

تعیین مناطق تحت پوشش بازالت با استفاده از شاخص استخراج بازالت (BEI) و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره استر

میثم ارگانی^۱

امیررضائی^۲

صادق الیاسی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۰۳

چکیده

یکی از کاربردهای مهم علم سنجش از دور در بخش معدن و اکتشاف ذخایر معدنی و برآورد نقاط امید بخش زمینی می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از دانش سنجش از دور به طبقه‌بندی و تفکیک سنگ‌های سطحی موجود در معدن دیرومره پرداخته شده است. هدف اصلی از انجام این پژوهش شناسایی مناطق حاوی بازالت مرغوب در سطح می‌باشد. در این راستا از تصاویر ماهواره چند طیفی ASTER که دارای قدرت تفکیک طیفی و مکانی نسبتاً قابل قبولی می‌باشند، استفاده شده است. در اولین قدم به منظور دستیابی به ترکیب درست طیفی بازالت با توجه به امضای طیفی تعریف شده توسط دانشگاه جان هاپکینز برای سنگ بازالت، رفتار باندهای ماهواره استر و داده‌های اولیه زمینی تهیه شده توسط کارشناسان؛ شاخص استخراج بازالت (BEI) تعریف شد. سپس با اعمال فیلتر Convolution and Morphology بر روی تصویر حاصله سعی بر آن شد تا با به دست آوردن یک ترکیب رنگی مناسب، بازالت مرغوب از نامرغوب تمایز داده شود. در قدم بعد برای بارزسازی بهتر دو نمونه نقشه با دو طبقه‌بندی متفاوت با استفاده از الگوریتم Maximum Likelihood ساخته شدند. در انتها با توجه به تمام داده‌های تحقیق و عملیات میدانی شاخص اولیه توسعه داده شد.

واژه‌های کلیدی: بازالت، تصاویر ماهواره استر، شاخص استخراج بازالت، طبقه‌بندی

۱- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) argany@ut.ac.ir

۲- فارغ التحصیل کارشناسی سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران amirramezani@ut.ac.ir

۳- کارشناس ارشد مهندسی معدن، شرکت معدنی نوکان ساز elyasi@nokansaz.com

۱- مقدمه

تجزیه مؤلفه‌های اصلی و عامل شاخص بهینه (OIF) استفاده شده است (مسعودی، فریدونی، منکان، ۱۳۹۹). در سال ۲۰۰۲ در کتاب دورسنجی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نوشته کریستوفر لگ سنجش از دور به عنوان یکی از روش‌های مناسب در اکتشافات معدنی عنوان شده است. روش‌های متداول توصیه شده برای کارهای سنجش از دور معدنی در این کتاب عبارتند از: ترکیبات رنگ، تصفیه پیچیدگی، طبقه‌بندی (رده‌بندی) و اعمال شاخص‌های سنجش از دوری (Leg, 2002). در سال ۲۰۱۳ میتچل و همکاران پژوهشی را با موضوع بررسی میزان رخنمون سنگ بازالت در خاک‌های غرب ایالات متحده با استفاده از تصاویر لندست^۱ و در بازه‌های تاریخی متفاوت انجام دادند. در این پژوهش نیز از فنون ترکیب‌های رنگی و نسبت‌های باندی و شاخص‌هایی چون NDVI استفاده شده است. علت استفاده از این شاخص برای شناسایی مقادیر عددی در آستانه بین پوشش گیاهی و غیر گیاهی در طبقه‌بندی‌ها و حذف پوشش گیاهی به منظور بهبود سنگ‌شناسی است. در این پژوهش استفاده از باندهای حرارتی و مقایسه با دیگر باندها به منظور کاهش خطا، توصیه شده است و علت استفاده از تصاویر در تاریخ‌های مختلف برای بررسی تفاوت در زاویه تابش خورشید بوده است. آنها توانستند با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و چند مرحله نمونه‌برداری و مقایسه نمونه‌برداری‌ها، نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی را تهیه نمایند (Mitchell, et al., 2013). مارکوسکی و رولیم (۲۰۱۴) با استفاده از ماهواره استر AL1 به دنبال طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین به ویژه بازالت برآمدند. قدرت تفکیک مکانی پایین ماهواره استر از جمله مهمترین مشکلات استفاده از این ماهواره در آن پروژه اظهار شده بود. آنها با اعمال امضای طیفی تعریف شده توسط ناسا برای بازالت بر روی زمین، به جستجوی نقاطی در سطح زمین برآمدند که بیشترین تطابق را با آن امضا داشته باشد. پس از پیدا کردن این نقاط، طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم بیشترین

سنگ‌های آذرین بیرونی در اثر خروج ماگما و مواد مذاب از گوشته زمین به سطح تشکیل می‌شوند. بازالت که یک نمونه شاخص از سنگ‌های آذرین بیرونی است دارای درصد سیلیس بین ۵۰ تا ۵۴ درصد و فلدسپارهای کلسیم و پتاسیم زیر ۱۰٪ است. در صورت اختلال این ماده با دیگر مواد همانند رس و آهک (در مراحل اولیه تشکیل سنگ)، مقاومت مکانیکی و دیگر خواص فیزیکی آن تغییر نموده و از ارزش اقتصادی آن کاسته می‌شود. با توجه به این نکته می‌توان متوجه شد که بازالت‌هایی که تغییر شیمیایی و مکانیکی کمتری نسبت به دیگر هم‌نوعان خود دارند از مرغوبیت بالاتری برخوردار بوده و به عبارت دیگر ملاک و هدف در عملیات استخراج معادن این گونه سنگ‌ها می‌باشند. استفاده از دانش سنجش از دور یکی از راه‌های شناسایی نقاط امید بخش معدنی است. در این زمینه پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته است. برای مثال، در سال ۱۳۹۳ جمال عسگری و همکاران در پژوهشی با عنوان کاربرد سنجش از دور در اکتشاف کانسارها به بررسی توانایی‌های سنجنده ASTER و سنجنده هایپریون EO-1 در شناسایی مناطق دگرسانی کانسارهای آهن و مس پروفری پرداختند. در این پژوهش از روش‌هایی چون شاخص MNF، ترکیب رنگی کاذب (SAM, FCC) و تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. در پژوهش فوق مشخص شده است که استفاده از باندهای SWIR سنجنده ASTER می‌تواند ابزاری مناسب در شناسایی کانسارهای معدنی باشد (عسگری، علی‌محمدی، نصیری، ۱۳۹۳). در سال ۱۳۸۹ سید مسعود مسعودی و همکاران در مقاله‌ای به بررسی کاربرد سنجش از دور در پی جویی ژومیس در پیرامون قله دماوند پرداختند. در این پژوهش از تصاویر سنجنده‌های ETM⁺, ASTER, IRS استفاده شده است. در این پژوهش نیز مشخص شد که محدوده طیفی SWIR سنجنده استرکارایی بیشتری در شناسایی سنگ‌ها دارد. در این پژوهش از روش‌هایی چون ترکیبات رنگی دروغین، تبدیل رنگ JHS،

1- kernel size

2- land sat

آنها برای سنجش عوارض در سطح مناسب هستند. در این مقاله از تصاویر ماهواره چند طیفی ASTER استفاده شده است. این ماهواره قدرت تفکیک طیفی و مکانی نسبتاً قابل قبولی را برای انجام چنین پروژه‌هایی در اختیار می‌گذارد. به همین علت و نیز به منظور بالابردن سطح تفکیک و پایین آوردن خطا تصاویر سنجنده ASTER انتخاب شد (عموسلطان، باقری، ۱۳۹۳).

۲- معدن و محدوده مورد مطالعه

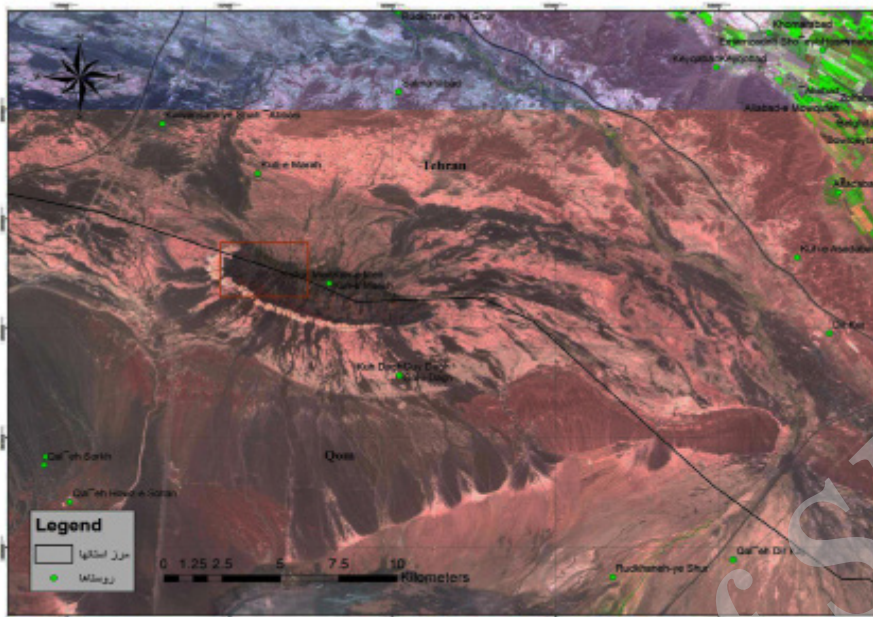
محدوده معدن در استان تهران، ۵۲ کیلومتری جنوب شهر تهران، ۲۲ کیلومتری جنوب شهر حسن آباد فشافویه و شهرک شمس‌آباد واقع شده است. محدوده مورد مطالعه بین طول ۰۱ ۱۱ ۵۱ تا ۰۹ ۱۶ ۴۹ و عرض ۰۶ ۱۱ ۳۵ تا ۰۹ ۳۰ ۳۵ در سیستم جغرافیایی و بین طول ۳۸۹۰۶۳۷،۸۱ لغایت ۵۱۶۸۴۳،۷۷ تا ۳۸۹۳۴۲۰،۸۲ در زون ۳۹ در سیستم UTM واقع شده است. نمایی از موقعیت معدن به همراه مهمترین پدیده‌های طبیعی شاخص در منطقه و همچنین موقعیت جغرافیایی خطوط مرزی استانی در نگاره ۱ نشان داده شده است. این منطقه به دلیل قرار داشتن در منطقه کویری از آب و هوای گرم و خشک در تابستان و سرد و سوزان در زمستان برخوردار است. منطقه مذکور از نظر پوشش گیاهی کاملاً فقیر بوده و در فصول مختلف سال از نظر پوشش ابر و میزان آتروسل‌ها مشکلی برای عملیات سنجش از دوری ایجاد نمی‌کند. این محدوده از لحاظ منطقه‌بندی زمین‌شناسی در زون زمین‌شناسی البرز قرار دارد. قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه متعلق به زمان ائوسن است و اطلاعات زمین‌شناسی سطحی با توجه به آثار فسیلی موجود در منطقه، تنها مرتبط با تاریخ جوان‌تر از ائوسن می‌باشد.

به صورت غالب ۳ نوع سنگ در منطقه وجود دارد که عبارتند از بازالیت، آهک و مرمریت (که همان آهک پخته شده است). بازالیت‌های موجود در منطقه در حین تشکیل به دلیل وجود رس و شرایط موجود در زمان تشکیل غالباً

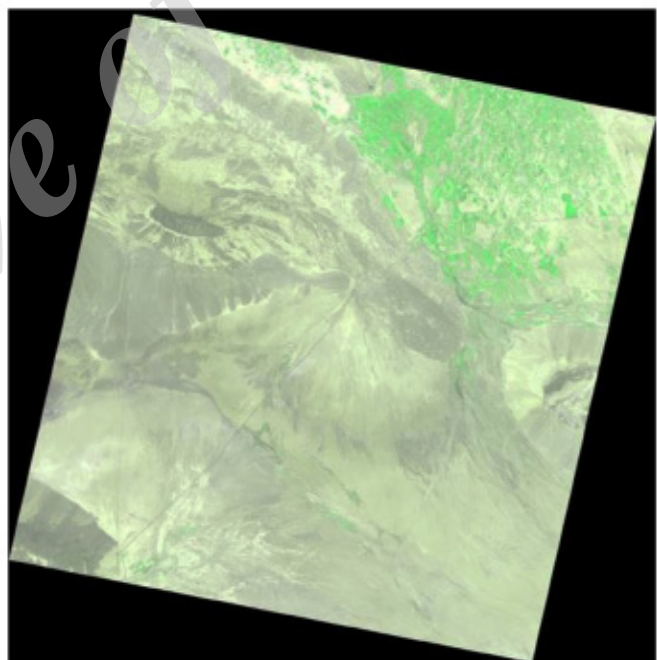
تطابق (Maximum Likelihood) بر روی نقاط بررسی شده به منظور تهیه نقشه پراکندگی اعمال گردید. نقشه حاصل به یک شاخص برای پیدا کردن بازالیت‌ها در ایالت ریوگراندا دی سئول کشور برزیل درآمد (Markoski&Rolim, 2014). در سال ۲۰۱۵ اوزن-کوراملوگلو و همکاران پژوهشی را با محوریت تعیین بازالیت در منطقه کولا ترکیه با استفاده از تکنیک سنجش از دور انجام دادند. آنها در این پژوهش از تکنیک‌های ترکیب رنگی و نسبت بانندی به منظور دستیابی به مطلوب‌ترین نتیجه استفاده کردند. آنها توانستند در پروژه مذکور به یک روش ترکیب رنگی مناسب به منظور تعیین محدوده و مرز بازالیت دست یابند (Corumluoglu1 et. al, 2015). لذا در این مقاله سعی بر آن شده تا با استفاده از فن یا هنر سنجش از دور به زون‌هایی دست یابیم که حداکثر مرغوبیت اقتصادی را داشته باشند.

منطقه مورد مطالعه در این مقاله معدن دیر و مره نام دارد که شامل یک توده نفوذی دایک در یک بستر مرمریتی می‌باشد. طبق مطالعات و بررسی‌های اولیه انجام شده در این منطقه، کوه مره شامل توالی دایک‌های بازالیتی متوالی و پی‌درپی در یک بستر آهکی دریایی است. این توده نفوذی با بالا آمدن از زیر سطح زمین توالی آهکی را نیز به همراه خود به سطح آورده است که این عمل موجب پخته شدن آهک‌ها شده و آنها را تبدیل به مرمریت کرده است. در هنگام بالا آمدگی دایک‌های بازالیتی، رس‌های موجود در محیط شرایطی را بوجود آورده‌اند که در نتیجه آن یکسری بازالیت با درجه مرغوبیت پایین حاصل شده است. هدف از انجام این مطالعه، تهیه نقشه مناطق دارای بازالیت در سطح زمین و نهایتاً تفکیک بازالیت مرغوب از نامرغوب می‌باشد. سپس با استفاده از روش‌های سنجش از دور و تلفیق آن با دانش زمین‌شناسی و معدن، میزان ذخایر بازالیت قابل پیش‌بینی خواهد بود.

در این مقاله با استفاده از دانش سنجش از دور به شناسایی کانی‌ها در سطح پرداخته شده است. به همین منظور از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده که سنسورهای



نگاره ۱: نمایی از محدوده معدن و عوارض طبیعی و جغرافیایی منطقه



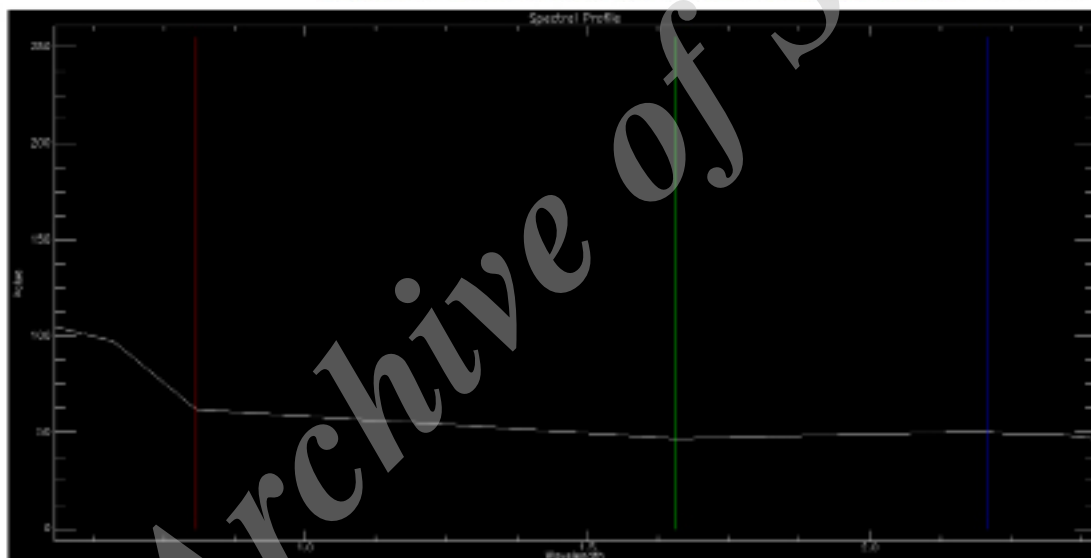
نگاره ۲: نمایی کلی از محدوده مورد مطالعه و زونهای اطراف (تصویر تهیه شده توسط ماهواره استر با کیفیت بالا)

مبنای این نوع از بازالت‌ها طراحی شدند و زمانی که صحبت از یافتن بازالت می‌گردد، هدف یافت بازالت مرغوب است نه بازالت آلتزه شده. نگاره ۲ نمایی کلی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد و نگاره ۳ نمایی از عملیات بهره‌برداری مقدماتی از یک منطقه بازالتی را به نمایش گذاشته است. در این نگاره بازالت‌های هدف در حال استخراج هستند.

اکسیده شده و خواص فیزیکی و شیمیایی آنها تغییر کرده است. به دلیل این تغییر فیزیکی و شیمیایی در بازالت‌ها، خواص مکانیکی آنها نیز تحت تأثیر این فرآیند درآمده و از مرغوبیت آنها کاسته شده است. به دلیل آن که هدف این پروژه تعیین و بازسازی بازالت‌های مرغوب و با کیفیت می‌باشد، اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این تحقیق بر



نگاره ۳: نمایی از بازالت‌های هدف در حال استخراج



نگاره ۴: نمایی از طیف بازتابی بدون اعمال هیچ گونه تصحیحاتی

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- تصاویر مورد استفاده

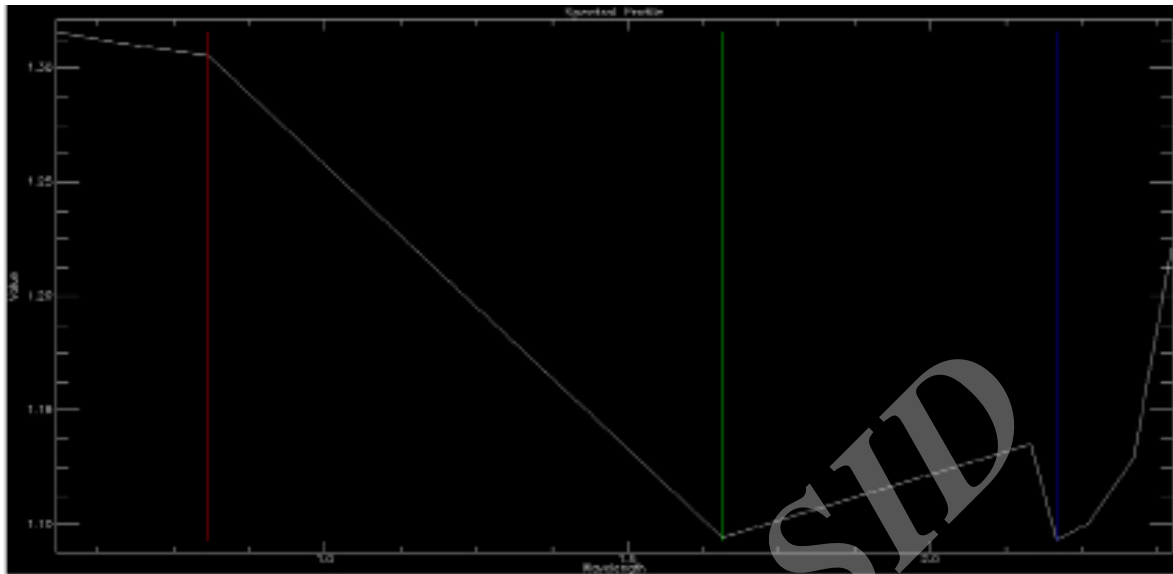
تصاویر ماهواره استر ALI^۱ به دلیل داشتن قدرت طیفی نسبتاً مناسب، توان بالای آنها در ایجاد تصاویر قابل قبول و همچنین دسترسی رایگان بسیار مورد توجه محققان و پژوهشگران سنجش از دور بوده است. لذا در این پروژه نیز از آنها به عنوان داده‌های ماهواره‌ای استفاده گردید. ماهواره استر توانایی ایجاد تصاویری با ۱۴ باند مختلف را دارا می‌باشد. ۹ باند این سنجنده، نوری و مابقی حرارتی

هستند. ۶ باند از ۹ باند نوری که ماهواره استر تولید می‌کند به نام باند موج کوتاه یا SWIR و ۳ باند دیگر به نام باند مرئی^۲ هستند. (ASTER Higher-Level Product User Guide, 2001) و (USGS, 2015). لازم به ذکر است به منظور به حداقل رساندن اثر پدیده‌های جوی مانند ابر، تصاویر فصل تابستان و ماه آگوست در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته و به دلیل قدرت تفکیک مکانی پایین تصاویر حرارتی این ماهواره، این تصاویر در این پروژه مورد استفاده قرار نگرفتند. (صفری،

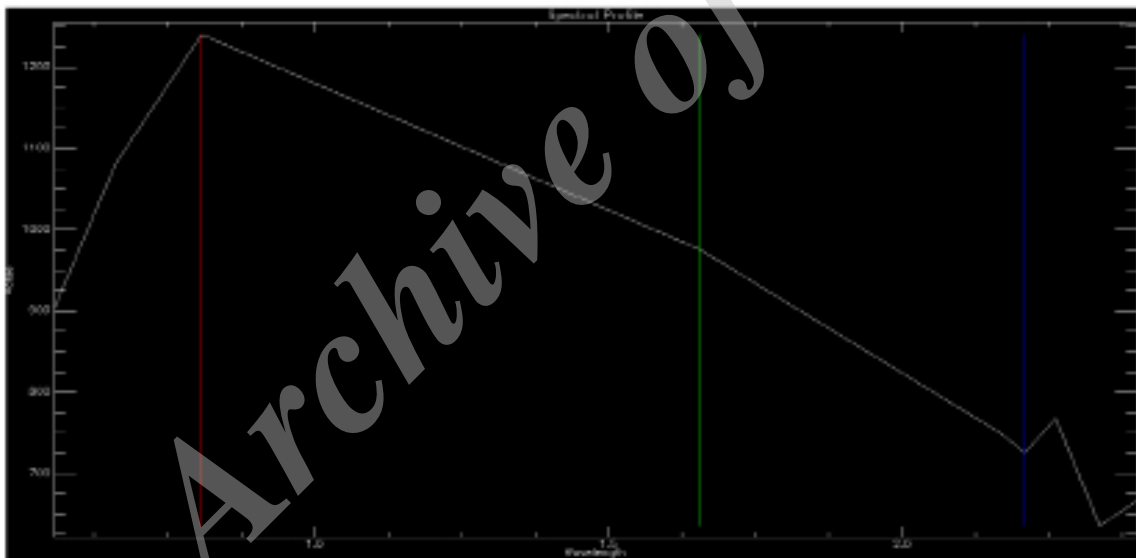
منوچهری نیا، ۱۳۹۶)

^۲- Visible band

^۱- ASTER



نگاره ۵: نمایی از طیف بازتابی با تصحیحات اعمال شده رادیومتری



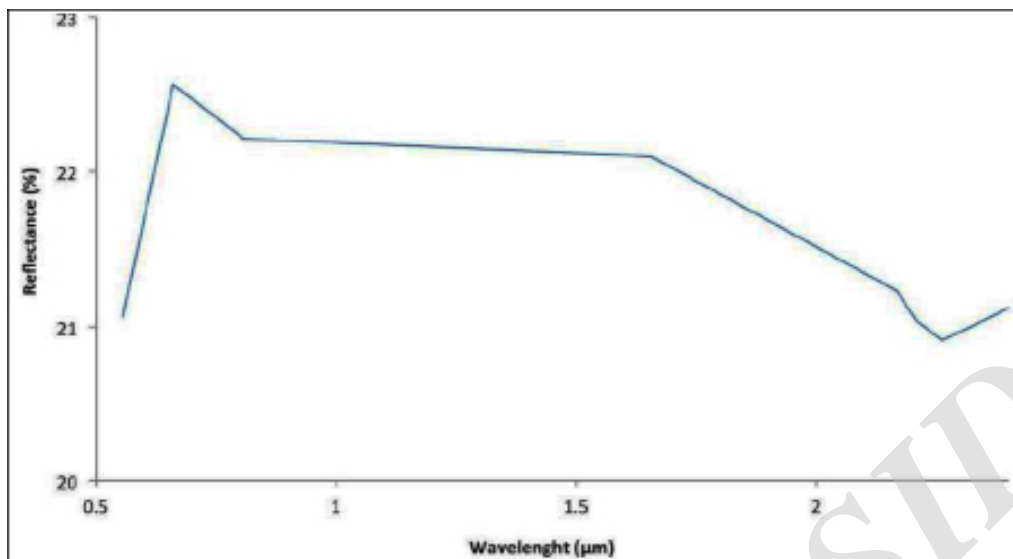
نگاره ۶: نمایی از طیف بازتابی بر منطقه بازتابی مورد مطالعه پس از اعمال تصحیحات اتمسفری و رادیومتری

۳-۲- پیش پردازش

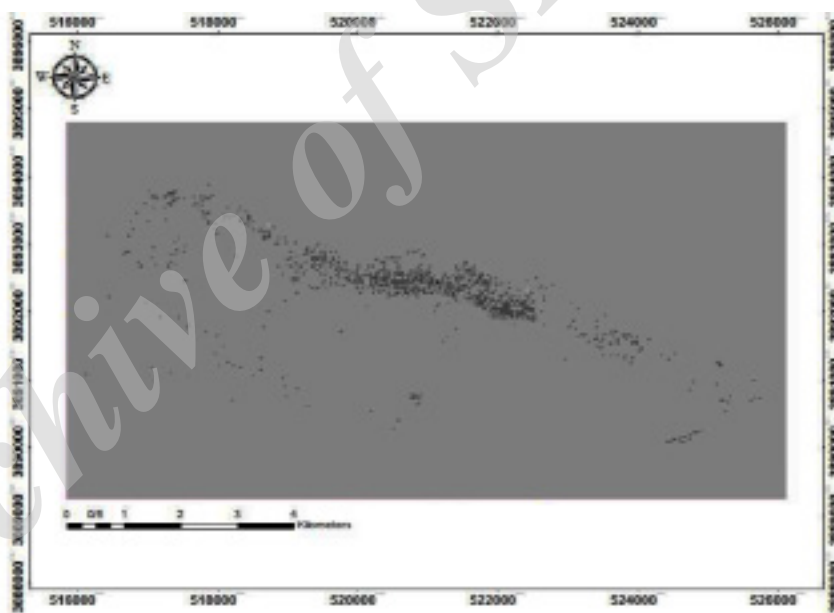
خواهند بود. (شایان، زارع، یمانی، شریفی کیا، ۱۳۹۳)

نیاز است که این اثرات مخرب قبل از ارزیابی و تحلیل در مراحل آتی پروژه‌های سنجش از دور حذف گردند. از این رو با استفاده از داده‌های اطمینان بخش ماهواره همانند میزان قدرت طیفی سنجنده این تصحیحات اعمال می‌گردد و اثرات مخرب به حداقل کاهش می‌یابند. به عنوان مثال نگاره ۴ نمایی از سطح بازتاب بر روی محدوده مورد مطالعه

امواج نوری بازتابی پس از برخورد با سطح و پراکنش به سمت ماهواره بر می‌گردند که در طی این مسیر با جو سطح زمین برخورد می‌کنند و دچار پراکنش حاصل از برخورد با جو می‌شوند. به دلیل پراکنش‌های متوالی امواج ارسالی در طی مسیر، امواج دریافتی دارای یکسری اثرات مخرب



نگاره ۷: بازتاب
 طیفی تعریف شده
 برای بازالت توسط
 دانشگاه جان
 اپکینز, (Markoski&Rolim,
 2014)



نگاره ۸: نمایی از تصویراستر بعد از
 اعمال شاخص مذکور

است، تصحیحات لازم بر روی آنها انجام شد. در اولین قدم تصحیح رادیومتری^۱ بر روی تصاویر اعمال می‌گردد. تصحیح رادیومتری برای رفع اثرات مخربی است که می‌تواند دقت موج بازتابی از جسم به سنجنده را تحت تأثیر قرار دهد. این اثرات مخرب مواردی مانند تغییرات درجه‌بندی حس‌گر، اختلاف ارتفاع خورشید در زمان‌های مختلف تصویربرداری و ... را شامل می‌شود (Leg, 2002). لازم به ذکر است که این تغییرات طبق استاندارد ارائه شده توسط خود ماهواره اعمال می‌گردد. نگاره ۵ نمایی

را بدون انجام هیچگونه تصحیحی نشان می‌دهد. همان گونه که در نگاره ۴ قابل مشاهده است، بدون اعمال تصحیحات تقریباً تشخیص عوارض ناممکن است. بر اساس نگاره ۴ مقدار باندهای مختلف تقریباً یکسان است و روند خاصی را نشان نمی‌دهند.

ماهواره استر داده‌های خود را با پردازش‌های خاص و در سطوح مختلفی به استفاده کنندگان ارائه می‌کند. با توجه به نکات ذکر شده پس از دریافت داده‌های ماهواره استر AL1 که هیچگونه تصحیحاتی بر روی آن اعمال نشده

^۱- Radiometric Capabilities

دلیل داشتن بیشترین اختلاف با باند قرمز در نظر گرفته شدند. پس از اعمال شاخص مذکور، روی تصویر حاصله فیلتر Convolution and Morphology به صورت High Pass ۲۰ درصد با کرنل سایز ۲ یازده اعمال گردید. نگاره ۸ نمایی از تصویر بازتابی منطقه مورد مطالعه بعد از اعمال شاخص ذکر شده را نشان می‌دهد. نقاط دیده شده در تصویر به عنوان مکان‌های حاوی بازالت تعریف شدند. نگاره ۹ نیز نمایی از تصویر بارزسازی شده به وسیله فیلتر را نشان می‌دهد.

پس از آن با توجه به رفتار باندهای مختلف ماهواره استر در مناطق حاوی بازالت مرغوب، سعی بر آن شد تا با به دست آوردن یک ترکیب رنگی مناسب، بازالت مرغوب از نامرغوب تمایز داده شود. در حین شناسایی ترکیب مناسب مشخص گردید که حداکثر بازتاب بازالت در باند ۳ مادون قرمز و همچنین رس‌ها و آهک‌ها در باندهای چهارم و پنجم ترکیب رنگی (R=3, G=4, B=6) RGB اتفاق می‌افتد که این اثر باعث شد تا مناطق بازالتی به رنگ قرمز قابل تشخیص شوند. خوشبختانه نتایج ترکیب رنگی و فیلتر به صورت مناسبی یکدیگر را تأیید می‌کنند.

طبق تصویر ارائه شده از فیلتر (براساس شاخص) و ترکیب رنگی حاصله مناطقی به صورت زون بندی با ویژگی‌های یکسان انتخاب و برای صحت آنها بازدید و عملیات میدانی صورت گرفت. در طی عملیات میدانی مشاهده گردید که تصویر حاصل از فیلتر و ترکیب رنگی به صورت مناسبی مشاهدات میدانی را تأیید می‌کنند. به عبارت بهتر از ۴۰ زون مشاهده شده رفتار طیفی ۳۵ زون دارای رفتار طیفی مشابه کتابخانه جان هاپکینز، بارزسازی، ترکیب رنگی و داده‌های اولیه بود. لازم به ذکر است که به منظور کمک به مراحل بعدی آنالیز و افزایش دقت پروژه زون‌های مطالعاتی تازه‌تری برداشت شد، که در تعیین این زون‌ها نکاتی از جمله: قرار نداشتن زون انتخابی در سایه، نداشتن شیب زیاد زون انتخابی و گستردگی مناسب (طبق قدرت تفکیک مکانی سنجنده) لحاظ گردید.

از تصحیحات رادیومتری اعمال شده بر روی سطح بازالتی را نشان می‌دهد. همانگونه که قابل مشاهده است به دلیل اعمال تصحیحات دامنه طول موج، تغییرات بسیاری کرده است که این تغییرات کمک شایانی به تحلیل‌های مراحل آتی تحقیق می‌کند.

به منظور افزایش دقت در قدم بعدی تصحیح اتمسفری جهت کاهش اثرات تخریبی پراکنش امواج با عنوان Quick Atmospheric Correction بر روی داده‌ها اعمال گردید. همان گونه که از اسم این تصحیح مشخص است، به دلیل کاهش حداقلی اثر تخریب اتمسفری بر روی داده‌ها اعمال گردید. (درویشی بلورانی، رشیدیان، جوکار ارسنجانی، ۱۳۹۱) نگاره ۶ نمایی از اسپکتورال-پروفایل را پس از اعمال تصحیحات اتمسفری و رادیومتری بر سطح بازالت نشان می‌دهد.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- پردازش‌های اصلی

در اولین قدم برای رسیدن به ترکیب درست باندی بازالت، از رفتار باندهای تعریف شده در کتابخانه طیفی دانشگاه جان هاپکینز برای سنگ بازالت استفاده شد. نمایی از این رفتار باندی در نگاره ۷ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که این امضای طیفی بر روی بیش از ۹ باند طیفی و در شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده است، لذا به دلیل تمرکز مطالعه حاضر روی باندهای رنگی، امضای به دست آمده دقیقاً مشابه رفتار طیفی بازالت در منطقه مورد مطالعه نیست.

طبق نمودار طیفی، رفتار باندهای استر (نگاره ۶) و داده‌های اولیه زمینی شاخص استخراج بازالت (BEI) به شرح زیر استخراج شد:

$$BEI = (b3/(b4-b5-b6-b8))$$

تصویر ایجاد شده پس از اعمال این شاخص توانست نقاط اولیه مشاهده شده و منطقه استخراجی حاوی بازالت را مشخص کند. لازم به ذکر است که باندهای چهارم، پنجم، شش و هشت مشکوک به داشتن آهک و رس در خود می‌باشند و به

²- kernel size

^۱- Basalt Extraction Index

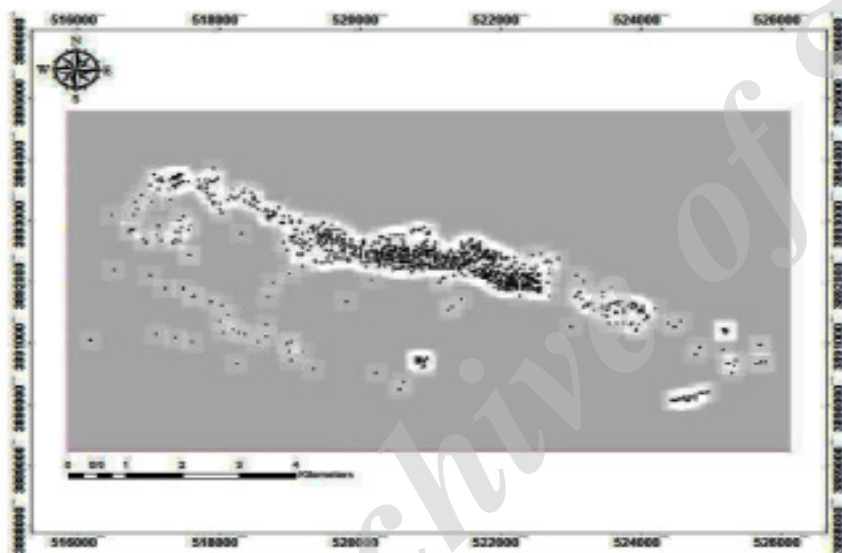
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۳۱)
تعیین مناطق تحت پوشش بازالت با استفاده ... / ۱۳۱

از این رو پس از تأیید نتایج اقدام به طبقه‌بندی و تهیه نقشه در مراحل بعدی گردید. لازم به ذکر است که در طی عملیات میدانی انجام شده تعدادی نقاط (به دلیل دسترسی هموار در این مناطق برخلاف بازالت) برای تعیین خاک و مرمریت آهکی برداشت شد تا علاوه بر کاهش خطا از صحت طبقه‌بندی انجام شده در مرحله بعدی نیز اطمینان حاصل گردد.

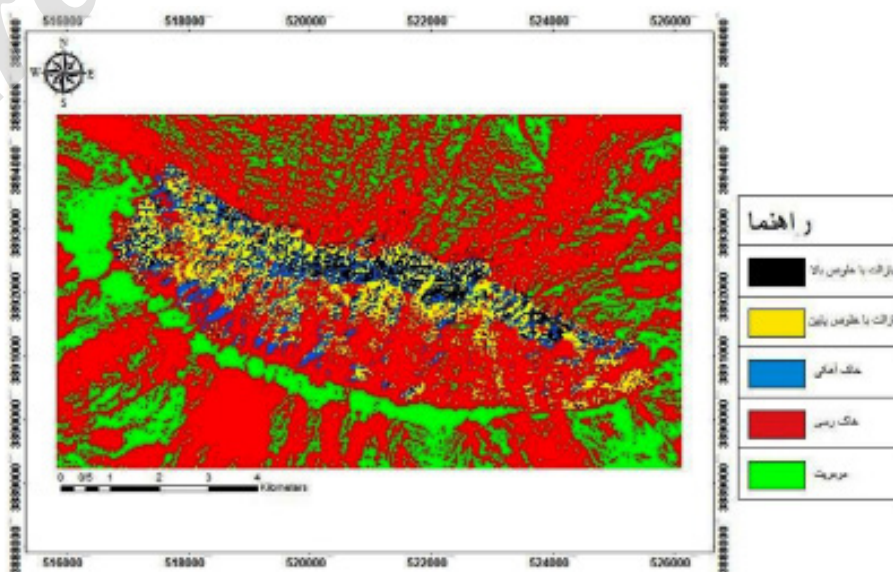
۲-۴- طبقه‌بندی

با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر، عضویت یک پیکسل به یک

کلاس و طبقه خاص تعیین می‌شود. به طور کلی به صورت متداول طبقه‌بندی عموماً به روش‌های طبقه‌بندی نظارت نشده، طبقه‌بندی نظارت شده و طبقه‌بندی شیء‌گرا انجام می‌گیرد. طبقه‌بندی نظارت نشده طبق الگوریتم‌های معین نرم‌افزار انجام می‌شوند و متخصص (اپراتور) نقشی در اعمال آن ندارد. طبقه‌بندی نظارت شده به سیستم اطلاع می‌دهد که گروه خاصی از پیکسل‌ها در تصویر نمایانگر نوع بخصوصی از پوشش زمین هستند و سپس الگوریتم نظارت شده به جستجوی پیکسل‌هایی با ویژگی‌های تیفی



نگاره ۹: نمایی از تصویر بازتابی بعد از اعمال فیلتر و شاخص



نگاره ۱۰: نمایی از نقشه ۵ دسته طبقه‌بندی ساخته شده از محدوده مورد مطالعه

فیلتر و شاخص به صورت نسبی تأیید شدند. الگوریتم Maximum Likelihood که یک روش طبقه‌بندی نظارت شده است، از روشی آماری در طبقه‌بندی برای اختصاص دادن هر پیکسل به یک طبقه استفاده می‌کند.

طبقه‌بندی کننده‌هایی از نوع حداقل مسافت و حداکثر شباهت از این گونه رویکردهای آماری بهره می‌جویند و معمولاً قادرند از عهده تعداد زیادی از این طبقه‌ها به طور همزمان برآیند (Leg, 2002).

۴-۳- دستیابی به بهینه‌ترین شاخص

به منظور بالا بردن دقت و صحت نتایج حاصله، شاخص جدیدی با استفاده از تصویر حاصل از ترکیب رنگی، شاخص ساخته شده (تعریف شده) در مراحل قبل و نقاط زمینی برداشت شده از عملیات صحرایی تعریف شد.

$$BEI = (b3+b2)/(b4+b6)$$

سپس به منظور بالا بردن دقت تفکیک بازالت مرغوب از بازالت آثره، آستانه‌گذاری بر روی این شاخص انجام گرفت که این مهم باعث شد تا تصویر نهایی مناطق بازالت هدف را با وضوح بیشتر بارز نمایی کند.

نگاره ۱۲ نمایی از تصویر نهایی حاصل شده از آستانه‌گذاری جدید نشان می‌دهد. همانگونه که در نگاره مشخص است مناطقی که با رنگ قرمز مشخص شده است نمایانگر بازالت هدف می‌باشند.

بر مبنای نقشه نهایی حاصله از شاخص اعمال شده مساحت مناطق حاوی بازالت مرغوب و آثره شده محاسبه گردید که نتایج حاصله در جدول ۱ بیان شده است. بر مبنای این محاسبات مساحت مناطق حاوی بازالت نامرغوب تقریباً چهار برابر مناطق حاوی بازالت مرغوب می‌باشد.

جدول ۱: مساحت مناطق حاوی بازالت مرغوب و نامرغوب

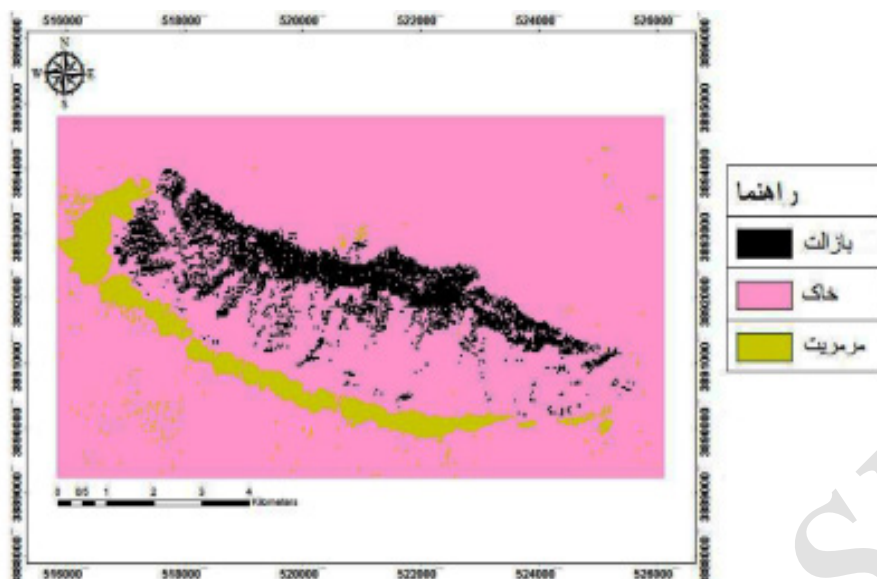
| عنوان طبقه | مساحت منطقه (کیلومتر مربع) |
|----------------|----------------------------|
| بازالت مرغوب | ۱/۸۰۹۶ |
| بازالت نامرغوب | ۷/۱۹۵۵ |

مشابه می‌پردازد. در این مقاله از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد و برای بالاتر بردن بارزسازی دو نمونه نقشه با دو طبقه بندی متفاوت ساخته شدند. در نقشه اول سنگ‌های موجود در منطقه به ۵ دسته طبقه‌بندی شدند. طبق ترکیب رنگی و امضای طیفی تصاویر، این طبقات عبارتند از: الف) بازالت با خلوص بالا، ب) بازالت با خلوص پایین (بازالت نامرغوب)، ج) خاک رس، د) خاک آهکی (مرمریت). نقشه ساخته شده ۵ طبقه‌بندی در نگاره ۱۰ قابل مشاهده می‌باشد. همان گونه که در نگاره ۱۰ قابل مشاهده است توده بازالتی (شامل بازالت با کیفیت مطلوب با رنگ مشکی و بازالت متخلخل و هوازه با رنگ زرد) توسط خاک‌های رسی (با رنگ قرمز) محاصره شده است و طبق گزارش زمین شناسی مناطق آهکی / مرمییتی دورتادور توده نفوذی دایک بازالتی قرار دارند که با بالا آمدن دایک بازالت این لایه‌های آهکی پخته شده و تبدیل به مرمیت شده‌اند. در قدم بعدی برای بارزسازی بیشتر در نقشه و تشخیص بهتر مناطق مورد مطالعه، طبقه‌بندی نظارت شده را در ۳ طبقه اعمال کردیم.

در این طبقه‌بندی به دلیل اهمیت کم انواع خاک موجود در منطقه و همچنین نزدیکی لایه‌های خاک و آهک با پهنه‌های بازالت مرغوب، دسته‌بندی‌های طبقات خاک با یکدیگر ترکیب شده و در عوض دو کلاس خاک رسی و خاک آهکی در یک کلاس خاک در طبقه‌بندی اجماع شده است. همچنین به منظور برجسته سازی مناطق با خصوصیت بازالت و همچنین ساده‌تر کردن عملیات زمینی به منظور تست نهایی نقشه ساخته شده دو کلاس بازالت مرغوب و بازالت آثره شده با یکدیگر ترکیب شده و یک کلاس به نام بازالت تهیه گردید.

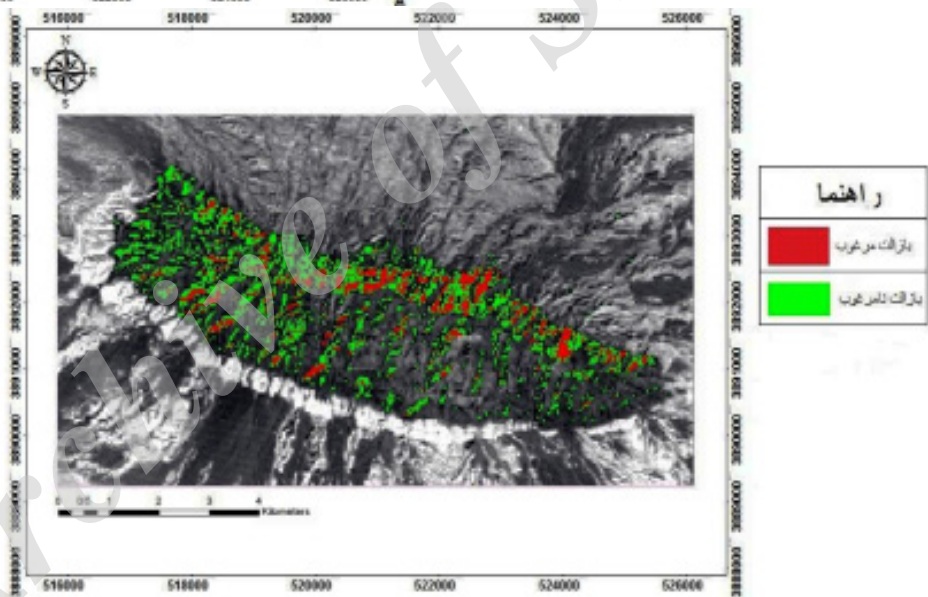
نمایی از نقشه سه طبقه‌بندی مورد نظر در نگاره ۱۱ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که خاک‌ها و مرمیت‌ها طبق نقاط برداشت شده از سطح زمین تعیین شدند.

در تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی ساخته شده (نگاره ۱۰ و ۱۱) از الگوریتم Maximum Likelihood استفاده گردید. این نقشه‌ها ترکیب رنگی را به صورت کامل تأیید، و نتایج



نگاره ۱۱: نمایی از نقشه تهیه شده از منطقه با ۳ طبقه بندی بازالت، خاک و مرمریت

نگاره ۱۲: نمایی از نقشه حاصل از آستانه گذاری بر روی تصویر حاصل از شاخص



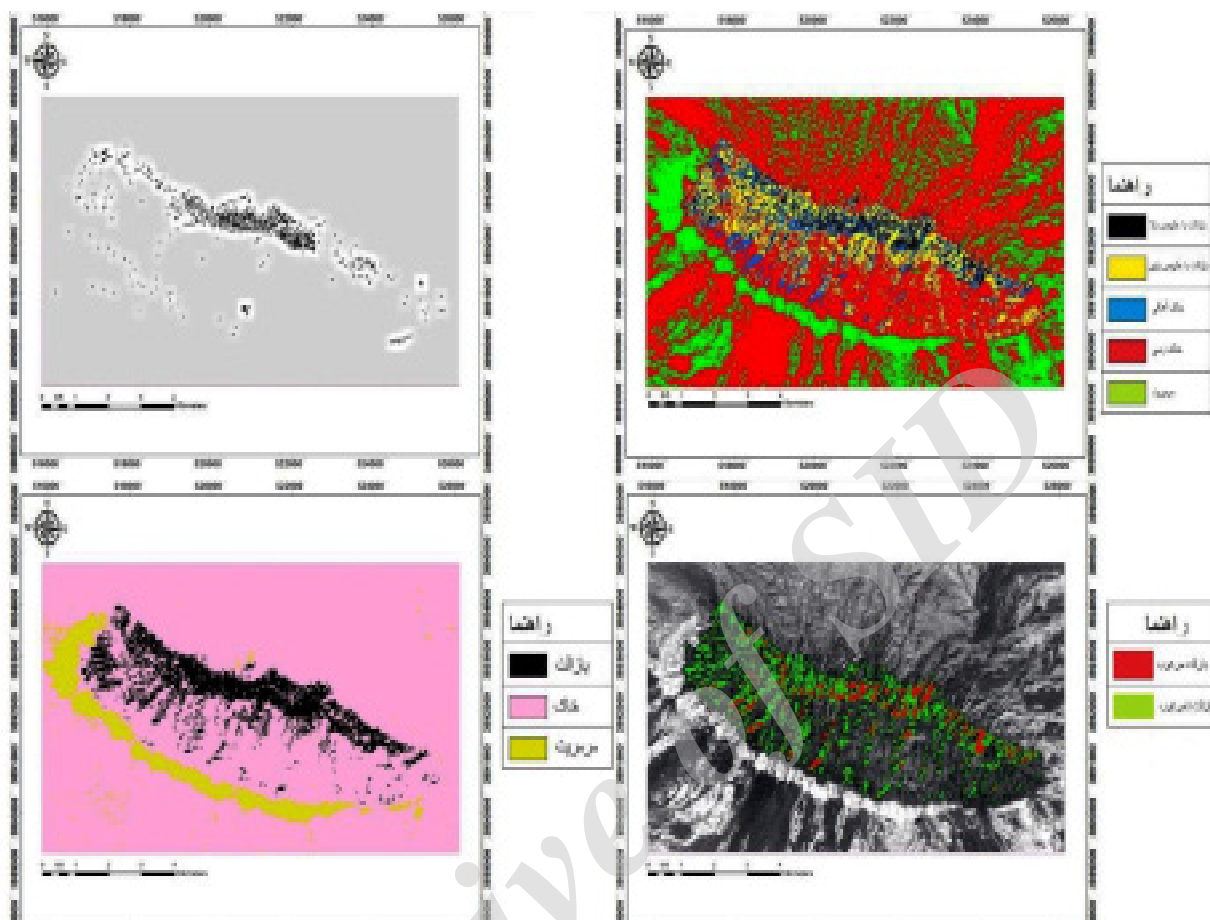
در این مطالعه تنها شناسایی بازالت‌های مرغوب در سطح زمین می‌باشند و لزوماً نمایانگر جنس لایه‌های بازالتی در عمق نیست. علاوه بر این بایستی به این نکته توجه شود که مناطق حاوی بازالت آلتزه شده در سطح می‌توانند در عمق (و یا حتی در اعماق کمتر از یک متر) حاوی بازالت هدف باشند و این مهم در یکی از ترانشه‌های حفر شده در لایه‌های بازالتی غیر هدف به خوبی اثبات گردیده است.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

هدف این پروژه تهیه نقشه‌های با استفاده از تصاویر

برای تأیید نهایی این نتایج مجدداً عملیات بازدید میدانی و بررسی به وسیله GPS انجام شد و مناطق تعریف شده با استفاده از روش‌های ذکر شده به عنوان بازالت (مرغوب و آلتزه شده هوازده)، خاک (آهک و رس) و مرمریت با استفاده از بازدیدهای میدانی بررسی شدند که نتایج عملیات میدانی به صورت بسیار قابل قبولی نتایج طبقه‌بندی‌ها را تأیید نمودند. شرح خلاصه‌ای از اقدامات انجام شده در این پروژه در نگاره ۱۳ قابل مشاهده می‌باشد.

در پایان ذکر این نکته ضروری است که هدف اصلی



نگاره ۱۳: نمایی شماتیک از تصاویر و نقشه‌های ساخته شده در پروژه

طبق نقشه تهیه شده در این مرحله یک بازدید عملیاتی از منطقه انجام شد که ضمن تأیید نسبی نقاط حاصله، تعداد بیشتری نقاط جمع‌آوری گردید. این مهم به منظور بالابردن دقت نتایج حاصله از آنالیز و تفکیک بازالت هدف از خاک‌های رسی، سنگ‌های آهکی-مرمریتی و بازالت نامرغوب انجام شد.

در مرحله آخر اقدام به تهیه دو نقشه تفکیکی در ۳ و ۵ کلاس گردید و در نهایت با در اختیار داشتن تعداد مناسبی از نقاط با پراکنش مناسب و همچنین نقشه‌های تهیه شده در مراحل قبل بهترین شاخص تهیه و به وسیله آن نقشه نهایی منطقه تدوین گردید. این نقشه توانایی تفکیک و جداسازی سطحی بازالت مرغوب از بازالت‌های نامرغوب آتزه شده و دیگر سنگ‌های موجود در منطقه (اعم از مارن، آهک و مرمریت) را دارد.

چندطیفی است که با دقت بالایی توان تفکیک بازالت مرغوب از آتزه را در سطح داشته باشد. داده‌های میدانی این مطالعه از معدن دیرومره و توسط کارشناسان تهیه پس از آن در مرحله بعد نمودار طیفی نقاط زمینی با نمودار طیفی تأیید شده از طرف دانشگاه جان هاپکینز برای سنگ بازالت مقایسه گردید. پس از تأیید رفتار طیفی بازالت‌های نمونه با رفتار طیفی دانشگاه جان هاپکینز اقدام به تهیه شاخصی به منظور تفکیک نقاط از یکدیگر شد. شاخص تهیه شده کمک مناسبی در جهت جداسازی بازالت هدف از دیگر سنگ‌های منطقه (که عمدتاً آهک، مرمریت و بازالت آتزه شده هستند) نمود. در قدم بعدی برای بازسازی بهتر از فیلتر Convolution and Morphology به منظور به دست آوردن یک ترکیب رنگی RGB استفاده شد.

South Dakota.

10- Leg , C.A 2002, Remote sensing and Geographical information systems, national geographical organization publication, USA.

11- Markoski, P.R., Alves Rolim, S.B, 2014, Evaluation of ASTER Images for Characterization and Mapping of Volcanic Rocks (Basalts), International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, Volume 3, Issue 1, pp. 486-498.

12- Mitchell, J., Shrestha, R., Moore-Ellison, C.A., Glenn, N., 2013, 'Single and Multi-Date Landsat Classifications of Basalt to Support Soil Survey Efforts', Remote sensing, ISSN 2072-4292.

منابع و مآخذ

۱- درویشی بلورانی، ع.، رشیدیان، آ.، جوکار ارسنجانی، ج. (۱۳۹۱). بررسی کاربردهای علوم و فن آوری های سنجنش از دور و سیستم اطلاعات. مجله پژوهشی حکیم.

۲- شایان، س.، زارع، غ.، یمانی، م.، شریفی کیا، م. (۱۳۹۳). به کارگیری داده های سنجنش از دور در آشکارسازی تغییرات پیچان رودی دلتای مند - بوشهر. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی.

۳- صفری، م.، منوچهری نیا، م. (۱۳۹۶). پی جویی نواحی امید بخش معدنی با استفاده از تصاویر استر: مطالعه موردی بروی معدن مس سالاران. دهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور. تبریز: دانشگاه پیام نور استان آذربایجان شرقی - مرکز تبریز.

۴- عسگری، ج.، علی محمدی، ا.، نصیری، ی. (۱۳۹۳). کاربرد سنجنش از دور (RS) در اکتشاف کانسارها. همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی در آمایش سرزمین. یزد: دانشگاه آزاد اسلامی.

۵- عموسلطانی، ص.، باقری، ه. (۱۳۹۳). کاربرد سنجنش از دور در شناسایی و تفکیک دگرسانی های مرتبط با کانیزایی مس و طلا در منطقه جنوب غرب اردستان. دومین همایش ملی پترولوژی کاربردی. اصفهان: گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان).

۶- مسعودی، س.، فریدونی، ف.، متکان، ع. (۱۳۸۹). کاربرد سنجنش از دور در پی جویی پومیس در پیرامون قله دماوند. علوم زمین، ۱-۸.

7- California institute of technology 2001, ASTER Higher-Level Product User Guide, jet propulsion laboratory California institute of technology, japan and USA.

8- Corumluoglu1, O., Vural, A., Asri, I., 2015, 'Determination of Kula basalts (geosite) in Turkey using remote sensing techniques', Arab J Geosci, DOI 10.1007/s12517-015-1914-43.

9- Department of the Interior U.S. Geological Survey 2015, USGS, USGS EROS Data Center Sioux Falls,