



پژوهش‌های فرسایش محیطی

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



ارزیابی حساسیت به فرسایش با استفاده از روش‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز فشند)

تیمور تیموریان^{۱*}، سادات فیض‌نیا^۱، سیدداود سیدعلی‌خانی^۲، میثم صمدی ارقینی^۳

^۱ گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ اداره منابع طبیعی شهرستان ساوجبلاغ

^۳ گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت:

۹۴/۰۲/۰۷

اصلاح:

۹۴/۱۱/۰۸

پذیرش:

۹۴/۱۲/۰۸

واژگان کلیدی:

منشایی

ردیاب

کانی‌شناسی

ژئوشیمیایی

حوزه آبخیز فشند

لازمه اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب مستلزم شناسایی مناطق رسوب‌خیز و مستعد فرسایش است و روش منشأیابی امروزه در سرتاسر دنیا به‌منظور تعیین سهم واحدهای کاری از رسوب استفاده می‌شود. در این تحقیق برای به دست آوردن سهم بهینه منابع رسوب برآورد شده، از خصوصیات ردیاب‌ها استفاده شده است و در نهایت نقشه حساسیت پذیری به فرسایش در حوزه آبخیز فشند به مساحت ۳۲۴۷ هکتار با توجه به مطالعات کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی ارائه گردیده است. نتایج مطالعات روش کانی‌شناسی بیانگر این موضوع بود که سازند زاگون با مساحت ۱۷/۱۳ درصد از سطح حوزه آبخیز دارای بیشترین پتانسیل رسوب‌زایی (۱/۵۷) در منطقه است و از سوی دیگر نتایج روش ژئوشیمیایی نیز نشان‌دهنده حساسیت بیشتر سازند زاگون با سهم ۱/۸۴ در تولید رسوب بوده است. نتایج آزمون آنالیز تشخیص بیانگر این موضوع که از ۱۱ عنصر مطالعه شده در این تحقیق عناصر فسفر، کلر، بیکربنات، آهن، ازت و ماده آلی به‌منظور تفکیک منابع رسوب، مناسب شناخته شده‌اند. در نهایت نتایج حاصل از دو روش کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی تا حدود زیادی با هم متناسب بوده است.

۱- مقدمه

در برنامه‌های مدیریت حوضه آبخیز، تشخیص درست نقاط فرسایش‌پذیر و در نتیجه منابع اصلی تولید رسوب ضروری است (Pulley et al., 2015, Walling et al., 2008, علی‌دوست و همکاران، ۱۳۹۱). لازمه اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و

* نویسنده مسئول رایانامه: t.teimurian@ut.ac.ir

کنترل رسوب، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آن‌ها در تولید رسوب و در نتیجه شناسایی مناطق بحرانی در داخل آبخیز است (حکیم‌خانی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از اهداف اصلی آبخیزداری، کنترل فرسایش و جلوگیری از آن است و با توجه به نقش ویژه واحدهای سنگ‌شناسی در تولید رسوبات، کاربرد روش‌های جدید و تکمیل و تصحیح روش‌های فعلی برآورد رسوب ضروری به نظر می‌رسد (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲).

از روش‌های معمول جمع‌آوری اطلاعات یاد شده در زمینه منابع رسوب می‌توان به پین‌ها و پلات‌های فرسایشی، بررسی‌های چشمی منابع رسوب از طریق عکس‌ها و مشاهدات میدانی (Davis and Gregory، ۱۹۹۴؛ Collins and Walling، ۲۰۰۲) اندازه‌گیری بار رسوبی در انتهای زیرحوزه‌های آبخیز اصلی برای تعیین سهم نسبی آن‌ها در تولید رسوب (Walling and Woodward، ۱۹۹۵) اشاره کرد، اما کاربرد این روش‌ها معمولاً با مشکلات نمونه‌گیری مکانی و زمانی و تنگناهای اجرایی مواجه است و بعضی از آن‌ها به زمان و هزینه زیادی نیاز دارند (Collins and Walling، ۲۰۰۴؛ Blake et al، ۲۰۱۲؛ Smith and Blake، ۲۰۱۴). از آنجا که این روش‌ها بیشتر برای اندازه‌گیری فرسایش ارائه شده‌اند، در نتیجه امکان مرتبط کردن منابع رسوب به رودخانه و تولید رسوب انتهای حوضه را فراهم نمی‌کنند. به دلیل وجود مشکلات یاد شده در کاربرد روش‌های سنتی، روش انگشت‌نگاری یا ردیابی یا به‌طور ساده‌تر منشأیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به‌عنوان روشی جایگزین برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آن‌ها مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است (Walling، ۲۰۰۵).

روش منشأیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به‌عنوان روشی جایگزین برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آن‌ها مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است (Peart and Walling، ۱۹۸۸؛ Collins and Walling، ۲۰۰۴؛ Walling et al، ۲۰۰۸؛ Blake et al، ۲۰۱۲؛ Smith and Blake، ۲۰۱۴؛ Pulley et al، ۲۰۱۵). مهم‌ترین اصل این روش این است که منابع مختلف رسوب با استفاده از تعدادی از خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آلی (کربن، نیتروژن و فسفر آلی) قابل تشخیص بوده و با مقایسه این خصوصیات با همان خصوصیات در نمونه‌های رسوب می‌توان سهم و اهمیت منابع رسوب را در تولید رسوب به دست آورد. این روش فاقد بسیاری از مشکلات روش‌های سنتی می‌باشد. از مهم‌ترین این مزایا می‌توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد. یعنی این روش تنها نیاز به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل نمونه‌های رسوب و خاک منابع مختلف به‌جای پایش درازمدت و گران‌قیمت فرسایش و حمل رسوب دارد (حکیم‌خانی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج تحقیقات Krause و همکاران (۲۰۰۳)، Walling و همکاران (۲۰۰۸) و Blake و همکاران (۲۰۱۲) کارآیی روش منشأیابی یا انگشت‌نگاری به‌عنوان روشی موفق و مؤثر برای تعیین منابع رسوب به اثبات رسیده است. تابع تشخیص عبارت از بدست آوردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل است که بتواند تعدادی از گروه‌های از پیش تعیین شده را از هم تفکیک کند. تفکیک گروه‌ها با دادن وزن‌های مناسب به هر یک از متغیرها براساس حداکثر کردن واریانس بین گروهی نسبت به واریانس درون گروهی انجام می‌شود. از بین روش‌های آماری مختلف نظیر شبکه عصبی و نزدیک‌ترین همسایه تحلیل تشخیص بیشترین کاربرد را دارد (Walling، ۲۰۰۵). تحلیل تشخیص عبارت از بدست آوردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل (ردیاب‌ها) است که بتواند تعدادی از گروه‌های از پیش تعیین شده (سازندهای زمین‌شناسی) را از هم

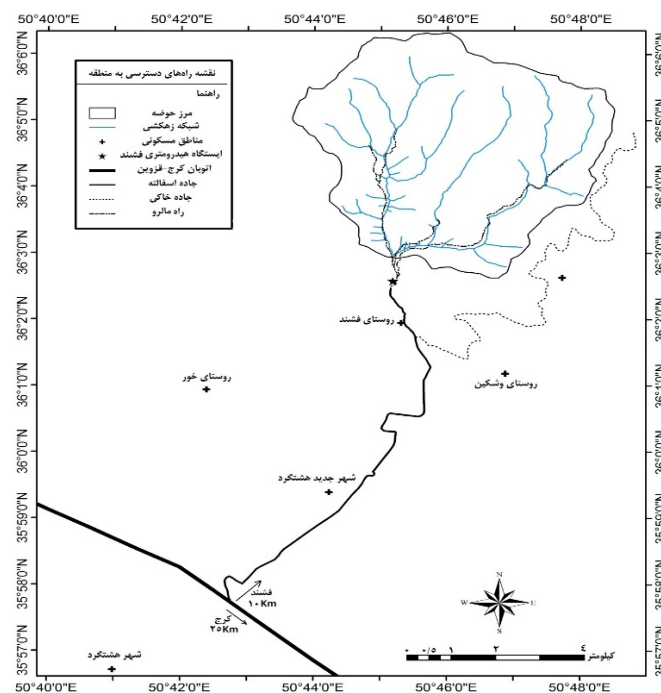
تفکیک کند. تفکیک گروه‌ها با دادن وزن‌های مناسب به هر یک از متغیرها براساس حداکثرکردن واریانس بین‌گروهی نسبت به واریانس درون‌گروهی انجام می‌شود (Hair et al, ۱۹۸۸).

شناسایی منابع اصلی رسوب در حوزه آبخیز فشند و تأثیر آن در استقرار و دوام مناسب سازه‌های آبخیزداری منطقه باعث کاهش خسارت سیل به روستای فشند و شهرهای جدید هشتگرد و اتوبان استراتژیک تهران- قزوین و جاده قدیم تهران- قزوین و اراضی کشاورزی و باغات منطقه خواهد شد. لذا با شناسایی منابع اصلی رسوب در منطقه، می‌توان راهکارهای عملی مهار رسوبات را در طرح‌های آبخیزداری که هدف آن‌ها جلوگیری یا کاهش انباشت رسوبات در مخازن سدهای ذخیره‌ای، رودخانه‌ها، کانال‌های آبرسانی و اراضی زراعی است، ارائه کرد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز فشند در شمال و شمال شرق شهرستان ساوجبلاغ واقع در استان البرز و در شمال شهر جدید هشتگرد و در زون زمین‌شناسی البرز مرکزی واقع شده است. بر اساس تقسیم‌بندی جاماب کشور در حوزه آبخیز دریاچه نمک و در ارتفاعات جنوبی رشته‌کوه‌های البرز قرار دارد و از نظر مختصات جغرافیایی در محدوده $36^{\circ} 02' 38''$ تا $36^{\circ} 06' 23''$ عرض شمالی و $50^{\circ} 43' 43''$ تا $50^{\circ} 48' 39''$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه از طرف شمال به حوزه آبخیز طالقان، از طرف شرق به حوزه‌های آبخیز ولیان، قلعه سلیمان‌خان و کوشک‌زر، از طرف جنوب به روستای فشند و از طرف غرب به حوزه آبخیز خور و سفیدارک محدود می‌گردد. مساحت حوزه آبخیز ۳۲۴۷ هکتار می‌باشد.

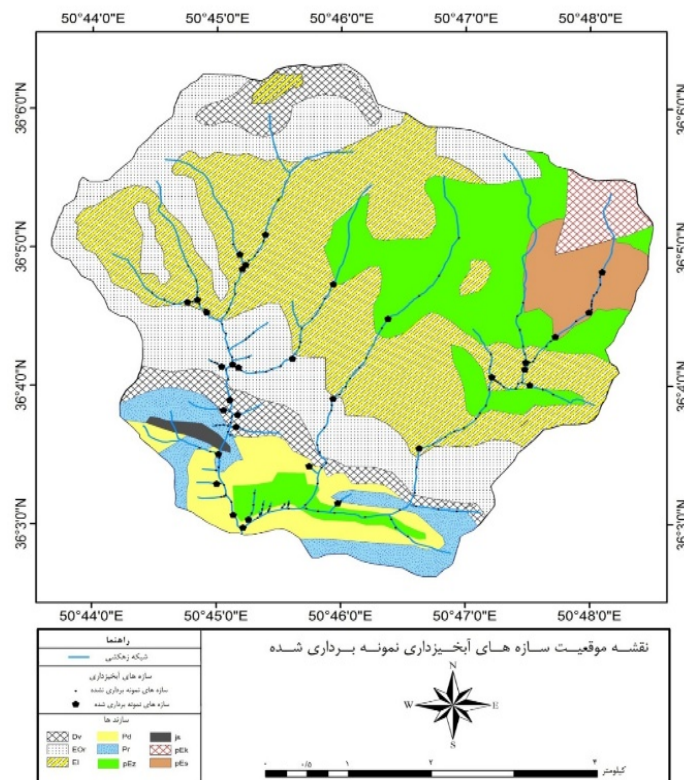


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز فشند عمدتاً در ناحیه کوهستانی البرز واقع شده است و تنها بخشی از جنوب این حوضه دارای مناطق تپه‌ماهوری و دشت‌سر می‌باشد و قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه را ناحیه کوهستانی شامل می‌شود. ارتفاعات مهم واقع در حوضه شامل کوه طالقان در شمال حوضه به ارتفاع ۳۱۱۰ متر، کوه لکا در شرق حوضه به ارتفاع ۲۶۰۳ متر، کوه پردی در جنوب شرق حوضه به ارتفاع ۲۳۴۲ متر، کوه اسبی‌داران در جنوب غرب حوضه به ارتفاع ۲۱۴۲ متر و کوه زرجقانی در غرب حوضه به ارتفاع ۲۷۶۵ متر می‌باشد. آب رودخانه فشند در نهایت به رودخانه اصلی شور می‌ریزد. حوزه آبخیز فشند با توجه به مقدار و نوع پراکنش جزو حوضه‌های نیمه‌خشک می‌باشد.

۲-۲- روش

به منظور تهیه نقشه تلفیقی حساسیت به فرسایش حوضه مورد مطالعه پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، تهیه آمار و اطلاعات پایه از منطقه به انجام نمونه‌برداری از رسوبات پرداخته شده است. بر روی ۳۷ مورد از سازه‌های آبخیزداری نمونه‌برداری از فاصله نیم‌متری از سازه و از عمق ۲۰ سانتی‌متری از رسوبات صورت گرفت (شکل ۲). نمونه‌برداری با استفاده از بیلچه کاملاً تمیز برداشته شد و در داخل پلاستیک‌های مشکی به آزمایشگاه منتقل شد و برای پنج عدد از نمونه‌ها دانه‌بندی به روش تر و خشک انجام شد و با توجه به اختلاف کمتر از ده درصد این دو روش، بقیه نمونه‌ها با الک (۶۳-۷۵-۱۵۰-۳۰۰-۶۰۰-۱۱۸۰-۱۷۰۰-۲۸۰۰-۴۰۰۰ میکرون) خشک دانه‌بندی شد و نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار Gradistat مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

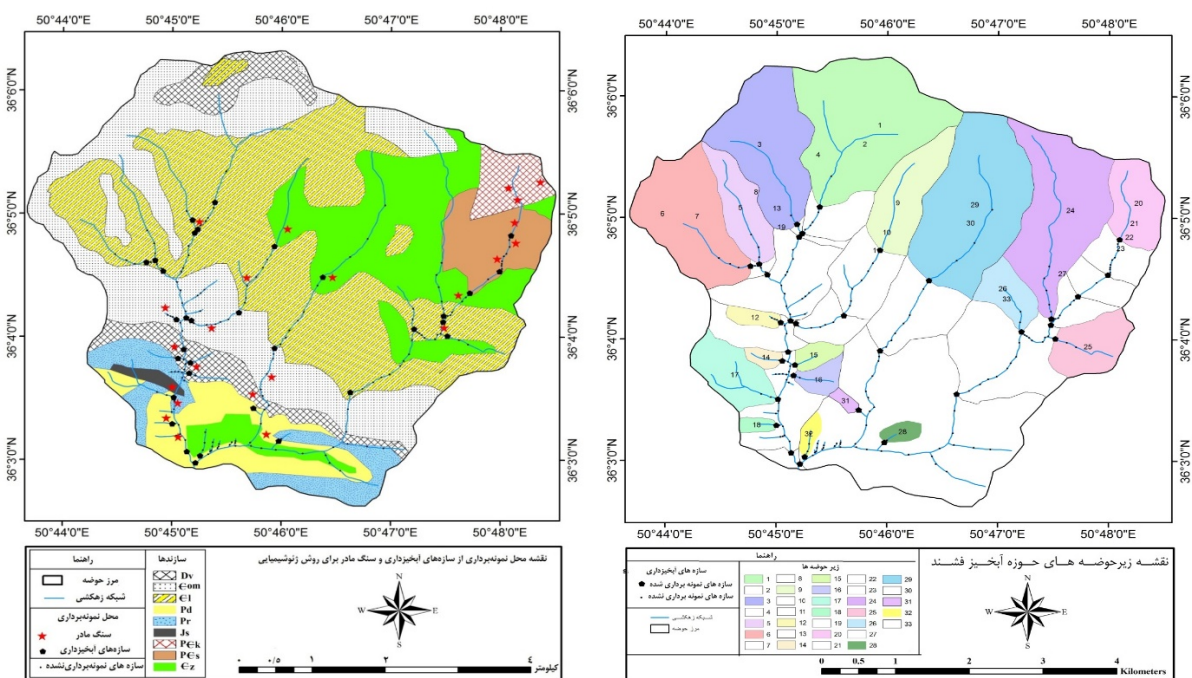


شکل ۲: نقاط نمونه‌برداری برای مطالعات کانی‌شناسی

با توجه به اینکه دو الک ۶۰۰ میکرون و چهار میلی‌متر به‌طور متوسط بیشترین درصد رسوبات نمونه‌ها را به خود اختصاص دادند این دو الک به‌عنوان الک شاخص انتخاب شدند و برای ۳۳ نمونه (مبنای تعیین هر زیرحوضه محل نمونه‌برداری بوده است و هر زیرحوضه می‌تواند شامل یک زیرحوضه بزرگ‌تر باشد و در شکل ۳ نشان داده شده است)، تعداد ۱۰۰ دانه رسوبی به صورت تصادفی از الک‌های شاخص انتخاب شده و جهت کانی‌شناسی مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت با استفاده از رابطه (۱) پتانسیل رسوب‌زایی هر واحد سنگی با استفاده از روش کانی‌شناسی محاسبه شد (فیض‌نیا، ۱۳۸۷).

$$\text{رابطه ۱} = \frac{\text{فرآوانی رسوب حاصل از واحد سنگ‌شناسی همگن} \times 100}{\text{فرآوانی کل رسوب}} = \frac{\text{مساحت واحد سنگ‌شناسی (کیلومتر مربع)}}{\text{مساحت کل زیر حوزه آبخیز (کیلومتر مربع)}} \times \text{پتانسیل رسوب زایی هر واحد سنگی (درصد)}$$

برای انجام منشأیابی ژئوشیمیایی علاوه بر ۳۳ نمونه برداشت‌شده از رسوبات پشت سازه، اقدام به نمونه‌برداری از واحدهای سنگ‌شناسی یا سنگ مادر گردید و از خاک رویی هر واحد سنگی حداکثر سه نمونه برداشت شد (شکل ۴). مجموعاً ۵۵ نمونه از رسوبات و واحدهای سنگ‌شناسی از الک ۶۲/۵ میکرون عبور داده شد و جهت تعیین عناصر ژئوشیمیایی با استفاده از دستگاه‌های کج‌دل، فلم‌فوتومتریک، اسپکتروفتومتر، کلسی‌متری و با استفاده از عیارسنجی جمعاً ۱۱ عنصر مورد آنالیز قرار گرفت و در ادامه با انجام تحلیل‌های آماری میزان مشارکت واحدهای مختلف سنگ‌شناسی در تولید رسوب مشخص گردید.



شکل ۳: نقشه زیرحوضه‌های منطقه



شکل ۴: محل‌های نمونه‌برداری برای روش ژئوشیمیایی

پس از انتخاب ترکیب بهینه برای خصوصیات منشأیاب با استفاده از تحلیل تشخیص، برای تعیین سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع رسوب، از مدل‌های چند متغیره ترکیبی (Walling et al, ۱۹۹۹؛ Collins et al, ۱۹۹۸؛ و Bottrill et al, ۲۰۰۱)

۲۰۰۰، حکیم‌خانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ علی‌دوست و همکاران، ۱۳۹۱؛ فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۲) استفاده شده است.

در مدل‌های چندمتغیره ترکیبی از برنامه‌نویسی خطی برای حل تعدادی از معادلات استفاده می‌شود. در این مدل‌ها فرض بر این است که ترکیب و مخلوط‌شدن خصوصیات منشأیاب از منابع مختلف به صورت خطی است (Foster et al, ۲۰۰۲). از این رو می‌توان مدل یا معادله ترکیبی را برای هر یک از خصوصیات منشأیاب به صورت زیر نوشت:

$$\hat{X}_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله \hat{X}_i برابر با مقدار برآوردی خصوصیت i ام (m و ... و ۲ و ۱) a_{ij} ، مقدار میانگین خصوصیت i ام در منبع رسوب j ام (n و ... و ۲ و ۱) b_j ، سهم منبع رسوب j ام، n ، تعداد منابع رسوب و m ، تعداد خصوصیات منشأیاب است. برای هر یک از خصوصیات منشأیاب، معادله فوق تکرار می‌شود و بنابراین به تعداد خصوصیات، معادله وجود خواهد داشت و مدل چندمتغیره ترکیبی با تعدادی معادله مشخص خواهد شد. با حل این معادلات می‌توان سهم هر یک از منابع مختلف رسوب را به دست آورد.

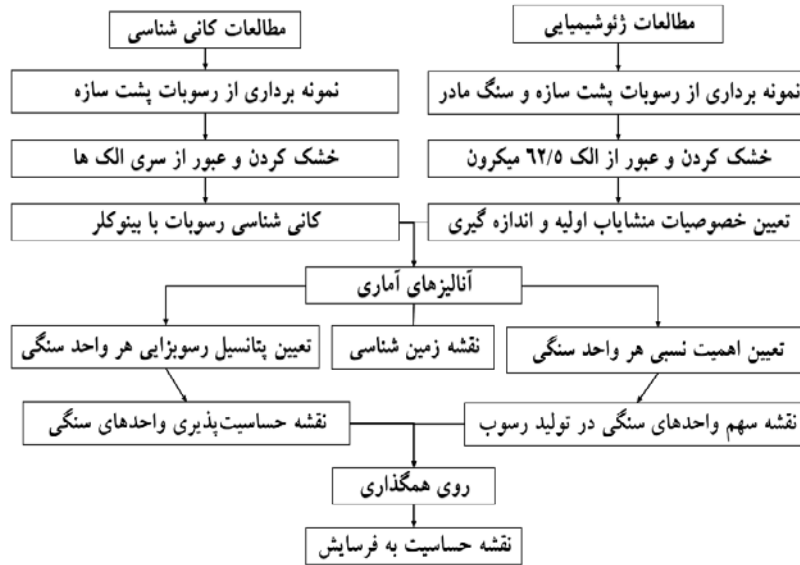
در مطالعات منشأیابی، روش‌هایی از جمله حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده (Russell et al, ۲۰۰۱ و Walling et al, ۱۹۹۹) یا حداقل کردن مجموع خطاهای نسبی (Bottrill et al, ۲۰۰۰) و یا هر دو (حکیم‌خانی، ۱۳۸۸) برای به دست آوردن سهم بهینه منابع رسوب برآورد شده توسط مدل‌های چندمتغیره ترکیبی استفاده شده است.

مجموع مربعات باقیمانده را با حذف تأثیر واحدهای مختلف اندازه‌گیری می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$R = \sum_{i=1}^m \left[\frac{X_i - (\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j z_j)}{X_i} \right]^2 \quad \text{رابطه ۳}$$

R ، مجموع مربعات باقیمانده و X_i مقدار اندازه‌گیری شده خصوصیت i ام در نمونه رسوب، z_j ضریب اصلاحی مواد آلی، m تعداد خصوصیات ردیاب و n تعداد متغیر گروه‌بندی (سازندهای زمین‌شناسی)، b_j ضریب سهم هر یک از منابع رسوب، a_{ij} مقدار میانگین ردیاب i ام در منبع رسوب j ام می‌باشد.

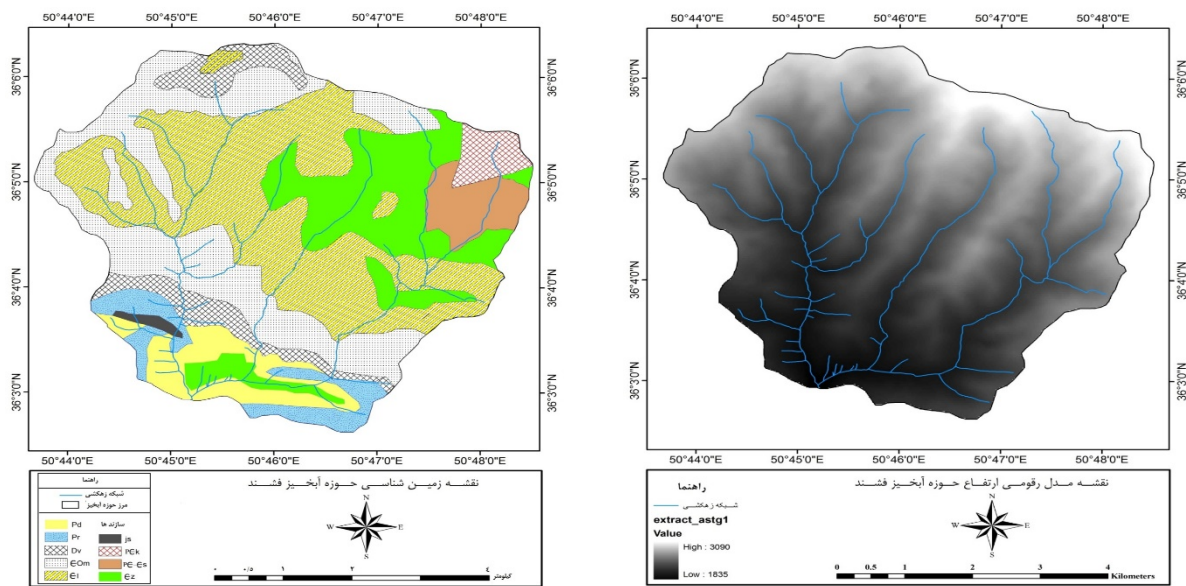
به این معادله تابع هدف نیز می‌گویند. جواب‌های بهینه برای سهم منابع رسوب با حداقل کردن معادله ۳ و با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا به دست می‌آید. بدین نحو که مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب (b_j) انتخاب شده و مقدار تابع هدف (R) محاسبه می‌شوند و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که R به کمترین مقدار خود برسند. برای بدست آوردن سهم بهینه رسوب برآورد شده توسط مدل‌های چندمتغیره ترکیبی استفاده شده است جواب بهینه برای سهم منابع رسوب با حداقل کردن این معادله و با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا و با در نظر گرفتن دو شرط $0 \leq b_j \leq 1$ و مجموع b_j ها باید برابر با یک باشد و با استفاده از ابزار solver در نرم‌افزار اکسل بدست می‌آید.



شکل ۵: نمودار جریان‌ی مراحل اجرای تحقیق

۳- یافته‌ها (نتایج)

نتایج مربوط به شبکه هیدروگرافی منطقه در شکل ۶ و همچنین نقشه زمین شناسی در شکل ۷ و خصوصیات سنگ‌شناسی واحدهای سنگی مختلف جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۷: نقشه زمین شناسی منطقه

شکل ۶: نقشه مدل رقومی ارتفاع و شبکه هیدروگرافی

بعد از تجزیه و تحلیل‌های آماری و بدست آوردن پتانسیل رسوب‌زایی در هر واحد سنگی به روش کانی‌شناسی در نهایت پتانسیل رسوب‌زایی واحدهای سنگی در کل حوزه آبخیز به روش کانی‌شناسی بدست آمد (جدول ۲) و در مرحله بعدی نقشه حساسیت سازندها به فرسایش با روش کانی‌شناسی بدست آمد (شکل ۸).

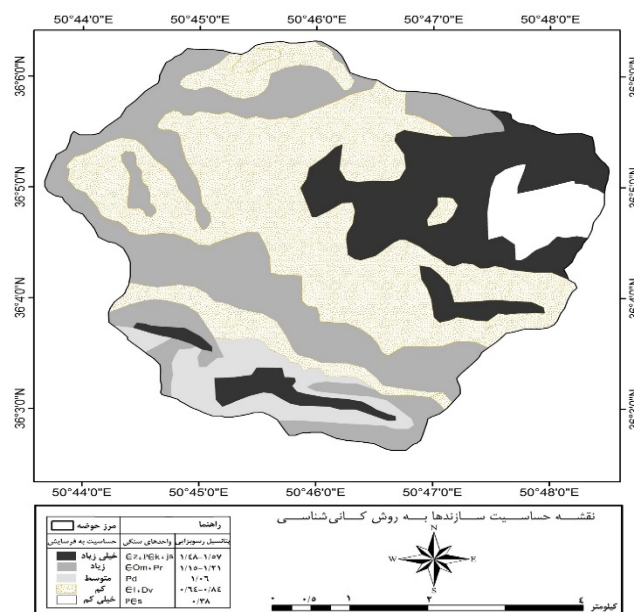
جدول ۱: خصوصیات زمین‌شناسی و گسترش واحدهای مختلف سنگی

سن دوران	دوره	خصوصیات سنگ‌شناسی	علامت	نام سازند	مساحت	
					هکتار	درصد
مزوزوئیک	ژوراسیک	گل سنگ و سیلت سنگ خاکستری با لایه‌هایی از ماسه سنگ، کنگلومرای خاکستری	Js	شمشک	۱۶/۵۶	۰/۵۱
پالئوزوئیک	پرمین	آهک (خاکستری)، دولومیت، لایه‌های گلی یا سیلتی	Pr	روته	۱۶۴/۰۷	۵/۰۳
	دونین	ماسه سنگ کوارتزی، با لایه‌های گل سنگ، سیلت سنگ یا آهک	Pd	درود	۲۰۳/۸۵	۶/۲۵
	کامبرو	گدازه‌های آتش‌فشانی دونین (آندزیت و بازالت)	Dv	دونین	۲۰۳/۳۶	۷/۰۶
	اردوئین	دولومیت، آهک، ماسه سنگ (کوارتزی) و شیل	Com	میلا	۷۶۷/۵۳	۲۳/۵۲
	کامبرین	ماسه سنگ قرمز (گل سنگ، سیلت سنگ، ماسه سنگ کوارتزی) (آندزیت و بازالت نفوذ کرده بصورت دایک)	EI	لالون	۱۰۹۷/۴۱	۳۳/۶۴
مرز کامبرین و پرکامبرین	کامبرین	شیل قرمز، سیلت سنگ و گل سنگ با لایه‌هایی از ماسه سنگ قرمز و آهک استروماتولیت	Ez	زاگون	۵۵۸/۹۹	۱۷/۱۳
	پرکامبرین	عمدتاً دولومیت	PCs	سلطانیه	۱۴۳/۷۰	۴/۴۰
	پرکامبرین بالا	شیل، سیلت سنگ و گل سنگ، کمی ماسه سنگ	Pck	کهر	۸۰/۱۹	۲/۴۶
مجموع						
					۳۲۶۲/۶۷	۱۰۰

جدول ۲: پتانسیل رسوب‌زایی واحدهای سنگی در کل حوزه آبخیز به روش کانی‌شناسی

واحد سنگی	Ez	Pck	Js	Com	Pr	Pd	EI	Dv	PCs
پتانسیل رسوب‌زایی	۱/۵۷	۱/۵۳	۱/۴۶	۱/۲۱	۱/۱۵	۱/۰۶	۰/۸۴	۰/۶۴	۰/۳۸
درصد پتانسیل رسوب‌زایی	۱۵/۹۵	۱۵/۵۴	۱۴/۸۵	۱۲/۲۶	۱۱/۶۸	۱۰/۷۸	۸/۵۴	۶/۵۲	۳/۸۸
مساحت (درصد)	۱۷/۱۳	۲/۴۶	۰/۵۱	۲۳/۵۲	۵/۰۳	۶/۲۵	۳۳/۶۴	۷/۰۶	۴/۴۰
حساسیت به فرسایش	خیلی زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	کم	کم	خیلی کم

$$Y = 1/57 Ez + 1/53 Pck + 1/46 Js + 1/21 Com + 1/15 Pr + 1/06 Pd + 0/84 EI + 0/64 Dv + 0/38 PCs$$



شکل ۸: نقشه حساسیت سازندها به فرسایش به روش کانی‌شناسی

آماره‌های توصیفی هر کدام از خصوصیات منشأیاب اولیه در نمونه‌های رسوب و جدول ۳ و آماره‌های توصیفی هر کدام از خصوصیات منشأیاب اولیه در نمونه‌های منابع رسوب در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۳: آماره‌های توصیفی خصوصیات منشأیاب اولیه در نمونه‌های رسوب

عناصر	کربنات	بی‌کربنات	کلر	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	سدیم	ازت	فسفر	ماده آلی	آهک
میانگین	۰/۱۰	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۹۸	۰/۸۱	۰/۴۲	۳/۲	۰/۰۳	۰/۶۷	۰/۸۸	۵/۸۶
انحراف معیار	۰/۲۹	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۸۷	۰/۵۹	۰/۴۲	۱/۵	۰/۰۳	۰/۵۲	۰/۷۷	۴/۰۸
مینیمم	۰/۰۰	۱/۰۲	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۲۴	۱/۶	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۴۲
ماکسیمم	۱/۰۰	۴/۱۴	۱/۵۰	۴/۸۰	۳/۲۰	۲/۷۳	۸/۹	۰/۱۸	۲/۴۳	۴/۶۰	۱۶/۲۵

غلظت تمامی عناصر به پی‌پی‌ام و ماده آلی و آهک به درصد بیان شده است.

جدول ۴: آماره‌های توصیفی خصوصیات منشأیاب اولیه در نمونه‌های منابع رسوب

عناصر	بیکربنات	کلر	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	سدیم	ازت	فسفر	ماده آلی	آهک
میانگین	۱/۶۶	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۶۳	۲/۹	۰/۰۴	۱/۷۰	۰/۸۲	۷/۲۹
انحراف معیار	۰/۵۱	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۷۵	۰/۶	۰/۰۲	۲/۴۴	۰/۳۶	۷/۷۶
حداقل	۰/۹۳	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۲۴	۱/۲	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۰۹
حداکثر	۲/۵۴	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۸۷	۲/۶۴	۱/۴	۰/۰۸	۸/۱۲	۱/۳۲	۲۸/۳۴

غلظت تمامی عناصر به پی‌پی‌ام و ماده آلی و آهک به درصد بیان شده است.

جدول ۵ نشان‌دهنده ماتریس ساختار آنالیز تشخیص می‌باشد به طوری که در نهایت پنج عنصر فسفر، ماده آلی، کلر، بی‌کربنات، ازت و آهک مناسب شناخته شده‌اند.

جدول ۵: ماتریس ساختار

توابع	۱	۲	۳	۴	۵	۶
سدیم ^a	۰/۵۸۰*	-۰/۲۰۶	۰/۲۵۶	۰/۰۵۳	۰/۲۲۳	۰/۱۵۲
کلسیم ^a	۰/۴۹۳*	۰/۲۹۲	-۰/۰۸۳	-۰/۱۴۳	۰/۰۱۳	۰/۱۴۱
فسفر	۰/۱۸۳	-۰/۰۲*	۰/۱۲۶	۰/۱۳۹	۰/۲۲۳	۰/۴۸۸
کلر	-۰/۲۱۰	۰/۱۷۹	۰/۸۸۱*	-۰/۱۴۲	-۰/۱۶۳	۰/۳۱۷
بی‌کربنات	۰/۰۳۵	۰/۲۰۷	-۰/۰۵۷	۰/۹۲۷*	۰/۲۹۴	۰/۰۸۷
آهک	-۰/۰۶۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۰	-۰/۰۷۳	۰/۹۳۰*	-۰/۳۴۶
ازت	۰/۳۳۳	-۰/۰۰۲	-۰/۲۱۷	-۰/۰۱۵	۰/۳۰۴	۰/۸۶۶*
ماده آلی	۰/۴۹۸	-۰/۱۲۵	۰/۴۶۷	۰/۳۰۲	-۰/۱۴۶	-۰/۶۳۷*
پتاسیم ^a	-۰/۲۸۰	۰/۱۳۴	۰/۰۲۹	-۰/۱۵۳	-۰/۱۴۲	-۰/۴۰۳*
منیزیم ^a	۰/۲۷۲	-۰/۱۱۸	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۰۷	۰/۰۷۰	۰/۳۷۵*

همبستگی بین گروهی کلی بین متغیرهای تشخیص داده شده و توابع کانونی استاندارد

متغیرهایی که بر اساس اندازه مطلق، در همبستگی با تابع، مرتب شده‌اند.

^{a/} متغیرهایی که در آنالیز استفاده نشده‌اند. * بزرگترین همبستگی مطلق بین هر متغیر و تابع تشخیص

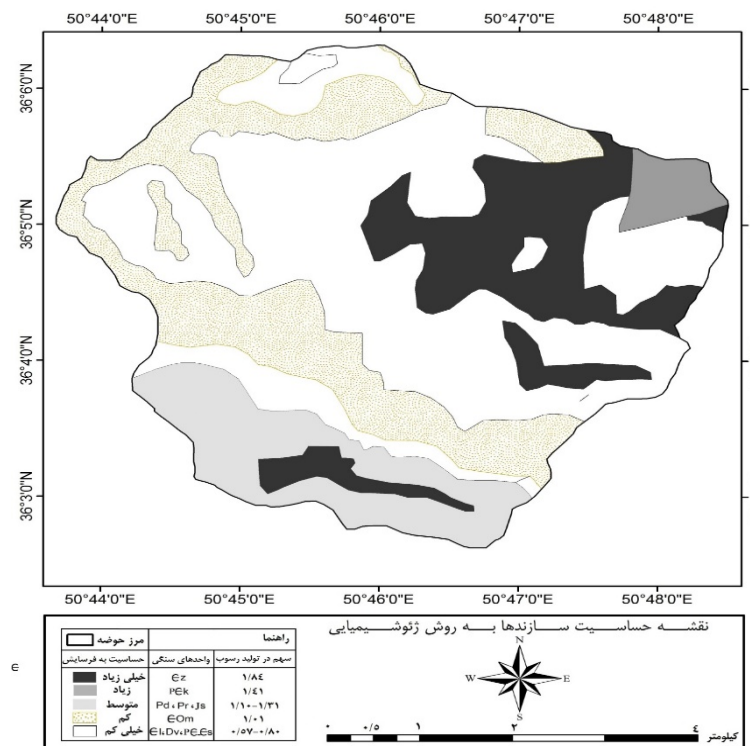
بعد از انجام محاسبات آماری سهم در تولید رسوب و درصد اهمیت نسبی واحدهای سنگی در کل حوزه آبخیز به روش ژئوشیمیایی بدست آمد و در جدول ۶ ذکر گردیده است.

جدول ۶: سهم در تولید رسوب و درصد اهمیت نسبی واحدهای سنگی در کل حوزه آبخیز به روش ژئوشیمیایی

واحد سنگی	Ez	PEk	Js	Pr	Pd	Com	Cl	Dv	PE-Es
سهم در تولید رسوب	۱/۸۴	۱/۴۱	۱/۳۱	۱/۲۵	۱/۱۰	۱/۰۱	۰/۸۰	۰/۷۱	۰/۵۷
سهم در تولید رسوب (درصد)	۱۸/۴۰	۱۴/۰۶	۱۳/۰۸	۱۲/۵۳	۱۱/۰۱	۱۰/۱۲	۷/۹۹	۷/۱۰	۵/۷۱
مساحت (درصد)	۱۷/۱۳	۲/۴۶	۰/۵۱	۵/۰۳	۶/۲۵	۲۳/۵۲	۳۳/۶۴	۷/۰۶	۴/۴۰
اهمیت نسبی	۳۱/۵۶	۳/۴۶	۰/۶۶	۶/۳۱	۶/۸۹	۲۳/۸۵	۲۶/۹۳	۵/۰۲	۲/۵۲
اهمیت نسبی (درصد)	۲۹/۴۴	۳/۲۳	۰/۶۲	۵/۸۹	۶/۴۳	۲۲/۲۴	۲۵/۱۲	۴/۶۸	۲/۳۵
سهم در تولید رسوب	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	کم	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم

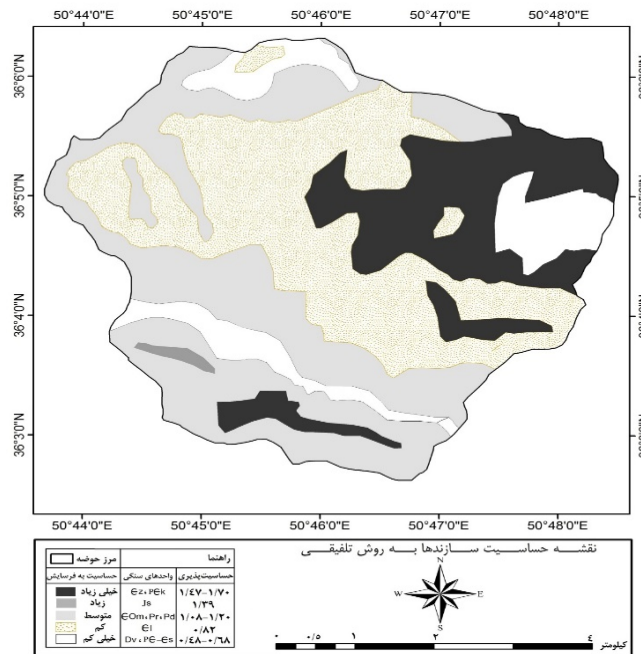
$$Y=1/84 Ez+1/41 PEk+1/31Js+1/25Pr+1/10Pd+1/01 Com+0/80 Cl+0/71Dv+0/57 PEs$$

در نهایت نقشه سهم واحدهای سنگی در تولید رسوب با روش ژئوشیمیایی در نرم افزار **ARC Gis 9.3** بدست آمد و در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹: نقشه سهم واحدهای سنگی در تولید رسوب با روش ژئوشیمیایی

در مرحله آخر با استفاده از روی هم‌گذاری نقشه‌های بدست آمده از مطالعات کانی‌شناسی و مطالعات ژئوشیمیایی نقشه تلفیقی حساسیت به فرسایش حوزه آبخیز فشنده بدست آمد و در شکل ۱۰ قابل مشاهده است و همچنین در صد اهمیت نسبی واحدهای سنگی در کل حوزه آبخیز به روش تلفیقی نیز در جدول ۷ آورده شده است.



شکل ۱۰: نقشه حساسیت به فرسایش تلفیقی

جدول ۷: نتایج حاصل از تلفیق روش کانی شناسی و ژئوشیمیایی

Js	Pr	Pd	Dv	Com	El	Ez	PCs	Pck	
۱/۴۶	۱/۱۵	۱/۰۶	۰/۶۴	۱/۲۱	۰/۸۴	۱/۵۷	۰/۳۸	۱/۵۳	کانی شناسی
۱/۳۱	۱/۲۵	۱/۱۰	۰/۷۱	۱/۰۱	۰/۸۰	۱/۸۴	۰/۵۷	۱/۴۱	ژئوشیمیایی
۱/۳۹	۱/۲۰	۱/۰۸	۰/۶۸	۱/۱۱	۰/۸۲	۱/۷۰	۰/۴۸	۱/۴۷	تلفیقی
۰/۵۱	۵/۰۳	۶/۲۵	۷/۰۶	۲۳/۵۲	۳۳/۶۴	۱۷/۱۳	۴/۴۰	۰/۴۶	مساحت (درصد)
۰/۷۱	۶/۰۴	۶/۷۵	۴/۸۰	۲۶/۱۱	۲۷/۵۸	۲۹/۱۲	۲/۱۱	۳/۶۲	اهمیت نسبی
۰/۶۶	۵/۶۵	۶/۳۲	۴/۴۹	۲۴/۴۴	۲۵/۸۱	۲۷/۲۶	۱/۹۷	۳/۳۹	اهمیت نسبی (درصد)
زیاد	متوسط	متوسط	خیلی کم	متوسط	کم	خیلی زیاد	خیلی کم	خیلی زیاد	حساسیت پذیری

$$Y = 1/70 Ez + 1/53 Pck + 1/39 Js + 1/20 Pr + 1/11 Com + 1/08 Pd + 0/82 El + 0/68 Dv + 0/48 PCs$$

۴- بحث و نتیجه گیری

مطالعات کانی شناسی در حوزه آبخیز فشند بیانگر این بود که واحد سنگی Ez با پتانسیل رسوبزایی ۱/۵۷ بیشترین سهم را در ایجاد فرسایش و تولید رسوب بر عهده دارد. واحد سنگی Pck با پتانسیل رسوبزایی ۱/۵۳ و واحد سنگی Js با پتانسیل رسوبزایی ۱/۴۶ به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم اهمیت از نظر فرسایش و تولید رسوب قرار دارد و بعد از آن به ترتیب واحد سنگی Com با ۱/۲۱، واحد سنگی Pr با ۱/۱۵، واحد سنگی Pd با ۱/۰۶، واحد سنگی El با ۰/۸۴، واحد سنگی Dv با ۰/۶۴ و واحد سنگی PCs با ۰/۳۸ در درجات اهمیت بعد قرار دارد.

مطابق نتایج بدست آمده از روش ژئوشیمیایی واحد سنگی Ez با فرسایش پذیری ۱/۸۴، بیشترین سهم را در تولید رسوب حوزه آبخیز بر عهده دارد. واحد سنگی Pck با ۱/۴۱، واحد سنگی Js با ۱/۳۱، واحد سنگی Pr با ۱/۲۵، واحد سنگی Pd با ۱/۱۰، واحد سنگی Com با ۱/۰۱، واحد سنگی El با ۰/۸۰، واحد سنگی Dv با ۰/۷۱ و واحد سنگی PCs با ۰/۵۷ در درجات اهمیت بعد قرار دارد.

نتایج حاصل از دو روش کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی تا حدود زیادی با هم متناسب بوده به گونه‌ای که در هر دو روش واحد سنگی Cz به‌عنوان حساس‌ترین واحد از نظر فرسایش و تولید رسوب در نظر گرفته شده است با این تفاوت که در روش ژئوشیمیایی حساسیت آن شدیدتر از روش کانی‌شناسی بدست آمده است. این واحد با حساسیت کلی ۱/۷ از شیل قرمز، سیلت سنگ و گل سنگ با لایه‌هایی از ماسه سنگ قرمز و آهک استروماتولیت تشکیل شده و مربوط به دوران کامبرین بوده و شیب نسبتاً تند در سمت شمال شرق حوضه گسترش داشته و ۱۷/۱۳٪ از مساحت حوضه را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین واحد سنگی PCs با فرسایش‌پذیری ۰/۴۸ که عمدتاً از دولومیت تشکیل شده است مقاوم‌ترین واحد سنگی نسبت به فرسایش در منطقه می‌باشد.

پتانسیل رسوبزایی واحد سنگی Dv برابر ۰/۶۸ است ولی با وجود گدازه‌های آتشفشانی تیره و قرمز و قهوه‌ای دونین (آندزیت و بازالت) در این واحد انتظار می‌رود که این واحد بسیار مقاوم به فرسایش باشد ولی با بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که این واحد تا حدودی مسطح‌تر و روشن‌تر شده است که نشان می‌دهد طی فرایند دگرسازی^۱، کمی رسی شده است و حساسیت به فرسایش آن مقداری افزایش یافته است.

نتایج روش تلفیقی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی با نتایج صمدی ارقینی (۱۳۹۲) مطابقت نشان می‌دهد بطوری که در هر دو مطالعه سازند زاگون به‌عنوان حساس‌ترین واحد سنگی از نظر تولید رسوب و فرسایش معرفی شده است. همچنین با مطالعات موسوی حرمی (۱۳۸۶) که وجود آهک در واحد سنگی را دلیلی بر مقاومت بودن واحد سنگی می‌داند، مطابقت ندارد که این موضوع در مطالعات شریفی (۱۳۹۱) و صمدی ارقینی (۱۳۹۲) مورد تأیید می‌باشد.

در این تحقیق واحدهای مختلف سنگ‌شناسی موجود در حوضه با استفاده از دو روش کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی از نظر حساسیت طبقه‌بندی شد که از این مطالعات می‌توان برای اقدامات آبخیزداری جدید در منطقه استفاده کرد همچنین با توجه به کم‌هزینه‌بودن این روش‌ها، از این مطالعات می‌توان در حوزه‌های آبخیز دیگر به منظور تعیین حساسیت‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی منطقه و در نهایت حساسیت‌پذیری منطقه از نظر فرسایش و تولید رسوب بهره جست.

فهرست منابع

۱. علی‌دوست، ا.، اسدی، ح.، پیرولی بیرانوند، ن.، موسوی، س.ع.، بلوری، ل. ۱۳۹۱. کاربرد روش انگشت‌نگاری چندپارامتری به منظور منشایابی رسوبات، مطالعه موردی: غرب استان گیلان. تحقیقات آب و خاک ایران. شماره ۴۳، صفحات ۲۸۹-۲۹۵.
۲. حکیم‌خانی، ش.، احمدی، ح.، غیومیان، ج. ۱۳۸۸. تعیین سهم فرسایش‌های سطحی و زیرسطحی در تولید رسوب با استفاده از روش منشایابی در حوزه آبخیز مرگن-ماکو. دانش آب و خاک. جلد ۱۹، شماره ۱، صفحات ۸۳-۹۶.
۳. حیدری، ک.، نجفی‌نژاد، ع.، خرمالی، ف.، بابانژاد، م. ۱۳۹۲. تعیین سهم واحدهای کاری در تولید رسوب معلق با استفاده از روش منشایابی رسوب (مطالعه موردی: آبخیز تول‌بنه، استان گلستان). پژوهش‌های فرسایش محیطی. شماره ۱۰، صفحات ۷۶-۶۵.
۴. فیض‌نیا، س. ۱۳۸۷. رسوب‌شناسی کاربردی با تأکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب، چاپ اول. انتشارات دانشکده علوم کشاورزی و منبع طبیعی گرگان.

¹ Alteration

۵. فیض‌نیا، س.، یونس‌زاده جلیلی، س.، احمدی، ح. ۱۳۹۲. تعیین ترکیب مناسبی از عناصر ژئوشیمیایی برای بررسی اهمیت نسبی واحدهای سنگ‌شناسی حوزه آبخیز خور و سفیدارک در تولید رسوب. مرتع و آبخیزداری. دوره ۶۶ شماره ۴، صفحات ۶۳۳-۶۴۶.

6. Blake, W.H., Ficken, K.J., Taylor, P., Russell, M.A., Walling, D.E. 2012. Tracing crop-specific sediment sources in agricultural catchments. *Geomorphology*. 139-140: 322-329.
7. Bottrill, L.J., Walling, D.E., Leeks, G.J.L. 2000. Using recent over bank deposits to investigate contemporary sediment sources in large river systems. In: Foster, I.D.L. (Ed.), *Tracers in Geomorphology*. Wiley, Chichester: 369-387.
8. Collins, A.L., Walling, D.E., Leeks, G.J.L. 1998. Use of composite fingerprinting to determine the provenance of the contemporary suspended sediment load transported by rivers. *Earth Surface processes and Landforms*. 23: 31-52.
9. Collins, A.L., Walling, D.E., Sickingabula, H.M., Leeks, G.J.L. 2001. Using ¹³⁷Cs measurements to quantify soil erosion and redistribution rates for areas under different land use in the Upper Kaleya River basin, southern Zambia. *Geoderma*. 104: 299-323.
10. Collins, A.L., Walling, D.E. 2002. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology*. 261: 218-244.
11. Collins, A.L., Walling, D.E. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Progress in Physical Geography*. 28: 159-196.
12. Davis, R.J., Gregory, K.J. 1994. A new distinct mechanism of river bank erosion in a forested catchment. *Journal of Hydrology*. 157: 1-11.
13. Foster, I.D.L., Lees, J.A., Jones, A.R., Chapman, A.S., Turner, S.E. 2002. The possible role of agricultural land drains in sediment delivery to a small reservoir, Worcestershire, UK: a multi parameter fingerprint study. *IAHS Publication*. 276: 433-442.
14. Hair, J.F., Andersen, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. 1998. *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey.
15. Krause, A.K., Franks, S.W., Kalma, J.D., Loughran, R.J., Rowan, J.S. 2003. Multi-parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena*. 53: 327-348.
16. Peart, M.R., Walling, D.E. 1988. Techniques for establishing suspended sediment sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment, Pp. 269-279. In: Bordas MP and Walling DE (eds), *Sediment budgets*. IAHS Publication. 174, Wallingford.
17. Pulley, S., Foster, I., Antunes, P. 2015. The uncertainties associated with sediment fingerprinting suspended and recently deposited fluvial sediment in the Nene river basin. *Geomorphology*. 228: 303-319.
18. Russell, M.A., Walling, D.E., Hodgkinson, R.A. 2001. Suspended sediment sources in two small lowland agricultural catchments in the UK. *Journal of hydrology*. 252: 1-24.
19. Smith, H.G., Blake, W.H. 2014. Sediment fingerprinting in agricultural catchments: A critical re-examination of source discrimination and data corrections. *Geomorphology*. 204: 177-191.
20. Walling, D.E., Woodward, J.C. 1995. Tracing sources of suspended sediment in river basins: a case study of the River Culm, Devon, UK. *Marine and Freshwater Research*. 46: 327-336.
21. Walling, D.E., Owens, P.N., Leeks, G.J.L. 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the river Ouse, Yorkshire, UK. *Hydrological Processes*. 13: 955-975.
22. Walling, D.E. 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment*. 344: 159-184.
23. Walling, D.E., Collins, A.L., Stroud, R.W. 2008. Tracing suspended sediment and particulate phosphorus sources in catchments. *Journal of Hydrology*. 350: 274-289.



Environmental Erosion Research

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



Erosion susceptibility assessment using mineralogical and geochemical methods (Case Study: Fashand Catchment)

Teimurian, T.^{1*}, Feiznia, S.¹, Seyedalikhani, S.D.², Samadi Arghini, H.³

¹. Rangeland & Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

². Department of Natural Resources, Savejbolagh

³. Rangeland & Watershed Management Department, Faculty of Agricultural & Natural Resources, Gorgan University

Abstract

The most crucial to operate in soil conservation and sediment control programs require identification of areas prone to erosion and these days used fingerprinting method around the world to determine the contribution of sediments transported. In this study, in order to gain optimized share of the estimated sediment resources, used of tracking feature and finally presented the map susceptibility to erosion in the Fashand Catchment to area of 3247 hectares according to the mineralogical and geochemical studies. The results of mineralogical studies suggest that the Zagon formation with 17.13% of the watershed area has the greatest Sediment potential (57/1) in the region and also the results of geochemical methods are showing more sensitivity Zagon formation the share of deposits has been 1.84. The results detection analysis is shown that of 11-element analysis in this research, have been appropriate the elements phosphorus, chloride, bicarbonate, lime, nitrogen and organic matter in order to separate the sediment sources. The results of mineralogical and geochemical methods have been largely fits together.

Article History:

Received:

April 27, 2015

Revised:

January 28, 2016

Accepted:

February 27, 2016

Keywords:

Tracer

statistical analysis

mineralogical

geochemical

Fashand

Catchment

* Corresponding Author Email: t.teimurian@ut.ac.ir