

می‌شود. بزرگترین ضریب رسوب‌دهی (۳/۵۴-۸/۹۱) بیشتر در نواحی مرکزی، غرب و شمال‌غربی منطقه دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دگرسانی، سازند، ضریب رسوب‌زایی، سنجش از دور، تنگ بستانک

ارزیابی ضریب رسوب‌دهی زون‌های دگرسانی و سازندهای حوزه آبخیز تنگ بستانک استان فارس

احمد نوحه‌گر^۱، محمد کاظمی^{۲*}، حمیدغلامی^۳ و رسول مهدوی^۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۶

مقدمه

هر عنصر یا ماده خاص بر اساس ترکیب و ساختار مولکولی خود، عکس‌العمل بازتابی مشخصی به نواحی مختلف طیف الکترومغناطیس در طول موج‌های گوناگون نشان می‌دهد و این عکس‌العمل برای عناصر و مواد مختلف در شرایط یکسان، متفاوت بوده است [۴۲]. شناسایی اهداف یکی از کاربردهای تصاویر طیفی و فراطیفی است و برای جداسازی هدف‌های مورد نظر از زمینه استفاده می‌شود [۱۸، ۱۹]. از جمله این شناسایی اهداف، مواد معدنی هستند که بطور همگن در تمام سطح زمین پراکنده نشده‌اند. سنجش از دور به عنوان ابزار اصلی کار زمین‌شناسان می‌تواند جهت انجام مهم‌ترین کارهای صحرایی از قبیل تعیین موقعیت قرارگیری، نقشه برداری ساختاری، سنگ شناسی و موقعیت زون‌های دگرسانی از طریق کنترل‌های صحرایی به کار گرفته شود [۳۰]. توانایی تفکیک بانندی در طول موج‌های محدودتر و بیشتر سبب شده که در چند سال اخیر علاوه بر سنجنده‌های مختلف از داده‌های سنجنده لندست ۸ نیز برای بارزسازی پدیده‌های مختلف زمین استفاده شود [۳۲]. ماهواره لندست ۸ در تاریخ ۱۱ ژانویه سال ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد. این ماهواره دارای دو سنجنده و ۱۱ باند می‌باشد که ۹ باند با طول موج کوتاه مربوط به سنجنده OLI^۵ و دو باند با طول موج حرارتی آن مربوط به سنجنده TIRS^۶ می‌باشد. بهترین روش برای پیدا کردن دگرسانی‌ها، کمک گرفتن از پردازش داده‌های ماهواره‌ای است [۱۰]. تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی حاصل از دگرسانی سنگ‌ها، میزان انعکاس منعکس شده و یا جذب شده در این سنگ‌ها و کانی‌ها را تغییر می‌دهد [۶]. با توجه به اینکه این انرژی‌ها در مورد پدیده‌های مختلف برای یک طول موج و متقابلاً برای یک پدیده در طول موج‌های گوناگون متفاوت است، با پردازش داده‌های ماهواره‌ای امکان شناسایی و یا بررسی حضور و یا عدم حضور کانی‌های شاخص برخی از دگرسانی‌ها نیز میسر

چکیده

شناسایی مناطق مولد رسوب از مهمترین مصادیق مدیریت خاک به منظور بهره‌برداری مطلوب و کاهش تخریب آن می‌باشد. هدف تحقیق حاضر شناسایی زون‌های دگرسانی بر پایه روش‌های نوین و پیشرفته‌تر آنالیز تصاویر ماهواره‌ای، تهیه لایه اطلاعاتی ضریب رسوب‌دهی این زون‌ها و همچنین اولویت‌بندی سازندهای موجود در حوزه آبخیز تنگ بستانک استان فارس از حیث تولید رسوب بود. بدین منظور با استفاده از روش‌های پیکسل مینا و زیرپیکسل مینا و با لحاظ خطاهای گماشته شده، خطای حذف شده، دقت کاربر، دقت تهیه‌کننده، دقت کلی و کاپا زون‌های دگرسانی شناسایی شدند و سپس با استفاده از مدل هیدروفیزیکی ضریب رسوب‌زایی پیکسل به پیکسل در سطح حوزه تهیه گشت و جهت ارزیابی رسوب‌زایی سازندها از شاخص اهمیت نسبی استفاده شد. نتایج نشان داد روش مشخصه برازش طیفی، روشی مناسب جهت تهیه نقشه زون‌های دگرسانی می‌باشد. زون پروپلیتیک با مساحت ۴۶/۲۷۸ کیلومترمربع بیشترین پراکنش را در سطح حوزه دارا می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد سازند پابده‌گورپی با وجود مساحت ۲/۰۴ کیلومترمربع از سطح ۸۰/۷۳ کیلومترمربعی حوزه و با اهمیت نسبی ۳/۸۷۵ بیشترین نقش و سازند رازک با ضرائب کوچک رسوب‌دهی کمترین نقش را در تولید رسوب حوزه دارند. سازند آسماری چهارم با وجود پراکنش ۶۱ درصدی از سطح حوزه در اولویت چهارم از لحاظ ضریب رسوب‌دهی قرار دارد. همچنین نتایج نشان داد قابلیت فرسایش در حوزه از شرق به سمت مرکز و غرب حوزه افزوده و از شمال و شمال غربی به سمت جنوب و جنوب شرقی حوزه کاسته

۱. استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه هرمزگان و نویسنده مسئول:

Email: Mohamad.kazemi86@Gmail.com

۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

۴. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

5. Operational Land Imager

6. Thermal Infrared Sensor

می‌گردد. پس از پیدا کردن دگرسانی‌ها در یک منطقه و در توده‌های خاص می‌توان بازدیدهای صحرائی را برنامه‌ریزی کرد [۱۲]. همچنین لازم است بدانیم که فرسایش خاک یکی از مشکلات محیطی است که تهدیدی برای منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست به شمار می‌رود [۳۵]. اطلاعات زمانی و مکانی از فرسایش خاک در اقدامات مدیریتی، کنترل فرسایش و مدیریت حوزه‌های آبخیز نقش مؤثری دارد [۲۰، ۳۶]. بنابراین، ضرورت دارد نقش عوامل مؤثر بر فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در حوزه‌ها بررسی شود و با شناسایی حوزه‌های حساس به فرسایش اقدامات لازم برای مقابله با فرسایش صورت گیرد. در این بین سیستم اطلاعات جغرافیایی، تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی را با سرعت بیشتر و به سادگی امکان‌پذیر ساخته و ترکیب اطلاعات گسترده در زمینه‌های مختلف و از منابع مختلف را ممکن و مدیریت اطلاعات را ساده می‌سازد [۳۹ و ۷]. ماهیت رقومی داده‌های سنجش از دور و اطلاعات حاصله از آن‌ها که قابلیت ورود مستقیم به سامانه اطلاعات جغرافیایی را میسر ساخته است [۲۵]، این ارتباط را تسهیل نموده است [۱۴]. مور و همکاران [۳۱] از تکنیک‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی و فیلتر تطبیق یافته (MF) بروی داده‌های سنجنده استر جهت شناسایی مناطق دگرسانی استفاده کردند. کرو [۳۶] با استفاده از روش MTMF و داده‌های ابر طیفی AVIRIS به تهیه نقشه کانی‌های سطحی در سه منطقه نوادا، گولد فیلد و شمال دره مرگ اقدام کرد و ویژگی‌های طیفی کانی‌های منطقه را در دو ناحیه طیفی VNIR^۱ و SWIR^۲ مورد مطالعه قرار داد. قولام و عامر^۳ [۲۴] با هدف پیدا کردن زون‌های دگرسانی حاوی طلا، از داده‌های سنجنده ASTER استفاده کردند و به کمک روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی، نسبت‌گیری طیفی، ترکیب باندی کاذب (CEM) و روش MTMF به آشکارسازی طلا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روشهای مبتنی بر ویژگی‌های طیفی در فضای N بعدی بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. اعظمی راد [۱۱] با استفاده از مدل هیدروفیزیکی درصد رسوب دهی حوزه آبخیز سد کارده را بر آورد نمود و نتیجه گرفت مقدار رسوب برآورد شده با این مدل نزدیک به مقدار محاسبه شده در ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه کارده است. در تحقیق دیگر به‌وسیله رحمتی [۹] نتایج بررسی پتانسیل رسوب‌دهی حوزه‌های فرعی حوزه نوزیان با استفاده از این مدل، با نتایج حاصل از برآورد رسوب دهی و با استفاده از مدل پسیاک که قبلاً به‌وسیله سایر محققین انجام شده بود، هم خوانی قابل قبولی داشت. همچنین میرزایی و همکاران [۱۶] با استفاده از مدل هیدروفیزیکی اقدام به بررسی نقش سازندهای کواترنری یکی از حوزه‌های فرعی سد کرج بر میزان فرسایش خاک و تولید رسوب کردند. نامبردگان اعلام کردند که این مدل دقت قابل قبولی در برآورد پتانسیل رسوب‌دهی دارد. همچنین مقصودی و همکاران [۱۵] در تحقیقی

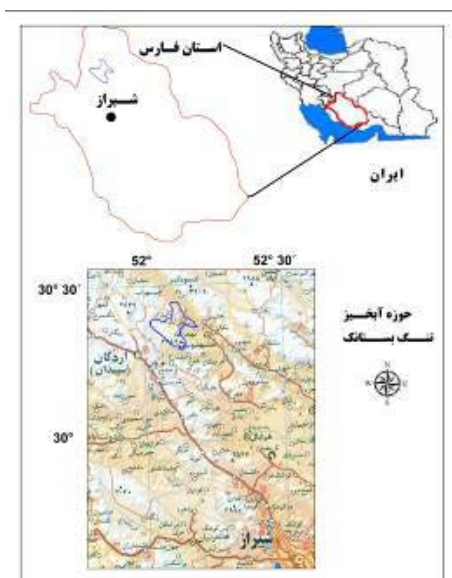
1. Visible Near Infrared
2. Short Wave Infrared
3. Ghulam

ضمن بررسی اثر پوشش گیاهی بر میزان فرسایش آبی اعلام کردند که نتایج مدل هیدروفیزیکی با نتایج حاصل از مدل جهانی فرسایش خاک اختلاف فاحشی را نشان نمی‌دهد. سعیدیان و همکاران [۳۷] با استفاده از مدل هیدروفیزیکی به بررسی پتانسیل و ضریب رسوب‌دهی حوزه آبخیز کارده پرداختند و حساسیت زیرحوزه‌ها را به رسوب‌زایی بررسی نمودند. فیض‌نیا و همکاران [۱۱] تأثیر سازندهای فرسایش‌پذیر را از طریق روش فیض‌نیا با بهره‌گیری از نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه و امتیازدهی سازندهای آن در محیط GIS و استفاده از تکنیک‌های رقومی‌سازی و تلفیق اطلاعات، در استان‌های مجاور حوزه آبخیز کارون شامل استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان و فارس را مورد بررسی قرار دادند.

در این تحقیق هدف اصلی تعیین حساسیت زون‌های دگرسانی و کانی‌های معرف این زون‌ها به فرسایش و تولید رسوب می‌باشد.

روش کار موقعیت منطقه مطالعاتی

حوزه‌ی مورد مطالعه در این بررسی، تحت عنوان حوزه آبخیز تنگ بستانک در حدود ۸۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان شیراز و در موقعیت جغرافیایی ۳۳° ۵۲' تا ۳۶° ۱۳' شرقی و ۳۳° ۱۶' تا ۳۵° ۲۵' شمالی واقع شده است و آب‌های خروجی آن پس از وارد شدن به رودخانه کر، وارد دریاچه بختگان می‌شود. میانگین بارش سالانه این حوزه ۶۰۹ میلی‌متر می‌باشد و طبق روش اقلیم‌نمای دومارتن اصلاح شده دارای اقلیم مدیترانه‌ای سرد می‌باشد. شکل (۱)، موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز تنگ بستانک و راه‌های دسترسی
زمین‌شناسی منطقه

MTMF^۴

در این روش با معرفی منحنی طیفی یک هدف خاص فراوانی این هدف تعیین می‌گردد. الگوریتم MTMF شامل دو مرحله می‌باشد:

۱- محاسبه یک فیلتر انطباقی^۵ جهت تخمین زدن فراوانی ۲- محاسبه یک معیار اختلاف طیفی برای شناسایی و حذف مقادیر مقادیر مثبت اشتباه^۶ از نظر ریاضی فیلترهای انطباقی معادل حداقل نمودن انرژی قیددار^۷ است. قدرت شاخص در الگوریتم MTMF در مرحله دوم آن است که در آن یک عدد محاسبه می‌شود که می‌توان آن را به عنوان میزان امکان ناپذیری^۸ و یا به عبارت دیگر معیاری برای تعیین میزان درستی انطباق هر پیکسل طبقه بندی شده توسط روش MTMF تعبیر نمود. در روش MTMF می‌بایست داده‌ها برای بهبود محاسبات میزان کردن مخلوط طیفی^۹ مانند خروجی الگوریتم MNF درای میانگین صفر و نویز واحد باشند [۲۱]. امتیاز فیلتر انطباق یافته با تصویر کردن داده تبدیل یافته توسط روش MNF بر روی بردار فیلتر انطباقی تعیین می‌گردد (رابطه ۴).

این بردار حاصل تبدیل طیف هدف در فضای MNF و تصویر نمودن آن بر روی معکوس کوواریانس داده و نرمال کردن آن به بزرگای طیف هدف می‌باشد [۲۶]. این موضوع در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$\vec{V} = \frac{[C_{MNF}]^{-1} \# \vec{t}_{MNF}}{(t) \# [C_{MNF}]^{-1} \# \vec{t}_{MNF}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق بردار فیلتر انطباقی، $[C_{MNF}]^{-1}$ معکوس ماتریس کوواریانس تبدیل MNF (یک ماتریس قطری از مقادیر ویژه دوسویه) و $\vec{t}_{MNF}$ بردار هدف در فضای MNF می‌باشد. علامت # در این رابطه بیانگر، عمل تصویر کردن^{۱۰} می‌باشد. در مرحله بعد با تصویر نمودن داده ورودی (که در فضای MNF است) بر روی فیلتر انطباقی مقادیر خروجی الگوریتم MF حاصل می‌گردد. رابطه ۲ بیانگر این موضوع هست.

$$MF = \vec{V} \# [MNF] \quad \text{رابطه (۲)}$$

در معادله بالا مقادیر خروجی یا همان MF ها دارای توزیع نرمال و میانگین صفر می‌باشند. در حالت ایده آل مقادیر خروجی صفر و کمتر نشان دهنده پس زمینه (عدم وجود هدف) بوده و پیکسل‌های با مقادیر MF بین صفر و یک دارای کسری از هدف (به اندازه MF) در خود می‌باشند که با توجه به فرض اختلاط خطی انتظار می‌رود پیکسلی که نیمی از آن با هدف پر شده است ارزش MF آن ۰/۵ باشد.

4. Mixture tuned matched filtering
5. Matched filtering
6. False positives
7. Constrained Energy
8. Infeasibility
9. Mixture Tuning calculation
10. projection

منطقه مورد مطالعه در زون زاگرس چین خورده واقع شده است. روند ساختارهای زمین شناسی منطقه روند عمومی چین خوردگی زاگرس یعنی از شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد در این منطقه شاهد آهک و آهک دولومیتی سازند آسماری (واحد زمانی الیگوسن تا میوسن پیشین)، سازند مارنی و آهک مارنی پابده گورپی که مرز بالای سازند پابده با سنگ آهکی آسماری هم شیب و تدریجی هست و نیز گاهی سازند پابده زیر سازند آسماری قرار می‌گیرد (از لحاظ زمانی سن آن از پالئوسن پسین تا اوایل الیگوسن هست)، رسوبات عهد حاضر، سازند کشکان که جزو سازندهای سنوزوئیک زاگرس هست و سن آن پالئوسن تا ائوسن میانی می‌باشد و عمدتاً از ماسه سنگ و کنگلومرا که قسمت عمده آن را چرت تشکیل می‌دهد. همچنین در این منطقه می‌توان سازند رازک از لحاظ سنی بوردیگالین تا میوسن میانی هست و جنس آن مارن می‌باشد (در کنار سازنده پابده گورپی دیده می‌شود) و نیز به سازند بخنیرای که از لحاظ زمانی یلیوسن پسین تا پلستوسن هست و از کنگلومرای سخت و مقاوم که با سیمانی از جنس سیلیس و آهک به هم جوش خورده است تشکیل شده، اشاره کرد.

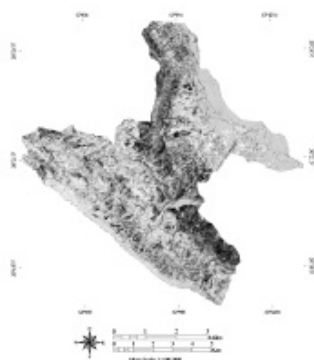
فایل تصویر با مشخصات LC81630392015274LGN00 از سایت <http://earthexplorer.usgs.gov> اخذ شد. تصویر مورد نظر مربوط به تیرماه سال ۲۰۱۵ می‌باشد که مورد عملیات پیش پردازش قرار گرفت. جهت تصحیحات هندسی و با وجود زمین مرجع بودن اولیه این تصاویر اقدام به معرفی مختصات زمینی فایل وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌ها به فایل رستری این تصویر شد. همچنین با وجود تصحیح رادیومتری پیش فرض بر این تصاویر جهت بارزسازی رادیومتری از روش میانگین بازتابش داخلی نسبی^۱ نیز استفاده شد. در این روش میانگین طیف تصویر، محاسبه و به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود. سپس میانگین طیف بدست آمده بر طیف پیکسل‌های باندها تقسیم می‌شود [۲۹].

تکنیک‌های سنجش از دور در شناسایی کانی‌ها

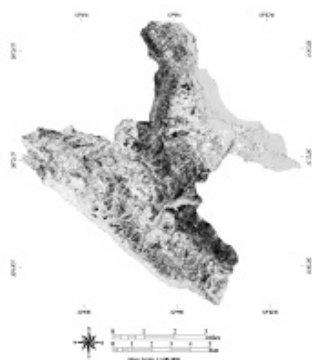
روش‌های زیرپیکسل مبنا

جداسازی طیفی را می‌توان به دو دسته کامل^۲ و جزئی^۳ تقسیم نمود. در جداسازی طیفی کامل نیاز به آگاهی داشتن از جزئیات تمام اعضای خالص تصویر می‌باشد؛ در صورتی که در جداسازی طیفی جزئی نیاز به داشتن اطلاعات از تمام اعضای خالص نمی‌باشد و در واقع با استفاده از یک فیلتر انطباقی منحنی طیفی هدف در مقابل منحنی‌های طیفی زمینه فیلتر می‌شود. در این گونه الگوریتم‌ها شناسایی طیفی مواد متخصص سنجش از دور به دنبال شناسایی هدف یا اهدافی با نشان‌های طیفی از پیش معلوم می‌باشد.

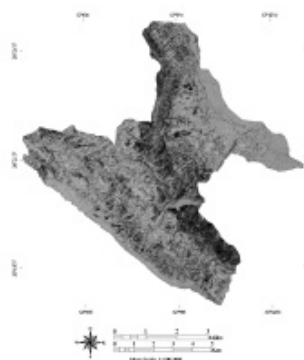
1. Internal Average Relative Reflectance
2. Full unmixing
3. Partial unmixing



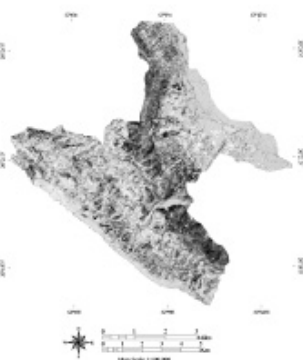
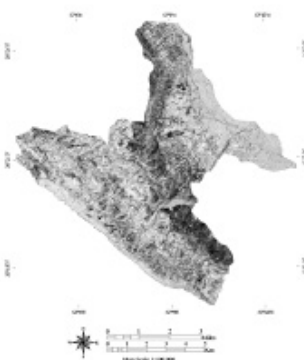
ب) (۱) شاخص نسبت MF/ Infeasibility برای کانولینیت.



الف) (۱) شاخص نسبت MF/ Infeasibility برای مسکویت و ایلیت



ج) (۱) شاخص نسبت MF/ Infeasibility برای کلریت، کلسیت و دولومیت



شکل ۲. شاخص نسبت MF/ Infeasibility برای زون‌های فلیک، آرچلیک و پروپیلیتیک

نشان‌دهنده خطای پایین هستند. نتایج مربوط به برازش مشخصه طیفی در شکل ۳ آورده شده است. قابل ذکر است که طیف مرجع در این روش طیف استخراج شده از تصویر می‌باشد که از طریق کتابخانه طیفی USGS نمونه‌گیری مجدد شده است.

اعتبارسنجی پردازش‌ها

دقت تولیدکننده بیانگر دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی می‌باشد. به بیان دیگر این عدد بیانگر احتمال این است که طبقه‌بندی کننده پیکسلی را به یک کلاس خاص نسبت داده باشد، در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد؛ اما آنچه که برای استفاده کنندگان مهم است دقت کاربر است. دقت کاربر بیانگر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی می‌باشد. دقت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های یک کلاس می‌باشد (رابطه ۳ و ۴)

$$Pa = (ta + ga) \times 100$$

رابطه (۳)

رابطه (۴)

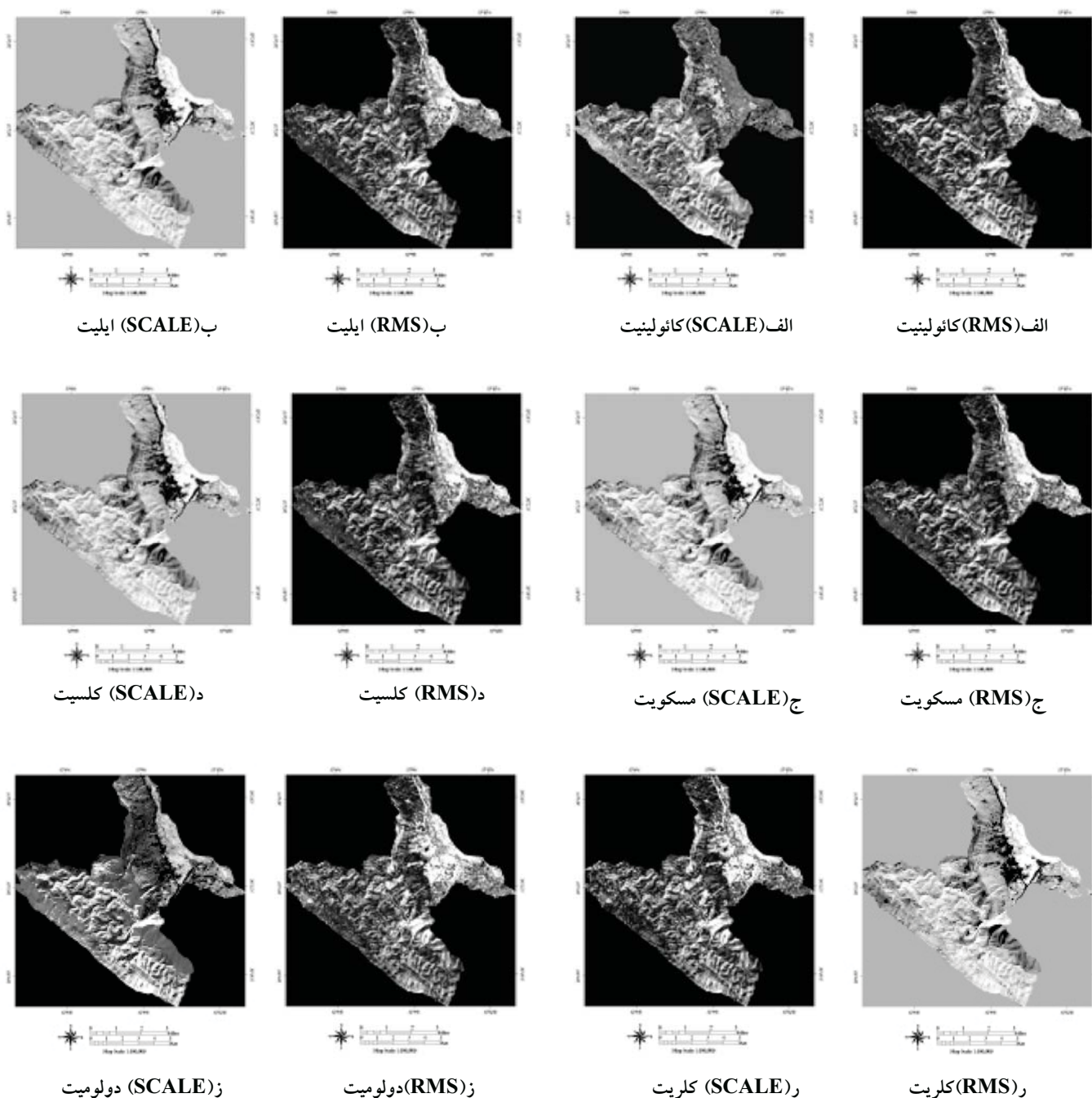
$$Ua = (ta \div ni) \times 100$$

P_a درصد دقت کلاس a برای تولید کننده، t_a تعداد

روش‌های پیکسل مبنا SFF^۱

مهمترین ویژگی دریک نمودار طیفی که به‌عنوان یک سیمای شاخص در شناسایی مواد مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد شدت، شکل و محل قرارگیری پیک‌های جذبی در نمودار الگوی طیفی ماده مورد نظر است [۲۸]. روش برازش مشخصه طیفی از روش‌های آنالیز محدوده‌های جذبی در الگوریتم‌های پردازش تصویر به حساب می‌آید [۲۲]. این روش براساس انطباق شکل طیف مجهول با طیف مرجع در محدوده کامل یا محدوده‌های کوچک‌تری از طول موج بنا نهاده شده و درجه شباهت بین دو طیف را اندازه‌گیری می‌کند [۲۲]. برای استفاده از این روش باید دانش اولیه‌ای از نوع کانی‌های دگرسان منطقه در دست باشد تا بتوان از آن‌ها به عنوان کانی‌های مرجع استفاده کرد. در واقع، برازش مشخصه طیفی یک روش مبتنی بر شدت جذب مشخصه‌های اصلی است که با انطباق طیف تصویر با طیف مرجع، مواد مختلف را شناسایی می‌کند [۲۹]. طیف مرجع، از عضوهای انتهایی مشتق شده از تصویر و یا کتابخانه طیفی استخراج می‌شود. پیکسل‌های روشن در تصویر Scale نشان‌دهنده انطباق آن پیکسل‌ها با مواد مرجع است و پیکسل‌های تیره در تصویر RMS

1. Spectral Feature Fitting



شکل ۳: تصاویر مربوط به RMS و SCALE روش برازش مشخصه طیفی برای کانی‌های کائولینیت، ایلیت، مسکویت، کلسیت، کلریت و دولومیت به منظور مشخص کردن زون‌های آرژلیک، فیلیک و پروپیلیتیک

برآورد ضریب رسوب‌دهی

اساس کار مدل هیدروفیزیکی مقایسه وضعیت هیدروفیزیکی حاکم در زیرحوزه‌های یک حوزه و ارتباط آن با پتانسیل رسوب‌دهی در این مناطق است. در این مدل ابتدا ضریب رسوب‌دهی (CSY) برای کلیه زیرحوزه‌ها با فرض یکسان بودن ضریب تأثیر کلیه عوامل مؤثر از طریق رابطه ۷ محاسبه می‌شود [۶ و ۲].

$$CSY = A.R.E.V.P$$

رابطه (۷)

پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a ، g_a تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی. U_a درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر، n تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی. همچنین برای محاسبه خطاهای گماشته شده (commision) و حذف شده (ommission) از روابط ۵ و ۶ استفاده می‌شود:

$$Ce = 1 - Ua \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$Oe = 1 - Pa \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن A عامل وسعت (کیلومتر مربع)، R عامل توپوگرافی، E قابلیت فرسایش بر اساس اعداد قابلیت فرسایش و مساحت تحت پوشش آن‌ها، V عامل پوشش گیاهی با توجه به درصد پوشش گیاهی و مساحت تحت پوشش آن‌ها و P عامل هیدرولوژیکی بر اساس متوسط بارندگی سالیانه حوزه است. با استفاده از ضریب رسوب‌دهی، درصد پتانسیل رسوب‌دهی هر حوزه فرعی نسبت به رسوب‌دهی کل حوزه آبخیز از طریق رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه (۸)} \quad \%Sy_x = \frac{(CSY)}{(CSY)_{total}} \times 100$$

جهت به‌کارگیری مدل هیدروفیزیکی مراحل زیر انجام شد:

عامل وسعت: در حوزه‌های آبخیز وسیع، احتمال اختلال در حمل مواد رسوبی مانند به تله افتادن رسوب و ته‌نشینی رسوب، به مراتب بیش از امکان آن در حوزه‌های کوچک است و نیز احتمال پوشش کامل یکسان رگبار در سطح یک حوزه کوچک، به مراتب بیش از احتمال آن در یک حوزه وسیع است. لذا رابطه میان وسعت حوزه با رسوب‌دهی آن یک رابطه نسبی است. بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیقات انجام شده، جدول تجربی تعیین ضریب تناسب وسعت، برای استفاده در این گونه مطالعات پیشنهاد شده است [۱۶]

$$A = a^s \quad \text{رابطه (۹)}$$

با توجه به رابطه ۹ و جدول جهت اعمال ضریب تناسب، نقشه عامل تناسب در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. در رابطه ۹، S ، ضریب تناسب هست که برای حوزه‌های وسیع $0/6$ و برای حوزه‌های کوچک ۱ در نظر گرفته شده است [۲، ۱۶] وسعت زیر حوزه‌ها به کیلومتر مربع می‌باشد

عامل توپوگرافی: وضعیت توپوگرافی سطح زمین عامل بسیار مؤثری در رسوب‌دهی حوزه‌ها به شمار می‌رود. در این مدل برای تعیین عامل توپوگرافی (R) از رابطه ۱۰ استفاده شده است.

$$R = H/L \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن R نسبت پستی و بلندی، H بیشینه اختلاف ارتفاع در یک زیرحوزه یا حوزه (به متر) و L بیشینه طول حوزه می‌باشد. انجام و اندازه‌گیری موارد فوق با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه و اکستنشن ArcHydro تحت نرم‌افزار ArcMap انجام گرفت.

عامل فرسایش (E): برای تهیه این لایه از نقشه فرسایش‌پذیری خاک و همچنین لایه سطوح سنگی و مقاومت آن‌ها در برابر هوازگی مطابق با رابطه ۱۱ استفاده شد:

$$E = \frac{1}{A} \sum_{n=1}^n e_n a_n \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در این رابطه E ، عامل قابلیت فرسایش، A وسعت حوزه آبخیز، e کمیّت قابلیت فرسایش سازندهای مختلف که بر حسب مقاومت سنگ از ۱ تا ۱۰ نمره‌گذاری می‌شود. قابلیت فرسایش به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی، خاکشناسی، مورفولوژی، اطلاعات جانبی و نیز نظر کارشناسی به‌دست آمده، سپس مساحت هر یک از واحدهای

لیتولوژی قرار گرفته در هر یک از زیرحوزه‌ها محاسبه شده و با توجه به ضریب حساسیت در رابطه بالا قرار گرفته‌اند. بدین منظور ابتدا نقشه فرسایش‌پذیری خاک تهیه شد.

لایه اطلاعاتی فرسایش‌پذیری خاک، سرعت فرسایش‌پذیری خاک به ازای واحد شاخص فرسایش باران است که در پلات استاندارد اندازه‌گیری می‌شود و اغلب با استفاده از خصوصیات خاک تعیین می‌گردد. بر اساس تعریف تیه [۴۱] فرسایش‌پذیری خاک بیان‌گر حساسیت ذاتی خاک به فرسایش است و سهولت جدا شدن ذرات خاک بر اثر انرژی جنبشی قطرات باران و انتقال آن‌ها به وسیله نیروی رواناب را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های آزمایشگاهی تعداد ۳۹ نقطه بطور تصادفی در محدوده مورد مطالعه بر اساس تیپ خاک از عمق ۲۰ تا ۲۰ سانتی‌متر تعیین و انجام گردید. اقدامات آزمایشگاهی شامل تعیین درصد رس ($0/2-0/4$)، سیلت (mm ۰/۰۵-۰/۰۲) و مقدار شن (mm ۲-۰/۰۵) به روش الک و همچنین درصد ماده آلی خاک بروش والکر بلک صورت گرفت. در این باره ابتدا درصد کربن آلی خاک با استفاده از رابطه (۱۲) اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از رابطه (۱۳) درصد ماده آلی خاک مشخص گشت.

رابطه (۱۲)

$$\%C = (N * (V_1 - V_2) * 10 * 0/003 * 100) / (V_1 * W)$$

$$\%OM = 1/724 * \%C \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

که در این روابط W وزن نمونه خاک، V_1 حجم محلول فرو امونیوم سولفات برای نمونه شاهد، V_2 حجم محلول فروامونیوم سولفات برای نمونه خاک و N نرمالیه محلول فروامونیوم سولفات می‌باشد. سپس بر اساس مقادیر بدست آمده فاکتور فرسایش‌پذیری خاک براساس رابطه (۱۴) بدست آمد [۴۳].

رابطه (۱۴)

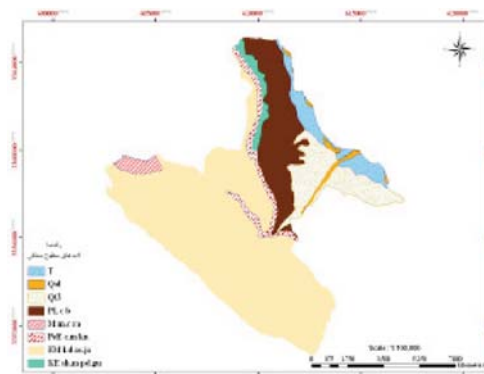
$$K = 2.73 \times 10^{-6} m^{1.4} (12 - a) + 3.25 \times 10^{-2} (b - 2) + 2.5 \times 10^{-2} (c - 3)$$

در این رابطه M قطر ذره (درصد سیلت + درصد شن خیلی ریز) * (درصد رس - ۱۰۰)، a درصد ماده آلی، b کد ساختمان خاک و c کلاس نفوذپذیری ساختمان خاک می‌باشند. قابل ذکر است که برای محاسبه شدت نفوذ آب در خاک از استوانه مضاعف در نمونه‌های تصادفی استفاده شد.

لایه سطوح سنگی (زمین شناسی)

در این مرحله برای طبقه‌بندی لایه‌ی سطوح سنگی از نقشه‌ی زمین‌شناسی رقومی شده با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ استفاده شد و سازند زمین‌شناسی بر طبق مقاومت به هوازگی در ۵ گروه طبقه‌بندی گردید که در جدول (۱) نشان داده شده است و به علاوه جزئیات و درصد مناطق در ۵ گروه طبقه‌بندی شده. نقشه‌ی سطوح سنگی نشان‌دهنده‌ی نوع سنگ، مواد مادری یا رسوب سطحی یا خاک با

تأکید بر مقاومت نسبت به فرسایش شیمیایی و مکانیکی می‌باشد که شکل (۴) بیانگر این مطلب است.



شکل (۴): نقشه لایه سطوح سنگی حوزه آبخیز تنگ بستانک

جدول (۱): جدول لایه های سطوح سنگی (ICONA Model)

Lithofacies Classes (type of Material)
(1a) Non-weathered compact rock, strongly cemented conglomerates or soils, crusts, hard pans (massive, limestone, highly stone soils, igneous / eruptive rocks)
(2b) fractured and / or medium weathered cohesive rocks or soils
(3c) Slightly to medium compacted sedimentary rocks (slate, schists, compacted marls, etc.) and soils
(4d) Soft , low – resistant or strongly/deeply weathered rock (marl, gypsum, clayey salts, etc.) or soils
(5e) loose, non cohesive sediment / soils and detritic material

عامل پوشش گیاهی: پوشش گیاهی عامل بسیار مؤثری در فرسایش حوزه آبخیز محسوب می‌شود. زیرا پوشش گسترده گیاهان، سطح زمین را در مقابل فرسایش محافظت می‌نماید و مانع جابه‌جایی رسوبات به وسیله آب های سطحی می‌شود. تأثیر پوشش گیاهی به پارامترهای متعددی مانند پراکنش، تراکم، نوع و فصل پوشش و نحوه توزیع گیاهان بستگی دارد. تحقیقات محققین مختلف در این زمینه کم و بیش نشان می‌دهد که مؤثرترین پارامتر پوشش گیاهی در رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز، پارامتر تراکم گیاهی بوده. جهت برآورد میزان پوشش گیاهی از شاخص NDVI و سپس رابطه ۱۵ برای تبدیل آن به درصد پوشش گیاهی استفاده شد.

$$\text{رابطه (۱۵)} \quad \%C = ((1 - NDVI) / 2) * 100$$

بعد از محاسبه درصد پوشش گیاهی میانگین پوشش در هر یک از زیر حوزه‌ها محاسبه و سپس در رابطه ۱۶ جای‌گذاری شد.

$$\text{رابطه (۱۶)} \quad V = A \frac{1}{\sum_{i=1}^n V_n a_n}$$

که در آن V عامل پوشش گیاهی، A وسعت زیرحوزه، V_n درصد تراکم پوشش گیاهی بدست آمده از تصویر ماهواره‌ای و a_n وسعت

مناطق با درصد مختلف تراکم پوشش گیاهی است.

عامل هیدرولوژیکی: مهم‌ترین عامل هیدرولوژیکی مؤثر در رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز نزولات جوی و جریان های سطحی است. در این مدل برای تعیین کمیّت مؤثر عامل نزولات جوی صرفاً میانگین بارندگی سالیانه در نظر گرفته شده است. تحقیقات مختلف نشان داده که در یک دوره طولانی مانند یک دوره یک ساله قسمت اعظم تأثیر نزولات جوی در تولید و حمل رسوبات مربوط به مقدار نزولات بوده، پارامترهای دیگر، تنها می‌توانند به طور عملی و در کوتاه مدت، دارای اثرات احتمالی محسوس باشند [۵]. برای تهیه نقشه بارش سالیانه از رابطه رگرسیونی ارتفاع و بارش ایستگاه‌های شاخص در اطراف حوزه آبخیز استفاده شد. بعد از محاسبه این رابطه با قرار دادن نقشه مدل رقومی ارتفاع به‌جای متغیر این رابطه، لایه اطلاعاتی بارندگی سالیانه حوزه به‌دست آمد. همچنین جهت برآورد شاخص اهمیت نسبی هر سازند در تولید رسوب و رسوب‌زایی از نسبت درصد مساحت ضریب رسوب‌دهی زون دگرسانی روی هرسازند به درصد مساحت سازند استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج انتخاب روش مناسب‌تر جهت شناسایی انواع کانی‌ها و زون‌های دگرسانی موجود در منطقه به شرح ذیل می‌باشد.

جدول ۲. ارزیابی دقت طبقه‌بندی برای خروجی روش SFF
بروی داده‌های لندست

خطای لحاظ خطای حذف شدن	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
دولومیت	۱۶/۰۹	۱۸/۴۸
دقت کلی:	درصد ضریب کاپا:	مساحت (کیلومتر مربع):
۸۴/۸	۶۷/۹	۳۷/۱۶

جدول ۳. ارزیابی دقت طبقه‌بندی برای خروجی روش MTMF
بروی داده‌های لندست

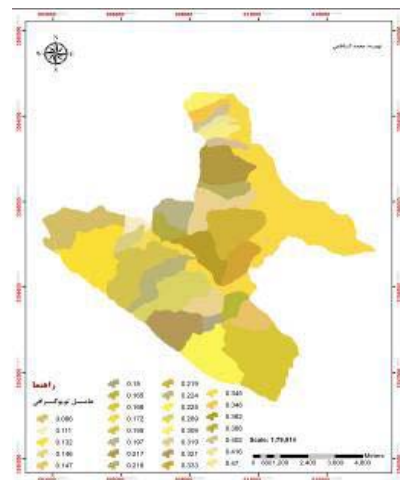
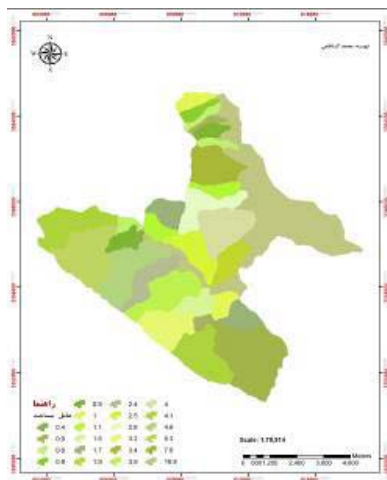
خطای لحاظ خطای حذف شدن	دقت تولیدکننده	دقت کاربر
دولومیت	۲۵/۲۹	۲۱/۷۸
دقت کلی:	درصد ضریب کاپا:	مساحت (کیلومتر مربع):
۷۵/۶	۶۰/۹۱	۳۳/۰۳

همان‌گونه که در جدول‌های ۲ و ۳ مشخص است روش مشخصه برازش طیفی بهتر از روش فیلتر تطبیقی تعدیل یافته عمل کرده‌است و نتایج دقیق‌تری ارائه نموده است.

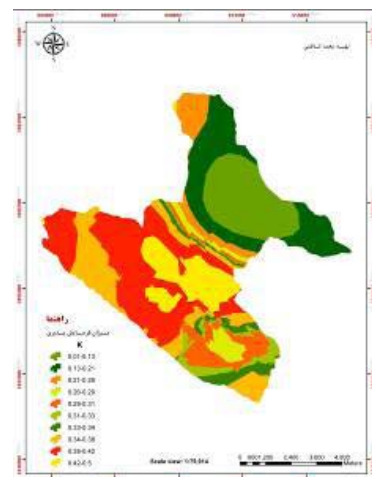
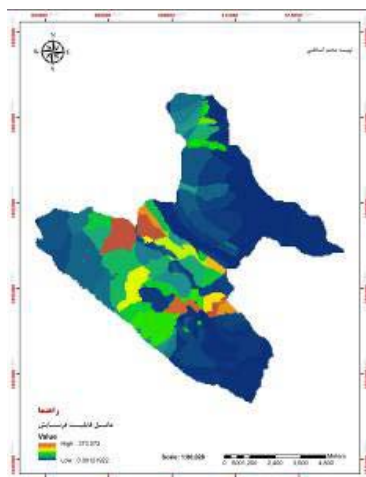
در میان روش‌های SFF و MTMF خطای کمتر مربوط به روش برازش مشخصه طیفی می‌باشد. روش SFF دقت تولیدکننده بهتری داشته‌است. همچنین روش SFF میزان دقت کاربر بالاتری دارد. با توجه به قبول اینکه ضریب کاپا معیار مناسبی جهت قضاوت در مورد روش‌های شناسایی طیفی می‌باشد، چنین نتیجه‌گیری می‌شود

که روش‌های پیشرفته طیف‌سنجی همچون SFF و MTMF مقادیر شاخص بالایی، جهت شناسایی طیفی کانی‌های دگرسانی دارند. همچنین مقایسه مساحت شناسایی شده از حضور ماده مورد نظر را برای ۲ روش ذکر شده نشان می‌دهد که در آن مساحت واقعیت زمینی کمترین اختلاف را با مساحتی که از روش SFF بدست آمده را نشان می‌دهد (مساحت نقشه واقعیت زمینی ۳۸/۲۴ کیلومترمربع و مساحت شناسایی شده توسط روش SFF و MTMF به ترتیب معادل ۳۷/۱۶ و ۳۳/۰۳ کیلومترمربع می‌باشد). بعد از تهیه نقشه زون‌های دگرسانی در محیط نرم‌افزار ENVI8.1، نوبت به تهیه و معرفی لایه‌های مختلف مدل هیدروفیزیکی بود که به شرح ذیل می‌باشد. شکل‌های نقشه عامل مساحت و عامل توپوگرافی حوزه

را نشان می‌دهند. نتایج نشان داد قسمت اعظم خاک منطقه بافت لومی دارد. قابل ذکر است که این بافت فرسایش‌پذیری بالایی دارد. میانگین فاکتور فرسایش‌پذیری برای کل حوزه ۰/۲۹ و انحراف از معیار آن ۰/۱۲۷ (Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹) می‌باشد. در روند تهیه لایه اطلاعاتی واریوگرام نمایی با کمترین نسبت اثرقطعه‌ای بر سقف واریوگرام (C₀/C+C₀=0.0523) انتخاب و بهترین ساختار مکانی روی داده‌ها را داشت و همچنین کریجینگ ساده با RMSS معادل ۰/۹۸ بهترین برازش را در ساختار فضایی [۲۷] داده‌ها داشت (شکل ۶).



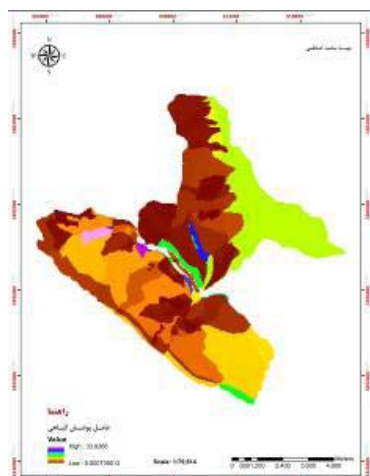
شکل ۵. نقشه عامل توپوگرافی و مساحت مدل هیدروفیزیکی حوزه آبخیز تنگ بستانک



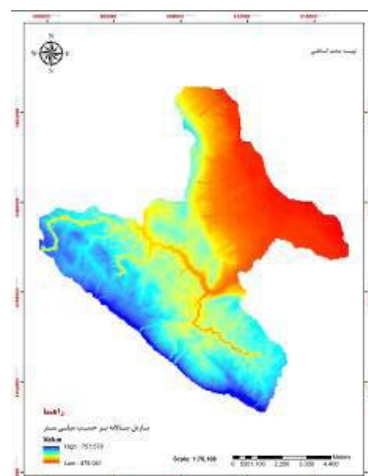
شکل ۶. نقشه فاکتور فرسایش‌پذیری خاک حوزه آبخیز تنگ بستانک حاصل از روش کریجینگ ساده، شکل ۷. عامل قابلیت فرسایش حوزه آبخیز تنگ بستانک

با توجه به لایه‌های تهیه شده مدل و نیز نقشه‌های حاصل از شناسایی زون‌های دگرسانی فیلیک، پروپیلیتیک و آرژلیک نقشه‌های ضریب رسوب‌دهی برای هر کانی تهیه شد.

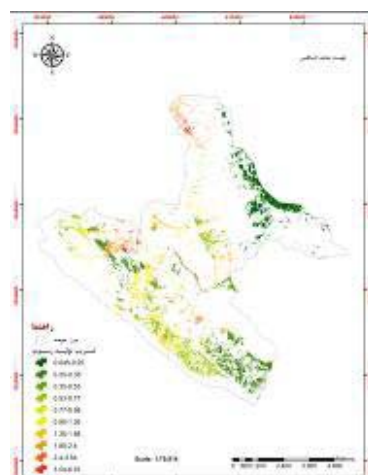
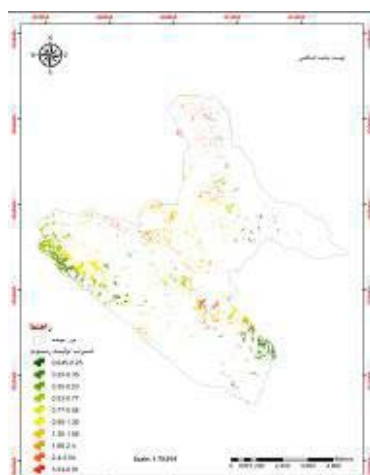
با توجه به نقشه فرسایش‌پذیری خاک و نیز نقشه سطوح سنگی و مقاومت آن‌ها در برابر هوازدگی نقشه عامل قابلیت فرسایش تهیه شد.



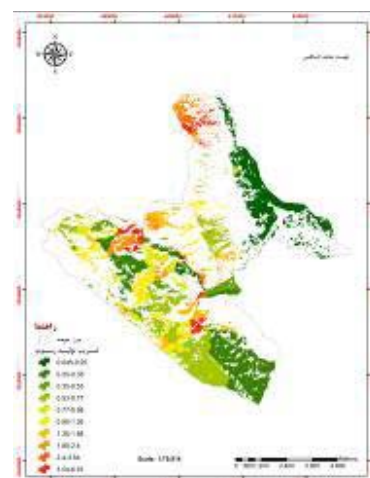
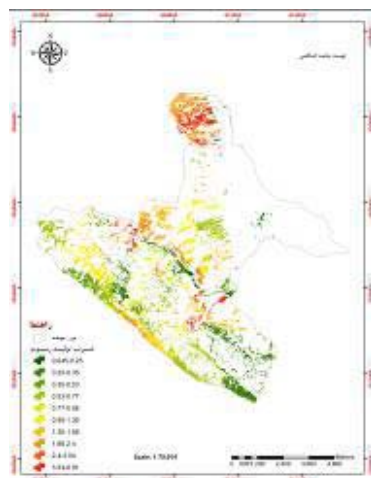
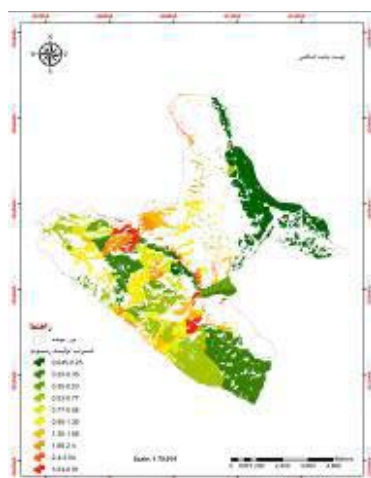
شکل ۹. بارش سالیانه حوزه آبخیز تنگ بستانک



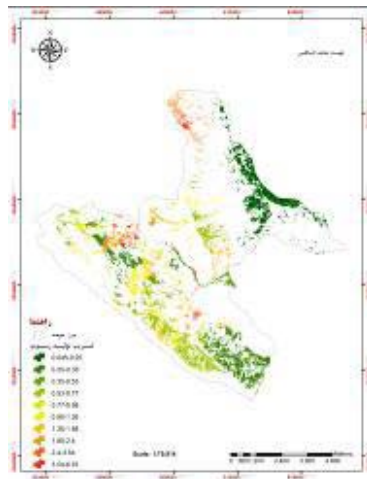
شکل ۸. عامل پوشش گیاهی مدل هیدروفریکی حوزه آبخیز تنگ بستانک



شکل ۱۰. ضریب رسوب‌دهی زون فیلیک (کانی‌های مسکویت و ایلیت)



شکل ۱۱. ضریب رسوب‌دهی زون پروپیلیتیک (کانی‌های کلسیت، کلریت و دولومیت)



شکل ۱۲. ضریب رسوب‌دهی زون آرژلیک (کانی کائولیتیت)

داد روی کانی کلریت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۵۳-۰/۷۷ و با مساحت ۳/۶۶ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۵۳ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۰/۲۵-۰/۴۵ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی در سطح حوزه ۱۶/۶۸ کیلومترمربع می‌باشد که ۷/۳۸ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. روی کانی دولومیت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۲۵-۰/۳۵ با مساحت ۷/۹۸ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۴۶ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۲/۴-۳/۵۴ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی ۳۶/۹۱ کیلومتر مربع می‌باشد که ۹/۵۹ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. روی کانی کلسیت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۲۵-۰/۳۵ با مساحت ۷/۱۲ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۶۶ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۲/۴-۳/۵۴ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی ۳۳/۱۴ کیلومتر مربع می‌باشد که ۹/۰۴ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. روی کانی ایلیت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۵۳-۰/۷۷ با مساحت ۱/۰۷ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۱۴ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۳/۵۴-۸/۹۱ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی ۴/۹۷ کیلومتر مربع می‌باشد که ۲/۱۲ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. روی کانی مسکویت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۵۳-۰/۷۷ با مساحت ۲/۴۱ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۱۵ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۲/۴-۳/۵۴ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی ۱۰/۵۹ کیلومتر مربع می‌باشد که ۲/۴۴ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. روی کانی کائولینیت بیشترین سطح مربوط به ضریب رسوب‌زایی ۰/۵۳-۰/۷۷ با مساحت ۳/۲۵ کیلومترمربع و کمترین سطح با ۰/۲۴ کیلومترمربع مربوط به ضریب ۲/۴-۳/۵۴ می‌باشد. مساحت کل پراکنش این کانی ۱۴/۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد که ۳/۵۱ کیلومترمربع آن مربوط به ضرائب بزرگتر از یک هست. در جدول زیر برای کانی کلسیت و با توجه به مساحت ضرائب رسوب‌دهی بزرگتر از یک،

همان‌گونه که در اشکال بالا دیده می‌شود، زون پروپیلیک بیشترین وسعت از سطح حوزه رابه خود اختصاص داده است و بیشتر منطقه دولومیت و کلسیت می‌باشد. کمترین سطح مربوط به زون فیلیک و کانی ایلیت می‌باشد. همان‌گونه که در اشکال بالا دیده می‌شود ضرائب بزرگ بیشتر در قسمت‌های مرکزی و به سمت غرب و شمال غرب حوزه پراکنش دارند و در قسمت‌های جنوبی و شرق حوزه این ضرائب کاهش پیدا می‌کنند. بنابراین بیشترین پتانسیل تولید رسوب در قسمت‌های مرکزی و متمایل به غرب و شمال غربی حوزه وجود دارد و مدیریت این مناطق با توجه به جنس زمین الزامی می‌باشد. در قسمت‌های جنوبی حوزه با وجود زون حساس آرژلیک پتانسیل رسوب‌زایی کم است. در این مناطق عامل توپوگرافی و قابلیت فرسایش بیشترین نقش را ایفا می‌کنند. بنابراین با شناخت زمین و سازندها با استفاده از تکنیک‌های نوین سنجش از دور و همچنین آگاهی از پراکنش مواد در سطح زمین می‌توان به دید مناسبی جهت مدیریت بخش‌های مختلف یک حوزه آبخیز دست یافت. با توجه به نقشه زمین‌شناسی بیشترین و بزرگترین ضرائب تولید رسوب روی سازند آسماری قرار دارد. سازند رازک و سازند عصر حاضر (کواترنری) کمترین ضرائب تولید رسوب را بر روی خود دارند و بنابراین رسوب‌دهی آن‌ها پایین می‌باشد. بعد از سازند آسماری جهرم، سازندهای پابده گورپی و کشکان بیشترین ضرائب تولید رسوب را دارا هستند. بعد از سازندهای ذکر شده سازند بختیاری قرار دارد که با جنس کنگلومرایی خود کمترین ضرائب رابه خود اختصاص داده است و تولید رسوب بسیار کمی دارد. با توجه به مساحت این سازندها و مجموع مساحت ضرائب قرار گرفته بر روی آن‌ها به ترتیب سازند پابده گورپی، کشکان، آسماری، رازک، کواترنری و بختیاری به ترتیب نیاز به اولویت‌بندی مدیریت دارند. بنابراین نمی‌توان گفت بدلیل این که رسوبات عصر حاضر جوان‌ترین رسوبات هستند، همواره بیشترین تولید رسوب در هر حوزه را دارند. بسته به شرایط محلی و ویژگی‌های خاص هر حوزه این امر متفاوت خواهد بود. نتایج نشان

شد. نتایج نشان داد سازند پایده گورپی بیشترین اهمیت نسبی را در رابطه با ضرائب تولید رسوب دارد. برای کانی دولومیت نتایج نشان داد که سازند کشکان بیشترین اهمیت نسبی را در رابطه با ضرائب تولید رسوب دارد (جدول ۷).

اهمیت نسبی هر سازند مشخص شد. نتایج نشان داد سازند پایده گورپی بیشترین اهمیت نسبی را در رابطه با ضرائب تولید رسوب دارد. برای کلریت در جدول ۶ مساحت ضرائب رسوب دهی بزرگتر از یک را نشان می دهد. همچنین اهمیت نسبی هر سازند با توجه درصد مساحت ضرائب بزرگتر از یک و درصد مساحت سازندها مشخص

جدول ۴. سطوح سنگی، کلاس و درصد آن‌ها در حوزه

سطوح سنگی موجود در منطقه	کلاس	درصد موجود در منطقه
(pLcb) سازند بختیاری	b2	۱۵
(M m.c ra) سازند رازک	d4	۱/۶
(T) تراس	e5	۴/۸
(EM l.d as.ja) سازند آسماری-جهرم	b2	۶۱
(PeE c.m kn) سازند کشکان	c3	۳/۷
(Qal) رسوبات دوران حاضر	e5	۱/۲
(Q t3) پشته‌های رسی سیلتی	e5	۱۰/۲
(KE sh.m pd.gu) سازند پایده گورپی	d4	۲/۵

جدول ۵. پراکنش کانی کلسیت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۸/۸	۱۷/۶۵	۰/۲۸
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۶۹	۵/۶۳	۰/۳۷
پایده گورپی	۲/۰۴	۰/۵۴۵	۲۶/۷۱	۱۰/۶۸
کشکان	۳/۰۲	۰/۶۳۲	۲۰/۹۲	۵/۶۵
کواترنر	۱۳/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۰۰۶
رازک	۱/۳	-	-	-

جدول ۶. پراکنش کانی کلریت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۷/۲۱	۱۴/۴۶	۰/۲۳
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۸۸	۷/۱۸	۰/۴۷
پایده گورپی	۲/۰۴	۰/۴۴۲	۲۱/۶۶	۸/۶۶
کشکان	۳/۰۲	۰/۵۶	۱۸/۵۴	۵/۰۱
کواترنر	۱۳/۲۴	-	-	-
رازک	۱/۳	-	-	-

جدول ۷. پراکنش کانی دولومیت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۹/۵	۱۹/۰۵	۰/۳۱
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۴۷۶	۳/۸۸	۰/۲۵
پایده گورپی	۲/۰۴	۰/۰۳۹۲	۱/۹۲	۰/۷۶
کشکان	۳/۰۲	۰/۴	۱۳/۲۴	۳/۵۷
کواترنر	۱۳/۲۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۲	۰/۰۰۱۲
رازک	۱/۳	-	-	-

برای زون پروپیلیتیک اهمیت نسبی میانگین برای سازند پابده گورپی برابر ۶/۷ و برای سازند کشکان ۴/۷۴ می‌باشد که این مهم نشان می‌دهد سازند پابده گورپی بیشترین سهم را به دلیل مارن و آهک مارنی در تولید رسوب دارد. برای ایلیت بیشترین اهمیت نسبی در رابطه با ضرائب تولید رسوب را سازند پابده گورپی دارد. برای مسکویت بیشترین اهمیت نسبی را در رابطه با ضرائب تولید رسوب سازند کشکان دارد.

برای زون فیلیک با توجه به کانی‌های ایلیت و مسکویت، میانگین اهمیت نسبی برای سازند پابده گورپی برابر ۱/۷۶ و برای سازند کشکان برابر ۰/۹۹ می‌باشد. بنابراین سازند پابده گورپی بیشترین

نقش را در تولید رسوب حوزه روی زون فیلیک دارد. برای کائولینیت بیشترین اهمیت نسبی را سازند کشکان دارد (جدول ۱۰). برای زون آرژلیک با توجه به کانی کائولینیت سازند کشکان با اهمیت نسبی برابر ۲/۴۳ بیشترین نقش را در تولید رسوب روی این زون دارد. در تمامی زون‌ها سازند رازک فاقد ضرائب تولید رسوب بزرگتر از یک می‌باشد و کمترین نقش را در تولید رسوب حوزه دارد. همچنین سازند کواترنری دارای کمترین و کوچکترین ضرائب تولید رسوب هست و این سازند نیز بعد از سازند رازک کمترین نقش را در تولید رسوب در حوزه دارد. سازند آسماری با وجود وسعت زیاد در سطح حوزه نقش آن‌چنانی در تولید رسوب در حوزه

جدول ۸. پراکنش کانی ایلیت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۲/۰۶	۴/۱۳	۰/۰۶
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۲۷۶	۲/۲۵	۰/۱۵
پابده گورپی	۲/۰۴	۰/۰۴۴	۲/۱۵	۰/۸۶
کشکان	۳/۰۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۳۲
کواترنر	۱۳/۲۴	-	-	-
رازک	۱/۳	-	-	-

جدول ۹. پراکنش کانی مسکویت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۲/۳۵	۴/۷۱	۰/۰۷
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۱۹۷	۱/۶	۰/۱
پابده گورپی	۲/۰۴	۰/۰۴۶	۲/۲۵	۰/۹
کشکان	۳/۰۲	۰/۱۸۶	۶/۱۵	۱/۶۶
کواترنر	۱۳/۲۴	-	-	-
رازک	۱/۳	-	-	-

جدول ۱۰. پراکنش کانی کائولینیت روی سازندها و اهمیت نسبی هر سازند

نام سازند	مساحت سازند	مساحت ضریب (کیلومتر مربع)	درصد مساحت از سازند	اهمیت نسبی
آسماری	۴۹/۸۵	۳/۳۹	۶/۸	۰/۱۱
بختیاری	۱۲/۲۵	۰/۳۰۲	۲/۴۶	۰/۱۶۴
پابده گورپی	۲/۰۴	۰/۰۷۱	۳/۴۸	۱/۳۹
کشکان	۳/۰۲	۰/۲۷۲	۰/۹	۲/۴۳
کواترنر	۱۳/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۴۳
رازک	۱/۳	-	-	-

ندارد. میانگین اهمیت نسبی این سازند برای زون‌های پروپلیتیک، فلیک و آرژلیک به ترتیب معادل ۰/۲۷، ۰/۰۶۵ و ۰/۱۱ می‌باشد. همچنین میانگین اهمیت نسبی برای سازند بختیاری بروی زون‌های پروپلیتیک، فلیک و آرژلیک به ترتیب معادل ۰/۳۶، ۰/۱۲۵ و ۰/۱۶۴ می‌باشد. این مهم نشان‌دهنده اهمیت نسبی بیشتر سازند بختیاری نسبت به سازند آسماری جهرم هست که حکایت از مقاومت کمتر این سازند نسبت به جنس آهک و آهک دولومیتی سازند آسماری دارد. بنابراین سازند آسماری بعد از سازند بختیاری بیشترین نقش را در تولید رسوب دارد. در تحقیقات انجام شده در زمینه ارزیابی رسوب‌زایی سازندها، فیض‌نیا و همکاران [۱۱] با استفاده از روش فیض‌نیا که بر پایه مقاومت سنگ‌ها در اقلیم‌های مختلف ایران تهیه شده می‌توان اشاره کرد که به مشخص کردن گسترش سازندهای فرسایش‌پذیر در یک منطقه می‌انجامد. در مرحله‌ی بعد با استفاده از روابط رگرسیونی چندگانه بین مساحت مناطق فرسایش‌پذیر و دبی رسوب خروجی از هر حوزه به مقایسه سهم و ارزیابی ضریب رسوب‌زایی در هر منطقه اقدام می‌شود. در تحقیق حاضر علاوه بر مشخص کردن زون‌های دگرسانی بر اساس کانی‌های معرف و تفکیک سازندها بر اساس تکنیک‌های سنجش از دور به بررسی میزان تولید رسوب بر اساس فرآیندهای فیزیکی و دینامیکی پرداخته شد و تنها به گسترش فضایی فضایی سازندها بسنده نشد. پیروان و شریعت جعفری [۴] بیان کردند که بیش از ۷۰ درصد سازندهای زمین‌شناسی ایران دارای مقاومت کم تا خیلی کم نسبت به عوامل فرسایش بوده و لذا رسوب‌دهی بالا خواهند داشت. در تحقیق حاضر سعی شد علاوه بر بررسی موضوع مطرح شده توسط نامبردگان به بررسی میزان رسوب‌دهی سازندها تحت عوامل دینامیکی نیز توجه شود که بر این اساس مشخص شد، فرسایش‌پذیری تنها دلیل بالا بودن ضریب رسوب‌دهی در یک گستره‌ی فضایی نیست. نجفی [۱۷] بیان کرد که مقدار رسوب‌دهی تحت تأثیر نسبت مساحت سازندهای فرسایش‌پذیر از کل حوزه است که در این راستا سعی شد مساحت هر کانی معرف روی هر سازند مد نظر قرار گیرد و از طریق شاخص اهمیت نسبی این مهم مورد ارزیابی قرار گیرد. برزویی و همکاران [۳] به امکان‌سنجی استفاده از روش رسوب‌شناسی در منشأیابی و سهم مشارکت سازندهای زمین‌شناسی در تولید رسوب پرداختند. نامبردگان بیان کردند که روشی مانند هیدروفیزیکی فاقد قابلیت منشأیابی رسوبات و سهم سهم مشارکت واحدهای سنگی در تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز می‌باشد. تحقیق حاضر نیز بر این مهم اذعان داشت و این تکنیک جهت پهنه‌بندی و تعیین ضریب رسوب‌دهی سازندهای رسوب‌زا استفاده شد. در خصوص امتیازدهی به حساسیت سازندها به فرسایش در مدل‌های فرسایش و رسوب با توجه به تنوع لیتولوژی ایران تاکنون کار جامعی انجام نشده است [۴]. در این خصوص می‌توان به دو پژوهش اشاره کرد، که در مورد اول می‌توان به پژوهشی که فیض‌نیا [۲۳] در مورد سختی سنگ‌های سازندهای ایران و مقاومت به فرسایش آن‌ها در دو

اقلیم خشک و نیمه‌خشک اشاره کرد و پژوهش دیگر با توجه به عوامل ذاتی مؤثر بر فرسایش‌پذیری یک متدولوژی مشخص برای دسته‌بندی و رتبه‌بندی حساسیت ذاتی سازندها به فرسایش ارائه شده است [۳۸].

منابع

- 1- Azami Rad, M., 1998. Evaluation of sediment yield in Kardeh basin by Hydro-physical model, MSC Thesis, Tarbiat Modares University.
- 2- Ahmadi, h. 2007. Applied geomorphology. Tehran University Press.
- 3- Borzouei, M., Ghoddosi, J., Filehechesh, A., 2005, Estimation of sedimentology method in the sediment fingerprinting and contribution of geological formation in watersheds, third national conference on erosion and sediment.
- 4- Peyrowan, H. M., Shariat Jafari, M., 2013, Presentation of a comprehensive method For determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geology, Journal of Watershed Engineering and Management, Volume 5, Issue 3, 2013, Pages 199-213.
- 5- Jazaeri, B. And Majedi, M. 1981. Investigation of different sedimentation potential areas in watershed using a hydrophysical model. A report submitted to the Earth Sciences Seminar of the Geological Survey of Iran.
- 6- Shoaie, Z.A.D., 2002. Evaluation of weathering, erodibility and geotechnical properties of soils and rocks using the ration of reference minerals, Journal of Pajouhesh-va-Sazandegi, Volume 14, Number 4 (53 IN natural resources); Page(s) 74 To 78.
- 7- Salehi, M.H., Esfandiarpourbrugni, A., Mohajer, R., Bagheri Budaghabadi, M. 2011. Supplemental Water and Soil Conservation, Payam Noor University Press, 185 p.
- 8- Samadi, M. 1996. Erosion and sediment survey using hydrophysical and geomorphology method. Master's thesis of Watershed, Faculty of Natural Resources, Karaj, Tehran University.
- 9- Rahmati, A. 2000. Determination of sedimentation potential in sub-basins of Sorkhab River

- 18- Neghaban, S. 2006. Detection algorithms in Hyperspectral images. Master Thesis in Remote Sensing, Khaje Nasir Al-Din Tusi University of Technology, 110 pages.
- 19- Nohegar, A., Kazemi, M., Ahmadi, S.j., Gholami, H., Mahdavi, R., 2016. Using pixel basis and subpixel based techniques to identify alteration zones (Case study: Tange Bostanak Region), quantitative geomorphological researches, 5 (1), pp89-109.
- 20- Vaezi, A.R., Bahrami, H.A., Sadeghi, S.H.R., Mahdian, M.H., 2010. Estimation of erodibility factor (K) using the RUSLE model in some soils of the semi-arid regions in northwest of Iran, Journal of Water and Soil Conservation, Vol. 17(3), pp 105-124.
- 21- Hashemi Tangestani, M. Azizi, M., 2010. Detection of abundance and distribution of clay minerals using the sub-parsing of ester data. Case study of Abadeh Esteghlal mine. Journal of Economic Geology, Ferdowsi University of Mashhad, No. 1, Vol. 2, pp. 39-49.
- 22- Clark, R. N., 1995. Reflectance spectra. in Rock Physics & Phase Relations 3: 178-188.
- 23- Feiznia, S. 1995. Rock strength to erosion in various climates of Iran. Natural Resources Journal of Iran, 47: 95-116 (in Persian).
- 24- Ghulam, A., Amer, R., 2010, Mineral Exploration Zone Mapping in Estern Desert of Egypt Using ASTER Data, ASPRS Annual Conference, San Diego, PP.26-30.
- 25- Gelagay, H., Minale, A., 2016, Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia, International Soiland Water Conservation Research4(2016)126–136.
- 26- G.R. Hunt, Spectral signatures of particulate minerals in the vis- ible and near infrared, Geophysics 42 (1977) 501–513.
- 27- Gonzales, A., Taboada, M.T and Virira, S.R., 2001, Geostatistical Analysis Heavy Metals in a one-Ha plot under Natural vegetation in a Serpentine Area, Can.J.soil Sci,81, pp 469-479.
- 28- Gupta, R. P. ,2003, "Remote Sensing Geology " 2nd ed.Springer, Berlin, 654p.
- (Nozhian Dez watershed) using Hydro-physical model. Proceedings of the second conference on erosion and sedimentation of Lorestan University, Khorramabad.
- 10- Refahi, D., 2012. Evaluation of economic geology and identification alteration zones in northern Sarab area (scale 1:25000 Oghlansar)with using Aster data,MSc thesis, Islamic Azad University.
- 11- Feiznia S., Nasri M., Najafi A., Nakhkub, H., 2009. The Role of Geological Formation and Provincial Contribution To Sediment Yield in the Shahid Abbaspour Reservoir Dam (Karon 1 Catchment), Iranian journal of Range and Desert Reseach, Vol. 15 No. (4),pp 423-435.
- 12- Karimpour, M. Kh., Malekzadeh, A. Heydarian, MD, 2005. Exploration of Mineral Reservoirs of Geological Models, Geochemistry, Satellite and Geophysical Models, Ferdowsi University Press, No. 453.
- 13- Karimi Baronaghi, H., 2012. Evaluation of spectral analysis techniques of remote sensing data in determining the alterations and future goals for metal minerals, Master thesis, Faculty of Humanities. Department of Remote Sensing, Geographical Information System of Tarbiat Modares University.
- ۱۴- Makhdoom, M., Dervish Sefat, A.A., Jafarzadeh, H. And Makhdoom, A.S. ۲۰۰۱. Environmental Assessment and Planning with Geographic Information Systems, Tehran University Press.
- 15- Maghsoudi, M., Goorabi, A., Darabi Shahmari, S. 2014. The Study of Effect of Vegetation Cover Factor on the Water Erosion Case Study: Razin Basin, Environmental Erosion Research Journal, Volume 3, Number 4, pp 43-57.
- 16- Mirzae, A., Shoaie, Z., Jalali, N., Eslami, A.R., 2009. Evaluation of sediment yield in Karaj basin by Hydro-physical model, Journal of Watershed Engineering and Management, issue 1, No 1, pp 53-65.
- 17- Najafi, A., 2003. Regional Analysis of Suspended Sediment Estimation in Esfahan and Sirjan Watersheds, MSc thesis of watershed management, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, 85p.

- 37- Saeidian, F., Sulaiman, W.N.A. and Azami Rad, M., 2009, The Investigation of the Sediment Yield Potential Using Hydro-Physical Method in the Drainage Basins (Case Study in Kardeh Drainage Basin-Iran), *Global Journal of Environmental Research* 3 (3): 178-186, 2009ISSN 1990-925X.
- 38- Shariatjafari, M., J. Ghayoumian and H.R. Peyrowan. 2006. The inherent sensitivity of geological formations to erosion and weathering in basins of micro-continental plate of central Iran *Quarterly Journal of Science*, Kharazmi University (in Persian).
- 39- Shi, Z., 2004, Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the three Gorge Area of China, *CATENA*, Vol. 55, PP. 33-48.
- 40- Stehman, S.V., 2004, A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70, 743–751.
- 41- Teh, S. H., 2011, Soil erosion modeling using RUSLE and GIS on CAMERON HIGHLANDS, MALAYSIA for hydropower development, A 30 ECTS credit units Master's thesis, PP.1- 71.
- 42- Wischmeier, W.H., & Smith, D.D., 1978, Predicting rainfall erosion. losses: a guide to conservation planning, *Agriculture Handbook*, Vol. 537. US Department of Agriculture, Washington, DC, PP. 58
- 29- Harris, A. t. 2006. "spectral mapping tools from the earth sciences applied to spectral microscopy data." international society for analytical cytology published online in wiley inter science.
- 30- Kruse, F. A. and S. L. Perry 2009. "Improving multispectral mapping by spectral modeling with hyperspectral signatures." *Journal of Applied Remote Sensing* 3.
- 31- Moore, F., Rastmanesh, F., Asadi, H. and Modabberi, S., 2008- Mapping mineralogical alteration using principal-component analysis and matched filter processing in the Takab area, north-west Iran, from ASTER data, *International Journal of Remote Sensing*, 29: 2851–2867.
- 32- USGS.2013. "Frequently Asked Questions about the Landsat Mission".
- 33- Mundt, J. T. , Streutker, D. R. , and Glenn, N. F. , 2007. Partial unmixing of hyperspectral imagery: Theory and methods. *Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*.
- 34- Jensen, J. R., 2005, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice –Hall.
- 35- Rahman, M.R., Shi, Z.H., Chongf, C., 2009, Soil erosion hazard evaluation: an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecol. Modell.*, Vol. 220, PP. 1724–1734.
- 36- Prasannakumar, V., Vijith, H., Geetha, N., 2011, Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology, *Geosci. Front.*, Vol. 3, PP. 209–215.

**Abstract**

Evaluation of Sediment Yield in Alteration zones and Tange Bostanak Watershed Formations

A.Nohegar¹, M. Kazemi*², H. Gholami³ and R. Mahdavi⁴

Received: 2015/04/24 Accepted: 2017/06/16

Sediment yield production is now one of the most important environmental problems of humanity has become. So identify areas of Sediment productive is the most important examples of soil management in order to optimum utilization and decrease it. The aim of this study is to identify alteration zones, providing information layer deposition coefficient and Prioritization geological formations in this zones, as well as Tange Bostanak in terms of watershed sediment yield. For this purpose, using the pixel and subpixel methods and are assigned commision, ommision, the user precision, accuracy producer, the overall accuracy and Kappa alteration zones were identified and then using CSY model and GIS Capabilities that was prepared to determine Sedimentation coefficient pixel by pixel in the region . The results showed that the SFF method is suitable for mapping alteration zones. Propylitic zone in the basin with 46/278 square kilometers area is the highest distribution. The results showed the Gurpi formation despite 2/04 kilometers of surface area of 80/73 square kilometer basin and the relative importance has the Most role and Razak formation with 875/3area, with small coefficients are minimal role in the production sediment basin. Asmari formation are arranged with a distribution of 61% from the fourth priority area in terms of the rate of deposition. The results showed that the erosion potential in the catchment basin of the East and the West increased to the center and the north and north-west to the south and southeast is reduced. The biggest sediment yield (3/54-8/91) can be seen in the central, West and Northwest region.

Keywords: *Altration, Formation, Sediment yield, RS, Tange bostanak*

1. Professor, Department of Evnironment, University of Tehran, Iran.

2. PhD Student, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Corresponding author, Email: Mohamad.kazemi86@Gmail.com

3. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.