواره ای برای تشخیص مناطق دگرسانی در مقیاس منطقه ای استفاده شده است. اساس این روش بر پایه تغییرات بازتاب امواج الکترومغناطیس حاصل از تغییرات رنگ، میزان رطوبت و ... در پدیده های مختلف، استوار است. گستره های دگرسانی در منطقه طارم با رنگهای متمایز سفید، زرد و قرمز در صحرا و بر روی عکسهای هوایی به رنگ سفید قابل تشخیص هستند. به همین دلیل بین سنگ سالم و سنگ دگرسان شده به لحاظ شدت درجه روشنایی^{۱۱} DN هر پیکسل از تصاویر ماهواره ای تفاوت چشمگیری وجود دارد. تغییرات طیفی همراه این سنگ های دگرسان شده معمولاً توسط تصاویر ماهواره ای TM لندست قابل ثبت است (شکل ۲). در فن و دانش سنجنش از دور، قسمت نور مرئی تا

به آبی و پوشش گیاهی، قهوه‌ای تیره و آب به رنگ آبی شناسایی و تفکیک شدند.

با استفاده از تصویر رنگی (۵،۳،۱)، توده نفوذی زاجکان پایین برای اولین بار در تحقیق حاضر، شناسایی و گزارش گردید. در گزارش‌های موجود و در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ زنجان، هیچ اشاره‌ای به حضور توده نفوذی در این محل نشده است و این بخش جزئی از سنگهای آذرآواری منطقه به نقشه درآمده است (شکل ۴).

وجود توده نفوذی در مکان یاد شده به دو دلیل محرز و حتمی گردید: الف- بازتاب طیفی، تون و نوع رنگ در این بخش مشابه نواحی گرانودیوریتی در سایر مناطق شناخته شده روی نقشه است.

ب- پس از این که تصویر رنگی مجازی مختلف در گستره طرح ساخته شد، توده نفوذی در مناطقی که هم در صحرا و هم بر روی نقشه زمین‌شناسی شناخته شده است، بعنوان توده نفوذی به سیستم معرفی و سپس بمنظور استخراج گستره توده نفوذی در مناطق دیگر، اقدام به تهیه نقشه طبقه‌بندی نظارت شده بر اساس نقاط تعلیمی یاد شده گردید که باز هم منطقه مورد نظر بعنوان توده نفوذی معرفی گردید.

مناطق دگرسان شده در ترکیب‌های رنگی مختلف، پس از عمل افزایش وضوح خطی^{۱۷}، به شرح زیر شناسایی گردیدند (شکل ۶). در ترکیب رنگی (۱،۴،۷) RGB ناحیه زاجکندی، دگرسانی درجه بالا به رنگ سفید و انواع متوسط به رنگ آبی فیروزه‌ای، سنگ مادر مناطق دگرسان شده به رنگ زرشکی، توده نفوذی، آبی متمایل به سبز و اراضی مارنی با تپ فرسایش شیبی مشخص قابل تشخیص است. در همان محل، در ترکیب رنگی (۱،۵،۷) RGB، انواع پیشرفته دگرسانی به رنگ سفید و درجه متوسط آن به رنگ صورتی، در ترکیب رنگی (۱،۴،۷) RGB انواع پیشرفته دگرسانی به رنگ صورتی و درجه متوسط آن لاجوردی ملاحظه می‌شود.

تهیه نقشه مناطق دگرسانی

پس از تفسیر چشمی تصاویر رنگی کاذب تولیدشده و شناسایی واحد های مختلف سنگی و مناطق دگرسانی، نسبت به تهیه نقشه محدوده مناطق دگرسانی اقدام گردید. به این منظور بر روی تصاویر یاد شده، طبقه بندی نظارت شده اعمال گردید. طبقه بندی نظارت شده تصاویر و تهیه نقشه مناطق دگرسانی گستره طارم در دو مرحله، یکی شناسایی اولیه و دیگری رفع عوامل مزاحم انجام گردید که شرح هر یک به قرار زیر است:

موزائیک داده‌های رقومی

با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در دو صحنه ماهواره‌ای^{۱۳} قرار داشت، پس از انجام تصحیحات هندسی، دو تصویر یاد شده در کنار هم موزائیک شده و محدوده کاری مورد نظر از تصویر حاصله برش داده شد. برای موزائیک کردن دو صحنه انتخاب شده و بدست آوردن تصویر واحد از منطقه، حدود ۲۰ نقطه مشترک در مناطق همپوشانی دو تصویر انتخاب و انطباق داده شد.

ایجاد تصاویر رنگی برای تشخیص سنگهای

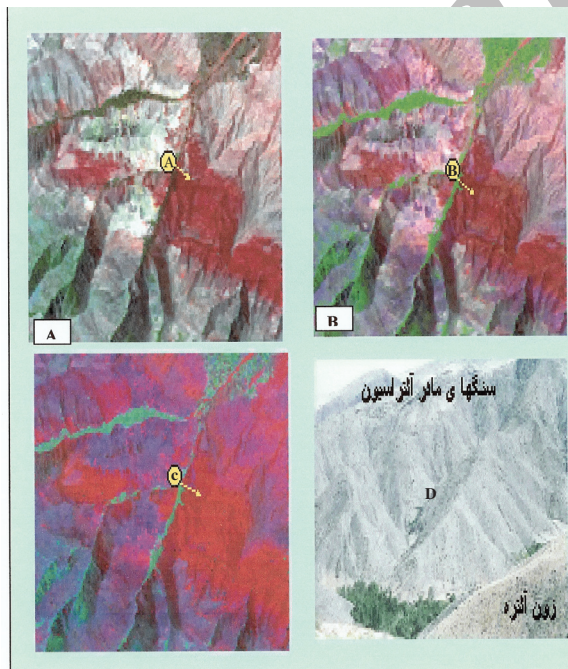
مختلف و مناطق دگرسان شده

از جمله مزایای اطلاعات رقومی سنجنده TM، امکان ترکیب اطلاعات باندهای مختلف و ساخت تصاویر رنگی حقیقی^{۱۴} و مجازی^{۱۵} می‌باشد. این تصاویر رنگی در تعبیر و تفسیر پدیده‌ها، ارزش بیشتری نسبت به تصاویر تک‌باندی (سیاه و سفید) دارا می‌باشند.

پس از انجام تصحیحات هندسی لازم، داده‌ها در باندهای گوناگون قرار داده شد و سپس حداقل با ترکیب ۳ کانال تصویری در محیط RGB، تصاویر رنگی مختلفی ساخته شد که پس از آشکارسازی با روشهای گوناگون، پدیده‌های مورد نظر با وضوح بیشتری در آن مشاهده گردید. با توجه به این که از نظر آماری امکان ساخت ۱۲۰ تصویر رنگی از ترکیب ۳ کانال تصویری در محیط RGB، امکان پذیر است، لذا در این پژوهش به منظور انتخاب بهترین ترکیب سه باندهای از روش تعیین فاکتور شاخص بهینه^{۱۶} بهره گرفته شد. این شاخص برای ۶ باند از داده‌های سنجنده TM محاسبه گردید (جدول ۱). ضمناً علاوه بر استفاده از شاخص OIF، از نتایج مطالعات محققین پیشین نیز بهره گرفته شد.

ضریب شاخص بهینه به دو پارامتر واریانس و ضریب همبستگی باندها در ترکیب رنگی بستگی دارد. هر چه مقدار این ضریب بالاتر باشد نشان دهنده واریانس بیشتر یعنی بکارگیری بیشترین اطلاعات و ضریب همبستگی کمتر یا به عبارتی کمترین مقدار مضاعف‌سازی و بکارگیری داده‌های مشابه، می‌باشد. همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، ترکیب باندهای (۱،۴،۵)، (۱،۴،۷) و (۵،۳،۱) مناسب ترین ترکیب های رنگی می‌باشند. بر این اساس سنگهای مختلف و مناطق دگرسان شده شناسایی و به قرار زیر تفکیک شدند:

با استفاده از تصاویر رنگی در محیط RGB حاصل ترکیب باندهای (۱ و ۳ و ۵) و تفسیر چشمی، توده‌های نفوذی نارنجی کم‌رنگ، سنگهای ولکانیک و آذرآواری یا به عبارتی سنگ مادر مناطق دگرسان شده به رنگ آبی متمایل به سبز، مارن‌ها به رنگ آبی روشن، رسوبات کواترنری به رنگ خاکستری متمایل



شکل ۶: مناطق دگرسانی ناحیه زاجکندی در ترکیب‌های رنگی مختلف. دایره زرد رنگ بر روی واحد دگرسان (محل تصویر برداری صحرایی) و نوک پیکان اشاره به سنگ مادر سالم و دگرسان نشده دارد. A: ترکیب رنگی (۷،۱،۵) RGB. B: ترکیب رنگی (۷،۴،۱) RGB. C: ترکیب رنگی (۷، ۵ - b۷ و b۲ - b۲ و b۴ - b۲ و b۱ - b۱) و RGB. D: نگاره صحرایی منطقه دگرسانی زاجکندی و سنگ مادر سالم آن.

شناسایی و رفع عوامل ایجاد مزاحمت در

تفکیک مناطق دگرسان شده

ناهنجاریهای موجود در منطقه که با محدوده دگرسانی گرمایی، تداخل انعکاس نوری را نشان می‌دادند عبارتند از:

الف- سنگهای رسوبی مثل مارن که حاوی رس بالایی است. با توجه به اینکه سنگ های دگرسان شده در حقیقت کانیهای رسی محصول فرآیند دگرسانی کانیهای اولیه و مادر سنگهای ماگمایی منطقه می‌باشند، لذا رفتار طیفی مشابه با مارن در منطقه دارند. این موضوع به خوبی در شکل ۳ قابل ملاحظه است. به عبارت دیگر مارن ها، الگوی رفتار طیفی کاملاً مشابه با مناطق دگرسان نشان می‌دهند.

ب- سنگهای با رنگ قرمز اصلی مثل سنگهای ولکانیکی سرشار از آهن و طبقات رسوبی قرمز رنگ (مارن‌های الوان).

با توجه به اینکه در مناطق دگرسانی گسترده طارم خصوصاً در ناحیه

در طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای، ناهنجاریهای به شرح زیر در منطقه وجود داشت که بدلیل شباهتهای رفتاری طیف انعکاسی آنها با مناطق دگرسان شده، امکان تداخل و اختلاط داده‌ها را موجب می‌شدند. از اینرو برای رفع آن از روش کنترل خوشه‌های انتخابی^{۱۸} استفاده گردید. در مواردی که بعضی از پیکسل‌های تعلیمی^{۱۹}، حالت ناهمگونی و یا ناهنجاری داشت، اقدام به حذف آنها شد. در این عملیات سعی گردید تا نمونه‌های تعلیمی دارای پراکنش مطلوبی در سطح تصویر باشند. بدین خاطر از نواحی مختلفی از تصویر، نمونه برداری به عمل آمد که در شکل ۵ نمونه‌ای از دیگرام پراکنش ابر الکترونی^{۲۰} هر دسته داده نشان داده شده است.

جدول ۱: مقادیر مختلف فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای ترکیبهای سه باند مختلف.

OIF Index Highest Ranking				
۱:	band 1	band 4	band 5	(۴۶,۲۷)
۲:	band 1	band 3	band 5	(۴۵,۴۳)
۳:	band 1	band 5	band 7	(۴۴,۱۰)
4:	band 1	band 2	band 5	(۴۲,۳۵)
۵:	band 3	band 4	band 5	(۴۱,۲۹)
۶:	band 1	band 3	band 4	(۴۰,۹۹)

جدول ۲: مساحت واحدهای مختلف در انواع نقشه طبقه‌بندی شده تصاویر ماهواره‌ای منطقه (ارقام به کیلومتر مربع).

طیفه‌بندی واحدهای تفکیک شده	RGB (۱.۵.۷)	RGB (۱.۴.۷)	RGB (B1-B2, B4-B2, B5-B7)
مناطق دگرسانی	۸۹۳/۴۰	۲۱۲۰	۸۵۸/۶۰
سنگهای سالم	۵۰۶۴/۸۰	۳۹۷۳/۵۳	۵۳۶۷/۰۰
مارن	۸۶۵/۳۶	۸۴۴/۴۴	۷۲۵/۴۴
رسوبات کواترنر	۲۴۱/۲۰	۱۶/۸۸	۱۳۰/۰۸
آب	۴۰/۰۸	۳۰/۵۶	۲۴/۱۲
پوشش گیاهی	۲۱۵/۰۴	۳۳۴/۴۸	۲۱۴/۷۶

جدول ۳: مقایسه‌ای میان درصد صحت داده‌ها در روشهای مختلف.

نام نقشه	تعداد داده‌ها	درصد صحت نمونه‌ها	خطای معیار SE
$RGB = (b_1 - b_2), (b_4 - b_2), (b_5 - b_7) $	۱۳۱	۵۰/۷۷	۰/۳۸۱
$RGB = ۱, ۴, ۷$	۱۳۳	۵۱/۵۴	۰/۳۷۵
$RGB = ۱, ۵, ۷$	۱۳۱	۵۶/۱۵	۰/۳۷۸

نهایتاً نقشهٔ ۷ تولید گردید که بر روی آن محدوده‌های دگرسانی گرمایی به رنگ سبز نشان داده شده است.

مساحت هر یک از واحدهای تفکیک شده در نقشه‌های یاد شده در محیط GIS محاسبه گردید (جدول ۲). همانگونه که ملاحظه می‌شود حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از سنگ‌های ماگمایی منطقه، دگرسان شده‌اند که نشان از گسترش وسیع این پدیده در ارتفاعات طارم دارد.

محاسبه صحت نتایج

طبقه‌بندی‌های نظارت شده

رهیافتی که برای محاسبه صحت طبقه‌بندی، منطقی به نظر می‌آید عبارت است از: مشخص کردن تعدادی از نقاط در یک رده در تصویر طبقه‌بندی شده و سپس بررسی وجود واقعی این نقشه‌ها در پدیدهٔ مشاهده شده روی زمین است. برای تعیین درستی، صحت و میزان درصد انطباق داده‌ها، استفاده از تئوری احتمالات مورد نیاز است (۱۲)، چرا که نتیجهٔ بدست آمده را میتوان بطور تصادفی از یک طبقه‌بندی تقریباً کامل و نیز از یک طبقه‌بندی ضعیف بدست آورد.

بر این اساس ابتدا نقشهٔ نقطه‌ای^{۲۲} موقعیت مکانی ۱۳۳ نقطه برداشت شده توسط GPS در صحرا (مربوط به مناطق دگرسانی شدید، دگرسانی ضعیف و سنگ سالم) تهیه شد و سپس با اطلاعات مربوط به نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده، عملیات قطع دادن نقشه‌ها انجام گردید. نتایج آن در جدول ۳ بطور خلاصه درج شده است.

برای تعیین صحت طبقه‌بندی از رابطه زیر استفاده شده است:

$$SE = \frac{(p \% q \%)^{1/2}}{N}$$

SE = درصد مشاهدات صحیح

N = تعداد نمونه‌ها

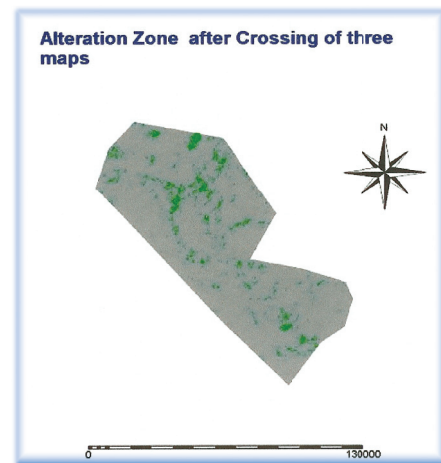
SE = خطای معیار

مقایسه میان درصد صحت داده‌ها در طبقه‌بندی‌های مختلف (جدول ۳) نشان می‌دهد که طبقه‌بندی بر اساس RGB (۱،۵،۷) بالاترین صحت داده‌ها و کمترین خطای معیار را دارا بوده است. با توجه به جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که مساحت واحدهای تفکیک شده در طبقه‌بندی‌های (۷و۵) و RGB (b۱-b۲, b۴-b۲, b۵-b۷) قرابت و نزدیکی خوبی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

تهیه نقشهٔ مناطق دگرسانی گرمایی با استفاده از پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای، روشی سریع و مطمئن می‌باشد که با توجه به پیشرفت روزافزون فن و دانش سنجش از دور و با بالا رفتن قدرت تفکیک سنجنده‌ها، در آیندهٔ نه‌چندان دور، این روش، جایگزین خوبی به جای استفاده از عکسهای هوایی و کارهای میدانی خواهد بود.

ترکیب رنگی (۵،۳،۱) RGB، جهت تفکیک واحدهای سنگی مناسب تشخیص داده شد. با کمک همین ترکیب رنگی، توده‌های نفوذی زاجکان در درهٔ یوزباشی‌چای برای اولین بار تشخیص داده شد. ترکیب رنگی (۱،۵،۷) RGB جهت جدایش مناطق دگرسانی گرمایی از سنگهای سالم دارای بهترین صحت و دقت می‌باشد. براساس



شکل ۷: پهنه‌های دگرسانی گرمایی حاصل از تقاطع نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت شده که به رنگ سبز نشان داده شده است.

زاجکندی، افق‌های هماتیتی مشاهده می‌گردد، لذا مشابهت رفتار طیفی بین سنگهای دگرسان و سنگهای سالم یاد شده در منطقه وجود دارد. ج- نهشته‌های رسوبی کواترنر حاصل از فرسایش طبقات سنگی منطقه بصورت نهشته‌های رودخانه‌ای و آبرفت‌های عهد حاضر، خصوصاً آبرفت‌های کف ابراهه که در معرض آب قرار دارند، بدلیل مجاورت طولانی مدت با آب، در سطح کاملاً دگرسان شده‌اند، لذا بازتاب طیفی مشابه با پهنه سنگ‌های دگرسان شده نشان می‌دهند. در شکل ۳ مشابهت رفتار طیفی رسوبات کواترنر با مناطق دگرسان نشان داده شده است. در این راستا حداکثر کوشش به عمل آمد که کمترین تداخل طیفی دسته داده‌ها به ویژه میان نهشته‌های کواترنر و مناطق دگرسانی مشاهده گردد.

طبقه‌بندی نظارت شده و تهیه

نقشهٔ مناطق دگرسانی

پس از تلفیق و تفسیر تصاویر مختلف ایجاد شده، با توجه به تون و نوع رنگ پدیده‌ها در تصویر، مناطق دگرسانی از سنگهای سالم تفکیک شده و سپس با کنترل کننده‌های زمینی، تصاویر موجود به روشهای مختلف، طبقه‌بندی شدند.

بر روی ترکیب رنگی (۱و۴و۷) RGB و (۱و۵و۷) RGB و (۵-۷ و ۲-۴ و ۲-۱) RGB، طبقه‌بندی نظارت شده انجام گردید و در آن محدوده‌های دگرسانی، مارن، رسوبات کواترنر، پوشش سبزینه‌ای، آب و سنگهای سالم مجزا شدند. بطوری که با بازدیدهای صحرائی، محدوده‌های مناطق دگرسانی، سنگهای سالم آذرآواری و توده‌های نفوذی و طبقات مارنی شناسایی و مختصات جغرافیایی آنها با استفاده از GPS ثبت و بر روی تصویر ماهواره‌ای منتقل شدند تا بکمک نقاط تعلیمی داده شده، بطور خودکار تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شوند. روش حداکثر احتمال^{۲۱} از میان روشهای مختلف طبقه‌بندی، بهترین روش و مناسبترین آن تشخیص داده شد. برای هموارسازی و عبارات دیگر همگن‌سازی نقشهٔ تولیدی، بر روی هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده، فیلترگذاری از نوع Majority با اندازه ۳×۳ بکار گرفته شد تا نهایتاً نقشه‌های مورد نظر تهیه و ارائه گردید. سپس سه نقشهٔ یاد شده با هم قطع داده شد و

گستره های دگرسانی گرمایی و انواع وابسته به کانی سازی طلا در ناحیه کوه زر تا مزرعه پوسیده (جنوب شاهرود)، هفدهمین گردهمایی علوم زمین.

۳- شهریاری، س. صفایی، ۵. ۱۳۷۷. تهیه نقشه زمین شناسی بخشی از البرز مرکزی با استفاده از پردازش اطلاعات رقومی ماهواره ای، هفدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.

۴- طوسی، محمد حسین، ۱۳۷۸. نقشه برداری آلتراسیون هیدروترمال با استفاده از تصاویر TM لندست در منطقه کوه زر تربت حیدریه، مجموعه مقالات همایش شناخت توانمندیهای معدنی شرق کشور.

۵- گیاهچی، پ. دانشفر، ب. فرحزادی، ن. ۱۳۷۷. ارائه الگوی مناسب برای دستیابی به محدوده های امید بخش معدنی، هفدهمین گردهمایی علوم زمین.

۶- لک، راضیه، مهدیزاده، سیمین. ۱۳۷۷. بررسی های دورسنجی به منظور تهیه واحد های سنگی و احتمال پراکندگی مواد معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جیان، هفدهمین گردهمایی علوم زمین.

۷- مرکز سنجش از دور. ۱۳۷۳. اصول سنجش از دور، ۳۵۰ صفحه .
8- Asadi Haroni, H. 2000, The zarshuran gold model applied in a mineral exploration GIS in Iran, PhD. Thesis, Delft University of Technology and ITC.

9- Curan, P.J. 1986. Principle of remote sensing. Longman Scientific & Technical. New York. 282p.

10- Drury, S.A. 1993. Image interpretation geology, second edition, London, Allen & Unwin.

11- Floyd F. Sabins. 1996. Remote Sensing (Principle and Interpretation), W.H. Freeman Co. New York, 575p.

12- Hay, A. 1979. Sampling design to test land use map accuracy. Photogrammetric engineering and remote sensing, 45: 529-33.

13- Hord, R.M. and Brooner, W. 1976. Land use map accuracy criteria. Photogrammetric engineering and remote sensing, 42: 301-7.

14- Kreshnamurthy, J. 1997. The Evaluation of digitally enhanced Indian remote sensing satellite (IRS) data for lithological mapping, Int. Journal of remote sensing, Vol. 18, No. 16.

15- Navai, I., S. Mehdi-zadeh-Tehrani. 2002. Alteration mapping by remote sensing techniques in south Iran-A case study,

16- Ranjbar, H., G.S. Roonwel, K.V. Ravidran. 2001. Digital image processing for lithological and alteration mapping, using spot multispectral data, a case study of Pariz area, Kerman Province, Scientific Quaternary Journal.

17- Younis, M.Y., M.A. Gilabert, J. Mella. 1995. Weathering process effect on spectral reflectance of rocks in a semi-arid environment.

داده های رقومی نقشه های طبقه بندی نظارت شده، حدود ۱۵ تا ۲۰٪ از سنگهای ماگمایی منطقه دگرسان شده اند که نشان از گسترش وسیع این پدیده در ارتفاعات طارم دارد. بدون شک، مناطق دگرسانی گرمایی از دیدگاه منابع طبیعی، اثرات زیانباری بر کیفیت منابع آب و خاک خواهند گذاشت ولی به لحاظ زمین شناسی اقتصادی، منابع عظیمی از کانیهای صنعتی چون کائولن، آلونیت، سیلیس و منبع بالقوه ای از فلز با ارزش آلومینیوم در ایران بحساب می آیند.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مسئولین محترم مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری به ویژه بخشهای تحقیقات حفاظت خاک و مدیریت حوزه های آبخیز که زمینه انجام این فعالیت تحقیقاتی را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می شود.

پاورقیها

- 1-Metallogenic
- 2- Hydrothermal Alteration
- 3- Indian Remote Sensing satellite
- 4- Intensity - Hve saturation
- 5- Digital elevation Model
- 6- Thematic mapper
- 7- Georeferencing
- 8- Resampling
- 9- Cross
- 10- Red - Green - Blue
- 11- Digital Number
- 12- Nearest Neighborhood
- 13- Scene
- 14- True Color
- 15- False Color
- 16- Optimum Index Factor
- 17- Linear Contrast
- 18- Sample Sets
- 19- Training sample
- 20 Scatter Diayram
- 21- Maximum Likelihood
- 22- Point Map

منابع مورد استفاده

- ۱- پیروان، حمید رضا. ۱۳۸۱: بررسی ژئوشیمیائی زون های آلتراسیون هیدروترمال سنگ های ماگمایی منطقه طارم و اثرات زیست محیطی آن، رساله دکتری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۲- مهدیزاده تهرانی، س. فضائی، ع. حیدری، ا. ۱۳۷۷. بررسی داده های ژئوشیمیائی، ماهواره ای و زمینی به منظور شناسایی