نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۴۴، بهار ۹۶

برآورد فرسایش خاک درحوضه سفیدرود با تاکید بر نقش لندفرم ها

دریافت مقاله:۹۵/۲/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۶/۱/۲۸

صفحات:۲۲۱-۲۰۱

علیرضا جعفرزاده اسطلخ کوهی: دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه ملی علوم جمهوری آذربایجان باکو، آذربایجان[1]

Email:alirezajafarzadeh@yahoo.com

پرویزرضائی: دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه آزاداسلامی واحدرشت، رشت، ایران

Email:rezaei@iaurasht. ac.ir

چکیده

درمیان فرایندهای مختلف تخریب اراضی، فرسایش خاک تهدیدی جدی برای حفاظت منابع خاک و آب کشورمان است، که با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوائل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است و یکی از فرایندهای پیچیده و خطرساز محیطی است. در تحقیق مورد نظر با روش تحقیق تحلیلی-توصیفی و استفاده از مدل پسیاک در مطالعه فرسایش در مقایسه با سایر روش‌ها و مدل‌های تجربی با مطالعه تاثیر ۹ عامل مهم و موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب از طریق امتیازدهی عددی درون لایه‌ای به عوامل نه‌گانه موثربر فرسایش درقسمت‌های مختلف حوضه سفیدرود ارزیابی گردید. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایشی و لندفرم و نیز نقشه‌های پهنه‌بندی عوامل نه-گانه استخراج گردید. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که ۷۷ درصد از اراضی لندفرم‌های جلگه‌ای در منطقه با فرسایش بسیارکم و ۲۳ درصد دارای فرسایش کم هستند و در لندفرم کوهپایه‌ای ۱۴ درصد فرسایش بسیار زیاد ۵۵ درصد با فرسایش زیاد، ۳۱ درصد در مناطق با فرسایش متوسط و کم قرار دارند و در لندفرم کوهستانی ۱۷ درصد اراضی دارای فرسایش بسیار زیاد، ۵۸ درصد در فرسایش زیاد و ۲۵ درصد در فرسایش متوسط قرار دارند. همانطور که دیده می‌شود هر چه ارتفاع افزایش می‌یابد نوع فرسایش از فرسایش بسیار کم به فرسایش بسیار زیاد تبدیل می‌گردد و این به مفهوم وجود مشکلات فراوان در مراتع و منابع طبیعی است. به طور کلی با توجه به مطالعه عوامل نه‌گانه موثر در مدل فرسایش خاک (پسیاک) این نتیجه بدست می‌آید که مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش داشته و عوامل موثر بر فرسایش در این مناطق فعالیت بیشتری دارند.

کلید واژگان: فرسایش آبی، مدل پسیاک، لندفرم، سفیدرود، سیستم اطلاعات جغرافیایی

۱.نویسنده مسئول: گیلان- رشت- دانشگاه آزاد اسلامی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

مقدمه

زمین سیستمی پویا است که تغییر و تحول یکی از ویژگیهای اساسی آن است و این تغییرات با دوران‌های زمین‌شناسی شناخته می‌شود در میان دوران‌های مختلف زمین‌شناسی، دوران چهارم بسیار حائز اهمیت است. زیرا در این دوران با تغییرات اقلیمی، تکامل و توسعه و گسترش پدیده‌های فرسایشی همچون مخروط افکنه‌ها توام بوده است (میرصادقی،۱۳۹۳). فرسایش از حدود ۷۰۰۰ سال قبل سبب سقوط تمدن های بزرگی شده است در حالی که انسان آن روزگار اطلاع چندانی از این پدیده نداشت. این اصطلاح اولین بار توسط پنک (Penk) در سال ۱۸۹۴ و برای توضیح فرآیند شکل‌گیری دره‌ها به کار گرفته است(رفاهی، ۱۳۸۸: ۱۵). اولین تحقیقات علمی در زمینه فرسایش در سال‌های آخر قرن نوزدهم توسط ولنی (Wollny) دانشمند آلمانی انجام گرفت و به دنبال آن نخستین آزمایشات کمی در آمریکا و به سال ۱۹۱۵ عملی گردید (رفاهی، ۱۳۷۵). الیسون (Ellisoin) اولین کسی بود که مطالعه بر روی عمل مکانیکی قطرات باران برخاک را در سال ۱۹۴۴ به انجام رسانید (رفاهی، ۱۳۸۸: ۲۳). بعدها ویشمایر و اسمیت(Wischmeier & Smith,1978) با به کارگیری فنون پیشرفته توانستند فرسایش را به طور کمی تعیین نمایند و ماحصل کار آن‌ها ابداع و به کارگیری معادله جهانی فرسایش (Universal Soil Loess equation) خاک بود (رفاهی، ۱۳۸۸: ۲۴). اولین گزارش کامل در مورد فرسایش خاک در ایران در سال ۱۳۲۷ خورشیدی توسط کارشناسان فائو (FAO) منتشر شد که در پی این گزارش در همان سال کمیته حفاظت خاک در سازمان جنگل‌ها به وجود آمد. در سال ۱۳۴۶ بخش حفاظت آب و خاک در موسسه خاک‌شناسی دایر گردید و سپس در سال ۱۳۵۱ دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری تشکیل گردید. امروزه فرسایش خاک در تمام جهان به عنوان خطری جدی برای انسان و برای حیات او شناخته شده است. میزان فرسایش و رسوبگذاری در مخازن سدها در کشور به استناد آمار وزارت نیرو به حدود۲۵۰میلیون مترمکعب در سال می‌رسد. به عبارت دیگرسالانه ۲۵۰میلیون مترمکعب ازحجم مخازن سدها کاسته می‌شود میزان فرسایش خاک در جهان ۷۵میلیارد تن است که سهم ایران حدود دومیلیارد تن و حدود سه برابر متوسط فرسایش خاک درآسیاست. (بیرامی و موسوی. ۱۳۸۷) حد مجاز فرسایش در حوضه‌های آبخیز به شرح ذیل است:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

جدول۱). وضعیت فرسایش و رسوب

اراضی	رسوب (تن در هکتار)
زمینهای دست نخورده	۲/۱
زمینهای تحت کشت اصولی	۴
زمینهای تحت کشت غیراصولی	۵/۱۲

ماخذ: معاونت آبخیزداری کشور۱۳۸۸

مجرد آشناآباد، و روحانی(۱۳۸۹: ۴۷) نیز در تحقیق خود تحت عنوان «فرسایش خاک، چالش‌ها، هزینه‌ها و سودهای حفاظت از آن» با بررسی نتایج ارزش‌گذاری‌های اقتصادی خسارات فرسایش در نقاط مختلف زمین و انجام هزینه– سود به اهمیت ارزش‌گذاری اقتصادی فرسایش و ضرورت حفاظت از خاک پرداخته‌اند.

هم اکنون مطالعات جهت برآورد کمی فرسایش خاک با بهره‌جویی از مدل‌های تجربی گوناگون مانند فورنیه (Fournier)، مدل(SLEMSA) ، روش دفتر مدیریت اراضی (BLM) روش جعبه سیاه، مدل EPM ادامه دارد (رفاهی،۱۳۸۲: ۲۸۴). یکی از این مدل‌ها، مدل PSIAC است که در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته مدیریت آب در آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه‌خشک غرب ایالات‌متحده‌آمریکا ارائه شده و برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۵۲ در حوضه آبخیز سد دز استفاده شد. مدل‌های برآورد میزان فرسایش شامل روش‌های داگلاس، فورنیه، کرک‌بای، EPM و PSIAC را مقایسه نموده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که بین روش‌های مذکور، روش PSIAC مناسب‌ترین روش برای تخمین فرسایش و رسوب درایران می‌باشد. این روش در برخی از حوضه‌های دیگر مانند زاینده‌رود مورد استفاده قرار گرفت. درحال حاضر نیز برای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح‌های جامع کشور از این روش استفاده می‌شود (مقیمی، محمودی،۱۳۸۳ :۱۶۷). داوری، بهرامی و قدوسی(۱۳۸۴) نیز فرسایش و رسوب را با استفاده از مدل اصلاح شده PSIAC در حوزه آبخیز نوژیان برآورد نموده‌اند.

رودخانه سفیدرود نیز مانند بسیاری از اکوسیستم‌های طبیعی دارای حالت تحول و پویایی است این تحول دوره‌های مختلفی از جوانی ـ بلوغ و پیری رودخانه را شامل می‌شود حال اگر عوامل غیرطبیعی باعث تغییرات در این سیر طبیعی گردند رودخانه جهت رسیدن به روند طبیعی خود واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهد که عمده‌ترین این تحولات فرسایش بستر و کناره‌های رود و یا تغییرات در مسیر خود است. این پدیده‌ها ممکن است با تغییر عوامل دیگری چون اقلیم تشدید یابد. رودخانه‌های واقع در محدوده مورد مطالعه و بخصوص رودخانه سفیدرود نیز که از گذشته‌های دور با تأسیسات مختلف نظیر سد و پل مورد تحولات بسیاری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

قرار گرفته است در حال حاضر یک رودخانه مهار شده از لحاظ سیلاب در پایین دست خود می باشد. (میرصادقی، ۱۳۹۳) از سوی دیگر تحقیقات نشان داده‌اند که یک آب گل‌آلود بیشتر می تواند خاک بستر خود را جابجا کند تا یک آب زلال. (علیزاده،۱۳۹۱: ۸۳۲). وجود دره‌های باریک و پرپیچ و خم در برخی مناطق تنها راه ارتباطی برای ورود به مناطق شمالی به حساب می‌آید که در این راستا یکی از کوتاه‌ترین مسیرارتباطی وجود دره سفیدرود می‌باشد. براساس اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی این منطقه دارای سازنده بسیار ضعیف و در برابر برخی فرآیندهای ژئومورفولوژی نظیر لغزش، فرسایش و سیل و زلزله بسیار حساس می‌باشد، لذا براساس وقوع حوادث طبیعی در ادوار گذشته و نقش تأثیر زیانبار آن در زندگی ساکنان این منطقه و از طرفی دیگر احداث راه‌های زمینی و ریلی، شهرک‌های صنعتی و تراکم جمعیت می‌تواند یکی از دلایل انتخاب موضوع فوق باشد. در دهه‌های اخیر جوامع بشری با اطلاع از تأثیرات زیانبار خطرات ناشی از حرکات توده‌ای، به فکر چاره‌جویی افتاده است و از جهت شناسایی، کاهش خطرات و پیشگیری از حوادث ناشی از فرآیندهای ژئومورفولوژیک در واحدهای مختلف گام‌های جدی برداشته است. این مطالعات در منابع طبیعی از دهه ۱۹۶۰ نقش پوشش گیاهی در پایداری دامنه‌ها تحت بررسی‌های گسترده قرار گرفت (Paradini،& loylin، ۱۹۶۱) (Dcrose ۱۹۹۱)، (Dunford ۱۹۸۳).

تأثیر عوامل مورفوتکتونیک درحرکات توده‌ای توسط پارلمان زمین‌شناسی ماساچوست آمریکا در سال ۱۹۹۲ به منظور بررسی عوامل ژئوتکتونیک در ایجاد حرکات دامنه‌ی در طی سال ۱۹۶۰ توسط (peck۱۹۵۳)، (zaruba ۱۹۶۹)، (fukouka ۱۹۵۳) مورد مطالعه قرار گرفت. والکر و همکاران در تحقیق خود نتایج سیسموتکتونیکی زلزله مخرب سال ۱۹۹۰ در رودبار را تحلیل و ارزیابی نموده‌اند. همچنین در زمینه زلزله‌های تاریخی در غرب البرز و زلزله‌خیزی منطقه رودبار را مورد تحقیق قرار داده‌اند. از موارد جالب تحقیق، به هنگام ارائه تحلیل استفاده از اطلاعات درمورد گسل توپوگرافی رادار (STRM) و عکس‌های فضا رادیومتری (Aster) است.

ج. ف. ریتز و همکاران(۲۰۰۶) در تحقیق خود تحت عنوان «حرکات فعال در البرز مرکزی» به تحلیل ژئودینامیکی منطقه جنوب خزر در شمال ایران و مورفوتکتونیکی البرز مرکزی پرداخته‌اند. دراین تحقیق به چگونگی و چشم انداز فعالیت گسل بخوبی توجه شده است. نتیجه تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهدکه، بطور کلی گسل‌های فعال درالبرز مرکزی به دلیل جابجایی سولی یونیوم است.

ب.گست و همکاران (۲۰۰۶) درتحقیق خود به تحلیل تاریخی توسعه تکتونیکی در سنوزوئیک فوقانی شمال ایران و بخش غربی البرز مرکزی پرداخته‌اند. یکی از بخش‌های جالب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

و مورد توجه مقاله متفاوت با سایر تحقیقات، انجام تحقیق همزمان درگسل و چین خوردگی منطقه می‌باشد. مکانیزم ایجاد چین‌خوردگی و چگونگی ایجاد آنها مورد تحلیل قرار گرفته است.

طبقه‌بندی و مطالعه کلاسیک حرکات دامنه‌ای در ژئومورفولوژی توسط محققین ازقبیل (چینسون، Huanchison۱۹۸۸)، (شارپ،Sharpe۱۹۳۸) و (وارنس،varnes ۱۹۷۸) انجام گرفت.

در کشور ما اولین مطالعات در این زمینه توسط مهندسین آب و خاک و زمین‌شناسان وزارت نیرو در سال ۱۳۵۳ در سرشاخه‌های حوضه آبخیز سد کرج انجام گرفت.

درمورد فعالیت تکتونیکی حوضه رودخانه قزل‌اوزن که در ایجادکوه‌های البرز و رودخانه سفیدرود نقش داشته تحقیقات متعددی وجود دارد. تودوشکی و همکاران(۲۰۱۱)، خاوری و همکاران (۲۰۱۰)، مهرجردی و قیومیان(۲۰۱۰)، این تحقیقات در حوضه رودخانه‌ها به ریخت-شناسی موفولوژیکی ناهنجاری‌ها پرداخته و نقش گسل‌های لرزه‌ای در ایجاد آنها ارزیابی شده است. کامیابی(۱۳۸۶) در تحقیق خود به ارائه راهکارهای مختلف به منظور پیشگیری و کاهش خطرات زمین لغزش در طراحی سازه های خطی پرداخته است.

بطورکلی این ناهنجاری‌ها سبب تغیر مسیر رودخانه و ایجاد ناهنجاری در بستر رودخانه گردیده است. برای مشاهده این ناهنجاری‌ها محققین با استفاده از سنجش از راه دور با گستره وسیع (MZM) بویژه از داده‌های توپوگرافی راداری به طور گسترده استفاده نموده‌اند.

دو تحقیق ترکیبی در مورد خصوصیات زمین شناختی ژئومورفولوژیکی کوه‌های البرز از طرف م. رضائیان (۲۰۰۸) را می توان اشاره کرد. در این تحقیقات به تاریخچه تکتونیکی کوه‌های البرز، چینه‌شناسی اراضی، گسل‌های فعال، ساختار زمین‌شناختی بصورت گسترده پرداخته شده است.

یکی از موارد اساسی مراحل فرسایش در یک منطقه دلایل فرسایش و تجزیه و تحلیل عوامل آن می‌باشد. در تحقیق مذکور نقش گسترش کوه‌ها در مراحل فرسایش بطور وسیع مورد بررسی قرار گرفته است. یکی دیگر از عوامل مورفودینامیکی خطرناک در اراضی کوهستانی مراحل فرسایش می‌باشد. در اراضی مورد تحقیق این مرحله بطور گسترده به چشم می‌خورد.

در مورد ارزیابی عوامل فرسایش روی داده در اراضی مورد تحقیق توسط محمدی ترکاشوند در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۸۸، ۱۳۸۵ تحقیقات تکمیلی آمده است وی در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای landsat ETM+ استفاده نموده و عوامل فرسایش روی داده در منطقه رودبار را تحقیق نموده و نقشه آنرا ترسیم کرده است. یکی دیگر از پژوهش‌های مهم در زمینه مراحل فرسایش توسط ح. رمضان‌پور و همکاران انجام گرفته است. در این پژوهش نقش لیتولوژی در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

گسترش عوامل فرسایش در جنوب استان گیلان را ارزیابی نموده‌اند. این تحقیق به این نتیجه دست یافته‌اند که در این اراضی به دلیل وجود ساختارهای سنگی و سنگ‌شناسی انواع گوناگون فرسایش بوقوع می‌پیوندد. برای مثال در مناطق رسی دره‌های بدلند ایجاد گردیده است. در مناطقی که زمین‌های آن ماسه‌ای می‌باشند فرسایش تورقی زیاد دیده می‌شود(قدوسی، ۲۰۰۲، ناظری ثامنی و همکاران ۲۰۰۹).

کوههای البرز بویژه حوضه رودخانه سفیدرود دامنه‌ها و گستره آن از اراضی مستعد برای فرسایش به شمار می‌آیند. ساختار ترکیبی زمین‌شناختی– تکتونیکی، وجود گسل‌های فعال، شیب‌های تند، شدت بارش‌های جوی، تاثیرات انسانی باعث گسترش رانش‌های خطرناک گردیده است. کافی است ذکر گردد که در زلزله روی داده در سال ۱۹۹۰ در رودبار – منجیل، روستای فتلک (ساحل سمت راست رودخانه سفیدرود) با کل اهالی درزیر خاک مدفون گردید. به دلیل رانش‌های متعدد و خطرات مربوط به فرسایش انجام تحقیق در این زمینه در استان گیلان بسیار ضروری می‌باشد. ندیمی و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش خود در مورد این رانش‌ها به ساختارهای زمین‌شناختی – تکتونیکی، ژئومورفوژیکی و محیط‌زیست توجه نموده و تجزیه و تحلیل آن کوشیده‌اند و مکانیزم‌های ایجاد آن را مورد پژوهش قرار داده‌اند. ارزیابی رانش در محیط اطراف یکی از مسائل مهم و فعال در حال حاضر در جهان محسوب می‌گردد. یکی از تحقیقات در این مورد توسط ف. اسدیان و همکاران (۲۰۱۰) انجام گرفته است. مولفین این پژوهش نقش تغییرات میکرواکولوژیکی رانش‌ها در استان گیلان را ارزیابی نموده‌اند. برای اولین بار آنها عوامل ایجاد رانش در منطقه را بررسی کرده و به این نتیجه دست یافته‌اند که در مناطق کوهستانی مرتفع اصلی‌ترین عامل ایجاد رانش عوامل طبیعی و در مناطق متوسط و پست عوامل انسانی نقش اساسی دارند. یکی دیگر از عوامل ایجاد رانش ترکیب ساختارهای سنگی می‌باشد. در ساختارهای سنگی مختلف انواع گوناگون رانش می‌تواند بوجود آید. یکی از پژوهش‌های جالب در این زمینه از طرف حافظی، مقدسی وغفاری (۲۰۰۷) انجام گرفته است. در این تحقیقات پژوهشگران چگونگی ایجاد رانش در البرز مرکزی و دلایل آنرا بطور گسترده مورد بررسی قرار داده‌اند آنها با نشان دادن اینکه رانش‌ها در مناطق نزدیک به گسل‌های فعال بوده متذکر گردیده‌اند که رانش‌های سطحی در مناطق سخت سنگی و رانش‌های چرخشی در مناطق نرم سنگی روی داده است. هدف کلی از این پژوهش شناخت ارتباط بین لیتولوژی، تکتونیک، اقلیم و عوامل انسانی و عوامل دیگر در شکل‌زایی فرآیندهای ژئومورفولوژیک نظیر فرسایش، حرکات دامنه‌ای، سیل و شناسایی مناطق مستعد و ناپایدار و طبقه‌بندی لندفرم‌ها و همچنین تجزیه و تحلیل تنش مورفودینامیک و تعیین ارتباط بین فرآیندهای بیرونی خطرناک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

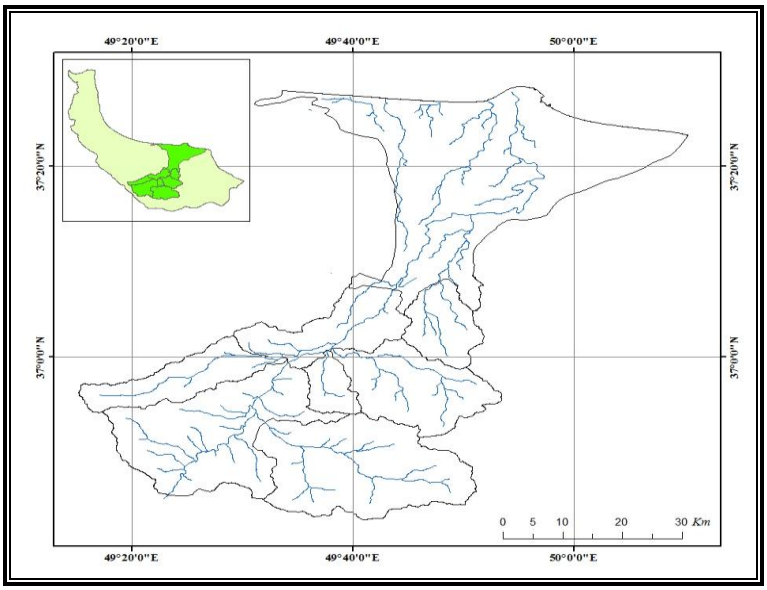
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

و ساختار درونی در تهیه نقشه پهنه‌بندی لندفرم‌های حوضه سفیدرود با تأکید بر حساسیت نسبت به فرسایش است.

داده ها و روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق رودخانه سفیدرود در شمال کشور و در حوضه آبریز دریای خزر است. این رودخانه پس از سد منجیل با طول ۱۱۱ کیلومتر در مسیر جنوب به شمال به دریای خزر می‌ریزد. رودخانه مزبور از ارتفاعات ۲۹۷۱ متری سرچشمه می‌گیرد. مساحت حوضه آبریز آن ۴۹۶۹/۳ کیلومتر مربع و میزان آبدهی آن ۱۳۷/۹۲ میلیون متر مکعب است (فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور ۱۳۸۲). این رودخانه بر پایه جهت‌یافتگی نسبت به ساختارهای ناحیه در رده رودخانه‌های عرضی قرار می‌گیرد و در دسته‌بندی رودخانه‌ها بر پایه سن آنها نسبت به ساختارهای ناحیه بعنوان پیشین‌رود معرفی می‌گردد. محدوده مطالعاتی از محل سد مخزنی سفیدرود شروع و به محل ورود رودخانه به دریای خزر ختم می‌گردد. موقعیت جغرافیایی محدوده سفیدرود بین ′۴۹°۱۵ تا ′۵۰°۱۰ طول جغرافیایی و ′۳۶°۴۶ تا ′۳۷°۲۸ عرض جغرافیایی قرار دارد(شکل۱).

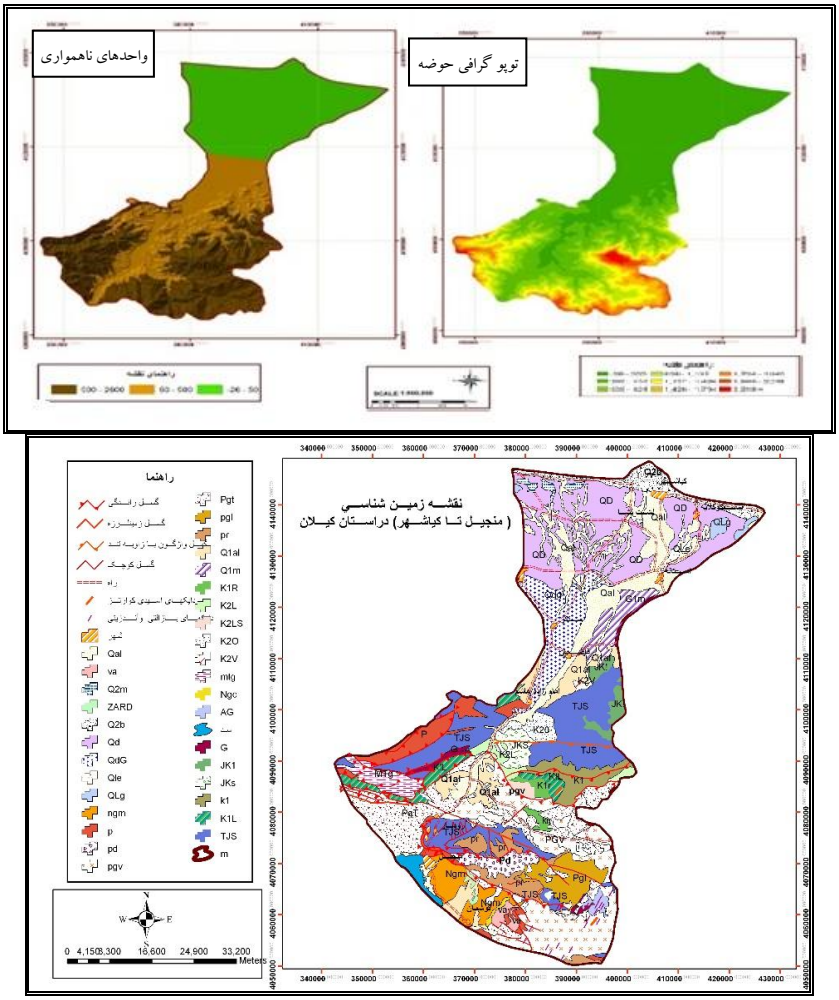


شکل(۱). موقعیت جغرافیایی حوضه سفیدرود

منطقه مورد مطالعه در اراضی شمال شرقی ایران در کمربند چین‌خوردگی البرز در بخش‌های غربی واقع و از نظر مورفولوژیکی مناطق مختلفی را در بر می‌گیرد از نظر زمین‌شناسی منطقه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

مورد پژوهش در منطقه البرز ایران جای دارد. استان گیلان از دو نوع آب و هوای متمایز مرطوب و نیمه خشک برخوردار است. تنوع آب و هوایی در حوضه مورد مطالعه با توجه به نوع سازند، تشکیلات حساس، نزولات جوی و عدم پوشش گیاهی در برخی از حوضه بویژه حد فاصل بین امامزاده هاشم تا رودبار گردیده است و به دلیل وجود تشکیلات حساس شیب نوع لیتولوژی و نقش عوامل انسانی فرایندهای ژئومورفولوژی از قبیل رانش، سیل، فرسایش و غیره در این حوضه اتفاق می‌افتد(شکل۲).



شکل(۲). نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی حوضه سفیدرود

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

روش تحقیق

الگوی کلی روش تحقیق در این مقاله ترکیبی از روش تحلیلی-توصیفی و تهیه مطالب به روش کتابخانه‌ای و برای مطالعه پیشینه تحقیق، عملیات میدانی و مشاهده‌ای برای انواع فرسایش، انطباق نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth در شناسایی لندفرم‌ها و استفاده از نرم افزارهای GIS و در نهایت مدل پسیاک بوده است. روش پسیاک یکی از فراگیرترین روش‌های تجربی برآورد رسوب در ایران است(یاوری و همکاران، ۱:۲۰۱۰). روش پسیاک درسال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته مدیریت آب آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب ارائه شده وبرای اولین باردرسال ۱۳۵۲برای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه آبخیز مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به دقت نسبتاً خوب آن در مقایسه با سایر روش‌ها و مدل‌های تجربی در حال حاضر نیز برای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح‌های جامع کشور از این روش استفاده می‌شود. به گونه‌ای که تاثیر ۹ عامل مهم و موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز و با توجه به شدت و ضعف هر عامل، از طریق امتیازدهی عددی ارزیابی می‌گردد. سرانجام با در نظر گرفتن مجموع اعداد به دست آمده برای عوامل مختلف، میزان رسوب‌دهی حوضه برآورد می‌شود. حاصل نهایی امتیازهای مربوط به عوامل نه‌گانه در هر یک از اجزای واحد اراضی بیانگر شدت فرسایش خاک و میزان رسوب‌زایی در آن واحد می‌باشد. روش کار در این بررسی به دو بخش کلی تقسیم شده است الف)پهنه‌بندی لندفرم‌ها ب)بررسی فرسایش در لندفرم‌ها.

نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه خاک، و عکس‌های هوایی، نرم‌افزار ArcGis برای رسم نقشه ابزار و یا مواد مورد استفاده در این پژوهش هستند.

یافته های تحقیق

الف) پهنه‌بندی لندفرم‌ها

شکل زمین یا لندفرم در علوم جغرافیایی به شکل یا اشکال طبیعی یا فیزیکی سطح زمین گفته می‌شود. پدیده‌هایی که در سطح زمین ایجاد شده و عوامل درونی یا بیرونی در ایجاد آن نقش داشته و دارند مانند دشت‌ها، دره‌ها و فلات‌ها و کوه‌ها. لندفرم در زیر شاخه‌های علوم زمین مانند زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی واحد جغرافیایی است که به شکلی گسترده بر پایه شکل سطح و محلی در منطقه تعریف می‌شود و بدین روی عنصری از توپوگرافی به شمار می-رود. زمین‌شناسان، مهندسین عمران، معماران و برنامه‌ریزان و جغرافی‌دانان از واژه لندفرم در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

بسیاری از سامانه‌های طبقه‌بندی زمین استفاده می‌کنند. این موضوع بسیار حائز اهمیت است. که تعریف استاندارد پذیرفته شده‌ای برای این واژه وجود ندارد. بنابراین لندفرم‌ها عارضه‌های زمینی هستندکه بر اثر فرایندهای طبیعی تشکیل شده‌اند و دارای ترکیب و مشخصات فیزیکی و ظاهری مشخص هستند. لذا تفاوت خاصی میان لندفرم‌ها وجود دارد که بوسیله آنها می‌توان توپوگرافی، ترکیب یا ساختار منحصر به فرد هر یک را به طور مجزا تعریف کرد (داگلاس، ۲۰۱۲).

بنابراین عوارض زمین ممکن است به لندفرم‌ها تقسیم شوند، به گونه‌ای که هر لندفرم دارای مشخصات خاکی، توپوگرافی، مواد سنگی و شرایط آب زیرزمینی مجزا و متفاوتی است (بلچر، ۱۹۴۸) تعریف بلچر شامل عوارضی است که خاک‌های جابجا شده و باقیمانده، آنها را تشکیل داده‌اند؛ به علاوه، آنهایی هم که بر اساس نوع و وضعیت سنگ بستر شکل گرفته‌اند در این تعریف قرار می‌گیرند. یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده مدل رقومی ارتفاعی است که معمولا برای نمایش ناهمواری‌های زمین با استفاده از داده‌های ارتفاع از سطح دریا تهیه می-شود. این مدل به منظور تجزیه و تحلیل توپوگرافی و شکل اراضی قابل استفاده است. از مشخصات مدل ارتفاعی این است که از طریق آن می‌توان پارامترهای ژئومورفولوژی را استخراج و از آن در طبقه‌بندی لندفرم‌ها استفاده کرد. علیجانی و همکاران در سال ۱۳۹۱ جهت طبقه-بندی و تفکیک لندفرم‌ها از مدل رقومی ارتفاعی استفاده نمودند. (مکرم،۱۳۹۳) در این تحقیق به دلیل نزدیکی و همبستگی مدل رقومی ارتفاع با سایر شاخص‌های فرسایش از این شیوه برای تقسیم لندفرم ها استفاده شده است.

ب)بررسی فرسایش در لندفرم ها

در این بخش نخست فرسایش خاک در حوضه مورد مطالعه بررسی شد:

فرسایش خاک

درمیان فرایندهای مختلف تخریب اراضی، فرسایش خاک تهدیدی جدی برای حفاظت منابع خاک و آب کشورمان می‌باشد. فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوائل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است (Lu et al. , 2001). فرسایش خاک، به دلیل داشتن اثرات چند جانبه آشکار و پنهان زیست‌محیطی و اجتماعی، به سرطان زمین شهرت یافته است و یکی از فرایندهای پیچیده و خطرساز محیطی است(Ownegh,2003). بررسی‌ها نشان می‌دهد بخش اعظم تحقیقات انجام شده در مقیاس-های محدود مربوط به فرسایش خاک مبتنی بر عملیات میدانی است ولی در مقیاس‌های بزرگ معمولا از مدل‌های فرسایش استفاده می‌شود. یکی از روش‌هایی که برای ارزیابی فرسایش خاک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

مورد استفاده قرار گرفته، روش پسیاک است که نتایج حاصل از این روش تا حدود زیادی مورد اعتماد متخصصین ژئومورفولوژی است. (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳: ۱۶۸). از مزایای این روش استفاده از عوامل موثر در فرسایش است که علاوه بر دقت مناسب امکان بررسی در سطوح بزرگ را نیز فراهم نموده است بنابراین در این تحقیق نیز از این روش برای بررسی فرسایش خاک استفاده شده است.

جدول (۲). عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب و امتیازات مربوط

ردیف	عوامل فرسایش خاک و تولید رسوب	امتیاز
۱	زمین شناسی سطحی	۰-۱۰
۲	خاک	۰-۱۰
۳	آب و هوا (در اینجا بارش جوی)	۰-۱۰
۴	روان آب	۰-۱۰
۵	توپوگرافی (شیب)	۰-۲۰
۶	پوشش گیاهی زمین	۱۰+ تا۱۰-
۷	استفاده از زمین	۱۰+ تا۱۰-
۸	وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز	۰-۲۵
۹	فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب	۰-۲۵

ماخذ: رفاهی،۱۳۸۲

هر یک از عوامل موجود در جدول فوق بررسی گردیده است

عامل زمین شناسی سطحی

با مطالعه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و با توجه به عوامل تاثیرگذار بر عامل زمین-شناسی سطحی و امتیازات حاصل هر یک از واحدهای سنگی قابل تشخیص در محدوده بر اساس مدل پسیاک و نهایتاً با بهره‌گیری از نرم افزار Arc Map نتایج بدست آمد(شکل ۶).

جدول (۳). ارزش دهی لایه زمین شناسی مطابق مدل PSIAC

ردیف	نوع زمین	متیاز در مدل PSIAC
۱	لایه سنگ های سخت و شیل	۲
۲	سنگهایی با سختی متوسط و سنگهای دگرگونی	۵
۳	لایه های بزرگ آبرفتی	۱۰

ماخذ: رفاهی،۱۳۸۲

عامل خاک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

در روش پسیاک برای عامل خاک درجه رسوب‌دهی بین(۰تا۱۰) انتخاب گردیده است. این دامنه تغییرات براساس بافت خاک، پایداری خاکدانه‌ها، میزان آهک، موادآلی، قابلیت پخش‌رس و رطوبت اولیه خاک استوار است. دامنه تغییرات عمدتاً بر اساس تغییرات بافت خاک، تعیین می‌گردد. در واقع شدت جدا شدن ذرات خاک از خاکدانه‌ها به میزان نسبی رس، سیلت و شن بستگی دارد. بطور کلی هرچه بافت خاک از درشت‌دانه به سمت بافت‌ریز باشد، بخش بیشتری از بارش بصورت هرز آب در سطح خاک جاری شده و باعث شستشو و حرکت ذرات خاک می-گردد. در نیجه این حالت، فرسایش و تولید رسوب افزایش یافته و لذا درجه رسوب‌دهی نیز بیشتر به طرف حداکثر امتیاز (۱۰) سوق پیدا می‌نماید (مقیمی ومحمودی،۱۳۸۳ :۱۷۲).

در این تحقیق برای تعیین عامل خاک در مدل پسیاک، منطقه مورد مطالعه بررسی و با مطالعه خاک شناسی به شکل زیر ارزش‌دهی شد (جدول ۴ و شکل۷) .

جدول(۴). ارزش دهی لایه خاک مطابق مدل PSIAC

ردیف	نوع خاک	متیاز در مدل PSIAC
۱	بافت ریز با تراکم متوسط	۱۰
۲	بافت متوسط	۵
۳	رسهایی با ساختمان محکم	۰

ماخذ: یافته‌های میدانی

عامل اقلیم (بارش های جوی)

ازعناصر تشکیل دهنده آب و هوا که بر روی فرسایش تاثیر دارند نزولات آسمانی و درجه-حرارت می‌باشد. مقدار و شدت بارندگی در میزان روان آب و در نتیجه در میزان فرسایش موثر است. نقش برف در فرسایش خاک مناطق کوهستانی تا زمانی که آب نشده و روان آب تولید نشود کم است. نقش درجه‌حرارت در فرسایش موقعی شدید است که اختلاف درجه‌حرارت فصلی و شبانه روزی زیاد باشد که در این صورت آب موجود در داخل سنگ‌ها در زمستان یخ-زده و سبب تخریب سنگ‌ها و فرسایش می‌گردد (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳ :۱۷۳). بر این اساس و با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی حوضه و بررسی نقشه‌های موجود، فاکتور اقلیم مطابق جدول(۵)، ۱۵ امتیازدهی شد (شکل۸).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

جدول(۵). ارزش دهی لایه عامل اقلیم مطابق مدل PSIAC

ردیف	نوع اقلیم	امتیاز در مدل PSIAC
۱	باران های چند روزه همراه با رگبار تند	۱۰
۲	وجود بارندگی با شدت و مدت متوسط	۵
۳	یخ بستن و ذوب شدن متناوب	۰

ماخذ:یافته های میدانی

هرز آب یا روان آب

بنابر گزارشات ایستگاه‌های هیدرومتری نوع ریزش در منطقه به صورت برف و باران است از این‌رو به سبب کمبود پوشش گیاهی بعد از بارش‌های رگباری میزان سیلاب در مناطق بالادست این حوضه به شدت به اوج خود می‌رسد و زمان فروکش آن ۲ تا ۳ برابر زمان شروع است. از این رو با توجه به آمار مربوطه و چند نوبت بازدید زمینی در زمان بارندگی امتیاز عامل روان آب در مدل PSIAC از جدول(۶) پیروی می‌نمود (شکل۹).

جدول(۶). ارزش دهی فاکتور روان آب مطابق مدل PSIAC

ردیف	میزان هرز آب	امتیاز در مدل PSIAC
۱	دبی روان آب حداکثر زیاد	۱۰
۲	دبی روان آب حداکثر متوسط	۵
۳	دبی روان آب حداکثر کم	۰

مآخذ: یافته‌های میدانی محقق

پستی و بلندی

این فاکتور معمولاً با شیب سنجیده می شود از این رو به کمک نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ نقشه شیب منطقه تهیه و کلاسه بندی شد و امتیاز هر کلاسه در مدل PSIAC برطبق جدول (۷) مشخص شد (شکل۱۰).

جدول(۷). پهنه‌بندی درصد شیب مطابق مدل PSIAC

ردیف	شیب	امتیاز در مدل PSIAC
۱	۰-۵	۰
۲	۲۰-۵	۱۰
۳	>۲۰	۲۰

ماخذ: یافته‌های میدانی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

عامل پوشش زمین

پوشش منطقه شامل سه بخش عمده می‌باشد، بخش جلگه که اغلب منطقه شهری است، بخش کوهپایه که اغلب جنگلی است و بخش ارتفاعات که اغلب مرتع می‌باشد. بر این اساس بر مبنای این امر که احتمال فرسایش با توجه به پوشش زمین چه مقدار می‌باشد طبقه‌بندی این بخش را حاصل نمود به گونه‌ای که جدول(۸) حاصل شده است (شکل۱۱).

جدول(۸). امتیاز بندی فاکتور پوشش زمین مطابق مدل PSIAC

ردیف	پوشش	امتیاز در مدل PSIAC
۱	احتمال رسیدن باران به مواد فرسایش پذیر کم است	-۱۰
۲	وجود درخت به طور پراکنده و نا متراکم	۰
۳	پوشش گیاهی پراکنده و بقایای گیاهی ناچیز	۱۰

ماخذ: یافته‌های میدانی

نحوه استفاده از زمین (کاربری اراضی)

این عامل نیز به دلیل اثرات کاهشی و افزایشی آن بین ۱۰- و ۱۰+ تغییر می‌نماید. برای تعیین امتیاز عامل نحوه استفاده از زمین معمولاً دو معیار، یکی عملیات کشاورزی در سطح حوضه آبخیز و دیگری وضعیت چرای دام مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنانچه در سطح حوضه آبخیز فعالیت‌های کشاورزی معمول نبوده و یا درصد کمی تحت زراعت اصولی و صحیح از نظر حفاظت آب و خاک باشد و یا سطح حوضه آبخیز پوشیده از گیاهان انبوه بوده و کمتر مورد تعلیف دام قرار گیرد، میزان فرسایش خاک وتولید رسوب منفی است و میدان تغییرات آن در سطح حداقل‌ها تا ۱۰- در نظر گرفته می‌شود (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳: ۱۷۸). در این تحقیق کاربری بر مبنای داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از تفسیر بصری و عملیات میدانی مشخص و نتایج آن در جدول (۹) حاصل شد (شکل۱۲).

جدول(۹). امتیاز بندی فاکتور کاربری اراضی مطابق مدل PSIAC

ردیف	کاربری	امتیاز در مدل PSIAC
۱	تقریبا تمام سطح تحت چرا	۱۰
۲	فرسایش کم	-۱۰
۳	کمتر از ۵۰٪ پوشش جنگلی	۰
۴	کمتر از ۵۰٪ چرای دام	۰

ماخذ: یافته‌های میدانی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

عامل فرسایش سطحی

برای بررسی عامل فوق در تولید رسوب، باید فرسایش سطحی موجود در حوضه آبخیز مانند فرسایش بارانی، فرسایش ورقه‌ای، فرسایش شیاری و فرسایش خندقی مورد ارزیابی قرار گیرد (بجز فرسایش موجود در آبراهه‌ها) (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳: ۱۷۸). به دلیل اهمیت این عامل در تولید رسوب امتیاز آن بین صفر تا ۲۵ متغیر می‌باشد. در صورتی که در سطح زمین هیچ گونه فرسایشی مشاهده نشود امتیاز صفر و در صورتی که بیش از ۵۰ درصد سطح زمین درگیر فرسایش‌های شیاری و خندقی باشد امتیاز ۲۵منظور می‌گردد (مقیمی و محمودی، ۱۳۸۳: ۱۷۹). این قسمت به کمک مطالعات آبخیزداری موجود در منطقه و بازدید صحرایی از محل به صورت نقشه فرسایش تهیه و امتیاز هر قسمت از آن در جدول (۱۰) ارائه شده است(شکل۱۳).

جدول(۱۰). امتیاز بندی عامل فرسایش مطابق مدل PSIAC

ردیف	میزان فرسایش	امتیاز در مدل PSIAC
۱	فرسایش خیلی زیاد	۲۵
۲	فرسایش زیاد	۲۵
۳	فرسایش متوسط	۱۰
۴	فرسایش کم	۰

ماخذ:یافته های میدانی

عامل فرسایش رودخانه ای (آبراهه ای) و انتقال رسوب

آخرین عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش پسیاک فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب می‌باشد. در این عامل دو پدیده فرسایش کناره‌ای و حمل رسوب توسط سیلاب مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. این فرسایش نتیجه تخریب و شسته شدن دیواره آبراهه هاست که بیشتر در مواقع سیلابی و فصول پرآب صورت می‌پذیرد. در مواقع سیلابی علاوه بر بالا بودن قدرت تخریبی، قدرت حمل رسوب نیز افزایش می‌یابد (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳: ۱۸۰). فرسایش آبی در نتیجه نیرو و انرژی آب در روی دامنه‌هایی که از سازند ریز رس، مارن و یا شیل تشکیل شده و خاک سطحی در اثر چرای مفرط و یا عدم رعایت فنون کشاورزی از بین رفته است به وجود می آید (ترجمه محمودی،۱۳۷۹).

با توجه به شکل خاص منطقه و رودهای جاری در آن امتیاز این فاکتور به کمک مطالعات آبخیزداری موجود در منطقه و بازدید صحرایی با توجه به جدول(۱۱) امتیازدهی حاصل و نقشه مورد نیاز تولید شد (شکل۱۴).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

جدول(۱۱). امتیاز بندی عامل فرسایش رودخانه ای مطابق مدل PSIAC

ردیف	میزان فرسایش	امتیاز در مدل PSIAC
۱	زیاد	۲۵
۲	متوسط	۱۰
۳	کم	۱۰
۴	فاقد فرسایش	۰

ماخذ: یافته‌های میدانی

بحث و نتیجه گیری

برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در روش پسیاک:

پس ازتعیین عوامل نه‌گانه جدول(۱) و بدست آوردن مجموع نمرات آنها به منظور تعیین میزان فرسایش و رسوب‌زایی در حوضه ژئومورفولوژیکی و در هر یک از اجزای واحدهای اراضی از رابطه بین درجه رسوب‌دهی و میزان تولید رسوب بر اساس معادله زیر محاسبات مربوطه انجام گرفت (مقیمی و محمودی،۱۳۸۳: ۱۸۲)

معادله (۱)

$$Q_S = 38.77e^{0.0353R}Q_S$$

Q_S:میزان رسوب‌دهی سالانه بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع

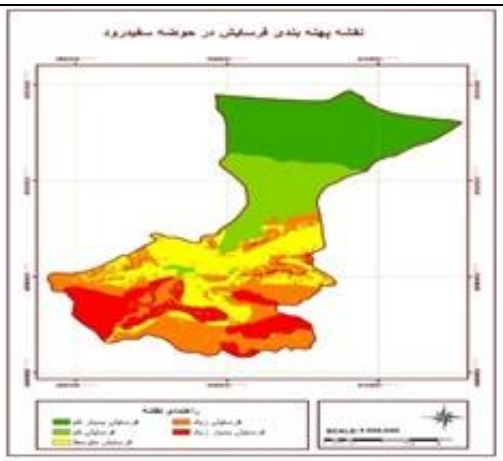
R: درجه رسوب‌دهی یعنی مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه در نظر گرفته شده در مدل پسیاک

e: عدد نپر برابر ۲/۷۸ است.

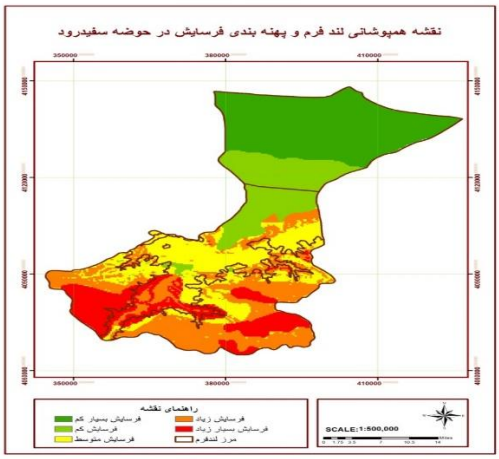
در مرحله بعد مجدداً با استفاده از ابزار محاسب لایه‌های رستری (Raster Calculator) در نرم افزار Arc Map فرمول فوق بر لایه‌ها اعمال شد تا نقشه فرسایش حاصل گردد و با استفاده از روش شکست عادی(Natural Breaks) به ۵ طبقه تقسیم شد شکل (۳). در مرحله بعد به جهت بررسی و مقایسه فرسایش در لندفرم‌ها لایه فرسایش با لایه لندفرم ها همپوشانی صورت گرفته و شکل(۴)حاصل شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]



شکل(۳). پهنه‌بندی فرسایش حوضه سفیدرود



شکل(۴). نقشه پهنه‌بندی فرسایش و لندفرم حوضه سفیدرود

با توجه به همپوشانی انجام شده مساحت پهنه بندی فرسایش صورت گرفته در لندفرم‌ها حاصل و در جدول(۱۲) قرار گرفت.

جدول(۱۲). مساحت پهنه بندی فرسایش در لند فرم های منطقه مورد مطالعه(کیلومترمربع)

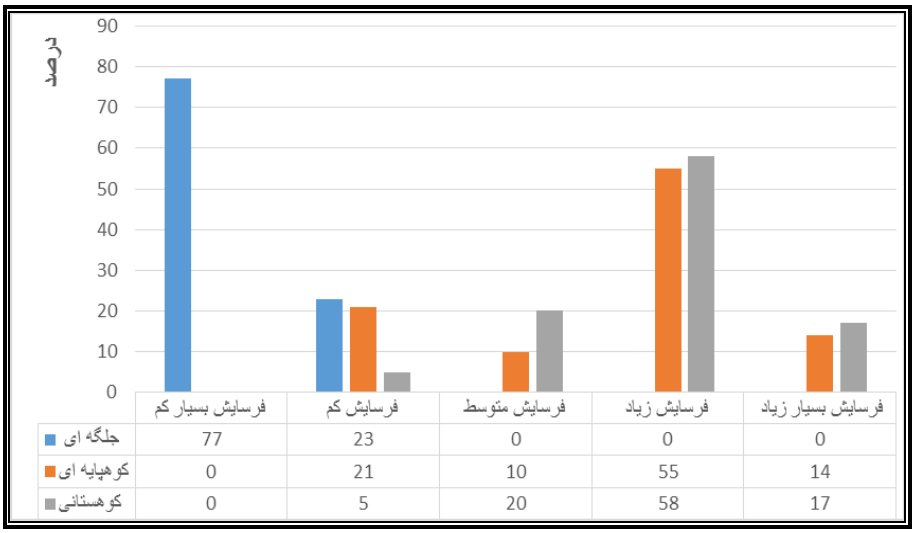
واحدناهمواری	فرسایش بسیارکم	فرسایش کم	فرسایش-متوسط	فرسایش‌زیاد	فرسایش بسیارزیاد	جمع
جلگه ای	۷۴۴/۸	۲۱۷				۹۶۲/۵
کوهپایه ای		۱۵۵	۷۴/۵	۴۱۴/۹	۱۰۳/۹	۷۴۷/۱
کوهستانی		۵۱	۲۰۲	۵۷۸/۶	۱۷۰/۵	۱۰۰۳
جمع	۷۴۴/۸	۴۲۴	۲۷۷	۹۹۳/۵	۲۷۴/۴	۲۷۱۳

ماخذ:یافته‌های میدانی

با بررسی نوع فرسایش از لندفرم جلگه‌ای به لندفرم کوهستانی دارای تنوع فرسایش بیشتری است به عبارت دیگر فرسایش‌های شدید بیشتر در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی دیده می-شود که می‌تواند ناشی از عدم برنامه منظم حفاظت خاک و آب و تخریب منابع طبیعی در بالادست باشد. علاوه بر این با مقایسه شکل لندفرم کوهپایه‌ای و کوهستانی نیز به سادگی می-توان دریافت که انتقال لندفرم از کوهپایه به کوهستانی حجم فرسایش را نیز تغییر داده است به جهت بررسی بهتر سطوح فرسایش در هر قسمت فرسایش مربوطه به درصد مشخص شده و در شکل(۵) قرار گرفته است.

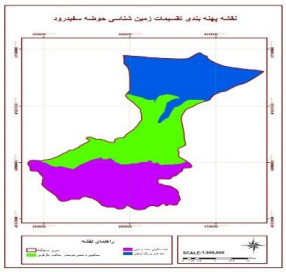
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

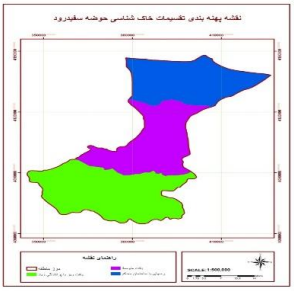


شکل(۵). سطوح فرسایشی به تفکیک لندفرم‌ها در حوضه سفیدرود ماخذ:یافته های محقق

همانطور که دیده می‌شود هر چه ارتفاع افزایش می‌یابد نوع فرسایش از فرسایش بسیار کم به فرسایش بسیار زیاد تبدیل می‌گردد و این به مفهوم وجود مشکلات فراوان در مراتع و منابع طبیعی است. با توجه به مطالعه عوامل نه‌گانه موثر در مدل فرسایش خاک (پسیاک) (اشکال۶ تا ۱۴) این نتیجه بدست می‌آید که مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش داشته و عوامل موثر بر فرسایش در این مناطق فعالیت بیشتری دارند.



شکل (۶). عامل زمین‌شناسی سطحی



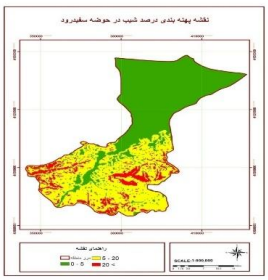
شکل(۷). عامل خاک

شکل(۸).عامل اقلیم

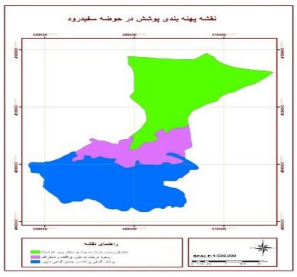
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

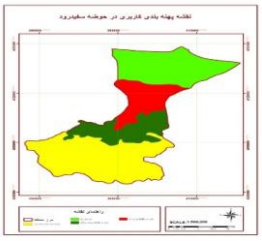
شکل (۹). عامل روان آب



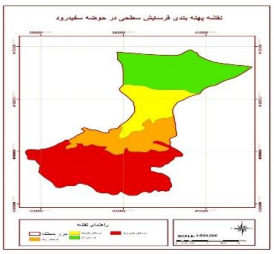
شکل (۱۰). عامل پستی و بلندی



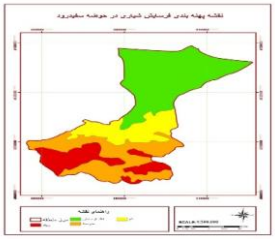
شکل(۱۱). عامل پوشش زمین



شکل(۱۲). عامل کاربری اراضی



شکل (۱۳). عامل فرسایش سطحی



شکل(۱۴) عامل فرسایش رودخانه‌ای

پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق پیشنهاد میگردد هرگونه فعالیت در شیب های بالای ۲۰ درصد می بایست دقیقا مورد مطالعه قرار گیرد و عواقب بعد ازآن مورد ارزیابی و پیش بینی قرار گرفته و پیشگیری های لازم در اجرای عملیات مورد توجه قرار گیرد. باید توجه کرد که رودخانه ها در شیب های تند عامل اصلی فرسایش و لغزش هستند. تثبیت دیواره‌ها و پیش‌بینی سیلاب‌ها می‌تواند عامل جلوگیری از فرسایش و لغزش باشد همچنین باید توجه داشت که فرایند برداشت از جنگل‌ها، جاده سازی و ایجاد ترانشه در مناطق کوهپایه ای و کوهستانی حتما باید با مطالعه دقیق زمین شناسی همراه باشد و اجرای طرح های آبخیز داری مناسب با شکل لندفرم ها باعث جلوگیری از فرسایش و لغزش خواهد بود همچنین پیشنهاد میگردد مطالعه ای دقیق به منظور تاثیر عوامل انسانی از جمله ساماندهی رودخانه، برداشت منابع قرضه از رودخانه و تاثیر آنها بر فرسایش را مورد مطالعه قرار دهد چراکه رسوبات حاصل از فرسایش در رودخانه می تواند جایگزین مناسبی برای برداشت های منابع قرضه از کوه ها باشد که هم اکنون بعنوان یکی از عوامل نابود کننده محیط زیست در حال انجام است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

منابع و ماخذ

۱.رفاهی،حسینقلی(۱۳۷۵).**فرسایش آبی و کنترل آن،تهران**:انتشارات دانشگاه تهران،چاپ سوم.

۲.رفاهی،حسینقلی.(۱۳۷۸). **فرسایش آبی و کنترل آن**،تهران:انتشارات دانشگاه تهران،چاپ چهارم

۳.داوری، مسعود. حسین‌علی بهرامی و جمال قدوسی. (۱۳۸۴). **بررسی نتایج برآورد رسوب با استفاده از مدل اصلاح شدهPSIAC (مطالعه موردی حوزه آبخیز نوژیان)**. پژوهش و سازندگی شماره ۶۷

۴.درویش زاده،علی. (۱۳۷۱). **زمین شناسی ایران**،تهران: انتشارات امیرکبیر.

۵.علیزاده، امین.(۱۳۹۱). **اصول هیدرولوژی کاربردی**، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

۶.سازمان‌جغرافیایی‌نیروهای‌مسلح. (۱۳۸۲). **فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور**، تهران

۷.کامیابی سعید.(۱۳۸۶). **ارائه راهکارهای مختلف به منظور پیشگیری و کاهش خطرات زمین لغزش در طراحی سازه های خطی**، مجله سپهر، سال شانزدهم، شماره ۶۳.

۸.کک،رژه.(۱۳۷۹). **ژئومورفولوژی دینامیک بیرونی**، ترجمه دکتر محمودی،تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم

۹.گزارش سازمان خواربارو‌کشاورزی(فائو)، ۱۳۸۷،سازمان ملل، نیویورک.

۱۰. مجردآشناآباد، مهران و روحانی، علیرضا.(۱۳۸۹).**فرسایش خاک، چالش‌ها، هزینه‌ها و سودهای حفاظت از آن**، فصلنامه انسان و محیط زیست، پاییز۸۹.

۱۱. محمدی‌ترکاشوند، علی و داوود، نیکنامی .(۱۳۸۶). **بررسی صحت و دقت چند روش تهیه نقشه شکل‌های فرسایش خاک**، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). زمستان ۱۳۸۶، دوره۱۱. شماره ۴۲

۱۲. مقیمی،ابراهیم و فرج‌الله‌محمودی.(۱۳۸۳). **روش‌تحقیق در جغرافیای‌طبیعی (ژئومورفولوژی)**، تهران: انتشارات قومس.

۱۳. مکرم، مرضیه.(۱۳۹۳). **طبقه‌بندی لندفرم‌ها با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی**، فصلنامه علمی و پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی دانشگاه هرمزگان، شماره۱۷.

۱۴. میرصادقی، رامین.(۱۳۹۳). نقش مخروط افکنه ها در شکل زایی و تولید رسوب. سمینار صنعت معدن و تجارت استان گیلان.

۱۵. بیرامی, بایرامعلی و لعیا موسوی.(۱۳۸۷). **بررسی وضعیت فرسایش خاک و تهیه نقشه با استفاده ازGIS مطالعه موردی حوزه آبخیز کهبانان خلخال**، دومین همایش منطقه ای منابع طبیعی و محیط زیست، ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

۱۶. داگلاس، اس وی. (۲۰۱۵). **تحلیل زمین (راهنمای انتخاب ساختگاه با استفاده از تفسیر عکس های هوایی)** انتشارات دانشگاه هاروارد.

Lu, H., J., Geollant, L., Prosser, & G., Moran (2001). ***Prdiction of sheet and rill erosion over the Australian continent: Incorporating monthly soil loss distribution***, National Land & Water Resource Technical Report No. 31، Austoralia.

Ownegh, M. (2003). ***Land use planning and integrate management of natural hazard in Golestan in: seminar on flood hazard prevention and mitigation,*** 15-16 janurary, Gorgan, Abstract, P2.

Daneshmandi S. (2007). ***Geomorphic variables Affecting Road Management,*** Thesis for Geomorphology, Ph. D. Thesis, Tehran University, 297 p.

Darvishzadeh S.A. (2002). ***Geology of Iran. Tehran, Amirkabir Publication***, 600 p.

Allen M. B., Ghassemi M. R., Shahrabi M., Qorashib M. (2003). ***Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran*** // Journal of Structural Geology, a, № 25, pp. 659-672.

Beladpas A. (2008). ***A research on Environmental and Geomorphological Hazards of Marand-Jolfa Roads***//Geographic Space of quarterly, , № 23, pp. 1-18.

Ritz J.-F., Nazari H., Ghassemi A., Salamati R., Shafei A., Solaymani S.,Vernant P. (2006). ***Active transtension inside central Alborz: A new insight into northern Iran–southern Caspian geodynamics*** // Geology, Vol.34, №6, pp.477–480.

Guest B., Axen G.J., Lam P.S., Hassanzadeh J. (2006). ***Late Cenozoic shorteningin the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slipand thin-skinned deformation*** // Geosphere, Vol.2, №1, pp.35–52.

Rezaeian M. (2008). ***Coupled tectonics, erosion and climate in the Alborz Mountains, Iran.*** PhD thesis, University of Cambridge, 219 p.

Hosseini Toudeshki V., Arian M. (2011). ***Morphotectonic Analysis in the GhezelOzan River Basin, NW Iran*** // Journal of Geography and Geology, Vol. 3, № 1, pp. 258-265.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.10.6]