نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۴، بهار ۱۴۰۱

شناسایی مناطق مستعد فرسایش خاک با استفاده از روش اولویت‌بندی مورفومومتریک اصلاح شده و میزان تولید رسوب (مطالعه موردی حوضه کامیاران)

دریافت مقاله: ۹۸/۶/۵ **پذیرش نهایی:** ۹۸/۱۰/۱۵

صفحات: ۴۷۸-۴۶۱

منصور پروین: استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ایران[۱].
Email: mansorparvin@pnu.ac.ir

چکیده

حوضه‌های مناطق نیمه‌خشک نسبت به فرایند فرسایش خاک حساس بوده و هر ساله خسارات زیادی را در این زمینه متحمل می‌شوند. مطالعات مورفومتریکی روش مهمی در شناسایی مناطق مستعد فرسایش بوده و به نوعی پیش‌نیاز ارزیابی الگوی فرسایش در حوضه‌های آبخیز می‌باشد. حوضه نیمه‌خشک کامیاران به دلیل تنوع لیتولوژیکی، ژئومورفولوژی متنوع، توپوگرافی ناهموار و معیشت طبیعت محور ساکنان آن در معرض خطر فرسایش خاک قرار داشته و تعیین میزان پتانسیل فرسایش خاک این حوضه، جهت مدیریت علمی و توسعه پایدار آن ضروری است. هدف پژوهش اولویت‌بندی پتانسیل فرسایش خاک در زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران است. از نظر روش‌شناسی این پژوهش مبتنی بر روش‌های WSA و میانگین‌گیری بوده که بر مبنای محاسبه و رتبه‌بندی پارامترهای مورفومتریک می‌باشد. نتایج نشان داد، که بر اساس روش‌های WSA و میانگین‌گیری به ترتیب ۵۳,۶۳٪ و ۷۵,۹۱٪ مساحت حوضه کامیاران در پهنه‌های با پتانسیل فرسایش خاک زیاد قرار گرفته و نیازمند طرح‌های حفاظتی می‌باشند. روش WSA به علت مد نظر قرار دادن پارامترهای مورفومتریک مختلف و نحوه محاسبه دقیق کارایی بهتری برای مطالعات اولویت‌بندی فرسایش خاک دارد. زیرحوضه‌های شمالی حوضه کامیاران دارای پتانسیل زیاد فرسایش خاک بوده و زیرحوضه‌های جنوبی آن دارای پتانسیل کم فرسایش خاک می‌باشند. به طورکلی میزان پتانسیل فرسایش خاک در زیرحوضه‌های کامیاران متاثر از شرایط لیتولوژیکی و ژئومورفولوژیکی زیرحوضه‌ها بوده و پارامترهای مرتبط با نفوذ بیشترین تأثیر را در میزان پتانسیل فرسایش خاک زیرحوضه‌ها دارند.

کلید واژگان: فرسایش خاک، پارامترهای مورفومتریک، روش WSA، حوضه کامیاران.

۱ . **نویسنده مسئول**: تهران، دانشگاه پیام نور، گروه جغرافیا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

مقدمه

فرسایش خاک یک فرایند ژئومورفیک غالب است، که در سطح وسیعی از کره‌ی زمین رخ می‌دهد(زانگ و همکاران[۱]،۲۰۱۵:۲۲). در واقع فرسایش خاک حذف لایه‌ی خاک سطحی توسط آب و باد بوده(کادام و همکاران[۲]،۲۰۱۹: ۹۸۷) و در طی این فرایند ذرات خاک جدا شده و توسط باد یا آب حمل می‌شوند(مارکوس و همکاران[۳]،۲۰۰۸: ۴۱۸). فرسایش آبی زمانی رخ می‌دهد، که جریان سطحی ذرات خاک را جدا کرده و اشکالی مانند گالی، فرسایش شیاری و صفحه‌ی ایجاد می‌کند(کادام و همکاران،۲۰۱۹: ۹۸۸). فرسایش خاک برآیند مجموعه عواملی همچون کاربری اراضی، پوشش گیاهی، اقلیم، توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت، مواد آلی، ساختار و تخلخل است(ژو و همکاران[۴]،۲۰۱۷: ۱). فرسایش خاک دارای دو نوع طبیعی و تسریعی بوده و نوع تسریع یافته‌ی آن به دلیل تأثیرات اقتصادی و محیط‌زیستی، به عنوان یک مشکل جهانی مطرح است(لیم و همکاران[۵]، ۲۰۰۵: ۶۵). تفاوت بسیار زیاد بین میزان فرسایش خاک و تولید آن سبب شده، که خاک به عنوان منبع غیرقابل تجدید در نظر گرفته شود و مدیریت خاک یک عنصر ضروری برای کشاورزی پایدار و حفاظت از اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی می‌باشد(فائو و ای.تی.پی.اس[۶]،۲۰۱۵). فرسایش خاک با برهم زدن ساختار و توزیع کاربری اراضی تنش میان بشر و منابع زمین را تشدید کرده(لی[۷]،۲۰۱۱:۲) و بر اساس گزارش فائو و ای.تی.پی.اس (۲۰۱۵) در ۱۵۰ سال گذشته نیمی از خاک کره زمین فرسایش یافته است. این امر منجر به کاهش ظرفیت نفوذپذیری خاک(جایسوال و همکاران[۸]،۲۰۱۴: ۴۷۷) و کاهش کیفیت آب سطحی به علت وجود رسوب شده است(سینگه و پاندا[۹]،۲۰۱۷: ۲۰۳). شدت فرسایش خاک در ایران بالا بوده و سالانه نزدیک به ۲ میلیارد تن از خاک‌های با ارزش، هدر رفته و میزان خسارات سالانه آن حدود ۵۶ میلیارد دلار است(غلامی،۲۰۰۳: ۳۰). در سال‌های اخیر به علت دسترسی به مدل ارتفاع رقومی و تصاویر ماهواره‌ی محاسبه ویژگی‌های حوضه آبخیز تسهیل شده و استفاده از نرم افزارArcGIS امکان مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوضه‌ها و استخراج پارامترهای کمی آن‌ها را فراهم نموده است(سانی[۱۰]،۲۰۱۷ :۲۰۹۱). شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی‌تر و اولویت بندی آن‌ها بوده تا اقدامات حفاظتی مناسب صورت گیرد(گاجبهیی و همکاران[۱۱]،۲۰۱۴: ۴۹). اولویت‌بندی شامل رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها براساس وضعیت و شرایط منابع موجود و شدت فرسایش است. در این میان آنالیز مورفومتری، ابزار مهمی برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها حتی بدون در نظر گرفتن نقشه‌خاک است (اویناش[۱۲]،۲۰۱۱:۵۷۱). ارزیابی پارامترهای

1 - Zhang et al
2 - Kadam et al
3 - Marques et al
4 - Zhou et al
5 - Lim et al
6 - FAO and ITPS
7 - Li
8 - Jaiswal et al
9 - Singh and Panda
10 - Soni
11 -Gajbhiye et al
12 - Avinash etal

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

مورفومتری بیان‌کننده وضعیت حوضه و میزان مساعد بودن شرایط برای فرسایش‌پذیری و تعیین شدت فرسایش در منطقه است(جواد،۲۰۰۹:۲۶۳). با توجه به اهمیت زیاد مقوله فرسایش خاک مطالعات متعددی در سطح جهان و ایران در زمینه مورد مطالعه انجام گرفته، که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

تاکار و همکاران[1](۲۰۰۷) با استفاده از پارامترهای مورفومتری به اولویت‌بندی حوضه موهر[2] در هندوستان پرداخته و دریافتند، که پارامترهای مورفومتری شکلی رابطه منفی و پارامترهای مورفومتری خطی رابطه مثبت با فرسایش خاک دارند. جاوید و همکاران[3](۲۰۰۹) زیرحوضه‌ها، حوضه کنیرا[4] هندوستان را بر اساس آنالیز مورفومتری اولویت‌بندی نموده و پارامترهای خطی نقش مهمی در میزان فرسایش خاک داشته‌اند. ژانگ و همکاران[5](۲۰۱۵) به بررسی ارتباط پارامترهای مورفومتریک و میزان رسوب در فلات لسی چین پرداخته و نتایج نشان داد، که پارامترهای شکل‌حوضه، طول آبراهه اصلی، ارتفاع و شیب تأثیر زیادی بر رسوب حوضه دارد. کادام و همکاران(۲۰۱۹) در مطالعه‌ی به شناسایی مناطق مستعد فرسایش با اصلاح روش اولویت‌بندی مورفومتریک و میزان تولید رسوب شیوگانگا[6]در هندوستان پرداختند و نتایج نشان داد، ۴۱٪ مساحت حوضه در مناطق کوهستانی دارای شرایط بحرانی فرسایش خاک هستند. آمانی و نجفی‌زاده(۱۳۹۳) زیرحوضه‌های، حوضه لهندر استان گلستان را بر اساس آنالیز مورفومتری اولویت‌بندی کرده و زیرحوضه‌های بحرانی را مشخص کردند. مکرم و همکاران(۱۳۹۴) به ارزیابی ارتباط ویژگی‌های مورفومتری و فرسایش‌پذیری در حوضه نازلوچای پرداخته و نتایج نشان داد، که با افزایش تعدادآبراهه‌ها و طول آن‌ها میزان فرسایش خاک افزایش می‌یابد. فلاح سورکی و همکاران(۱۳۹۵) به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های، حوضه هراز بر مبنای پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی پرداخته و زیر حوضه‌های بحرانی را مشخص کردند. معتمدی و آذری(۱۳۹۶) به بررسی ارتباط ویژگی‌های ژئومورفیک در حوضه‌های منتخب خراسان رضوی پرداختند و نتایج نشان داد، که پارامترهای فیزیوگرافی حوضه دارای همبستگی مثبت و معنادار با میزان رسوب حوضه‌ها می‌باشند. مصطفی‌زاده و همکاران(۱۳۹۶)، زیرحوضه-های، حوضه روضه‌چای آذربایجان‌غربی را با استفاده از مدل پاسخ هیدرولوژیکی و آنالیز مورفومتری اولویت‌بندی نموده و واحدهای هیدرولوژیکی بحرانی را از نظر شرایط فرسایش خاک مشخص کردند. به منظور حفاظت از منابع خاک و آب باید نواحی فرسایش‌پذیر حوضه‌های آبخیز شناسایی گردند(وحیدی و همکاران؛۱۳۹۸، ۳۳). امروزه به علت پیشرفت علوم سامانه اطلاعات جغرافیای و سنجش از دور استفاده از پارامترهای مورفومتری در مطالعات فرسایش خاک زیرحوضه‌ها کم هزینه، سریع و کارآمد بوده و برای حوضه‌های فاقد آمار کاربرد گسترده‌ی دارد. حوضه‌ی کامیاران در زون‌های زمین‌شناسی سنندج - سیرجان و زاگرس مرتفع قرار گرفته و طیف گسترده‌ی از سازندهای کربناته، سری‌های دگرگونی-آذرین و نهشته‌های شیلی- مارنی در آن رخنمون دارد. به علت تنوع لیتولوژیکی، توپوگرافی ناهموار، اقلیم نیمه‌خشک و بارش‌های سنگین پاییزه و زمستانه و رواج معیشت کشاورزی و دامپروری حوضه کامیاران در معرض فرسایش خاک قرار دارد. از این‌رو ارزیابی پتانسیل فرسایش خاک و برآورد

1 - Thakkar et al
2 - Mohr
3 - Javed et al
4 - Kenera
5 - Zhang et al
6 - Shivganga

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

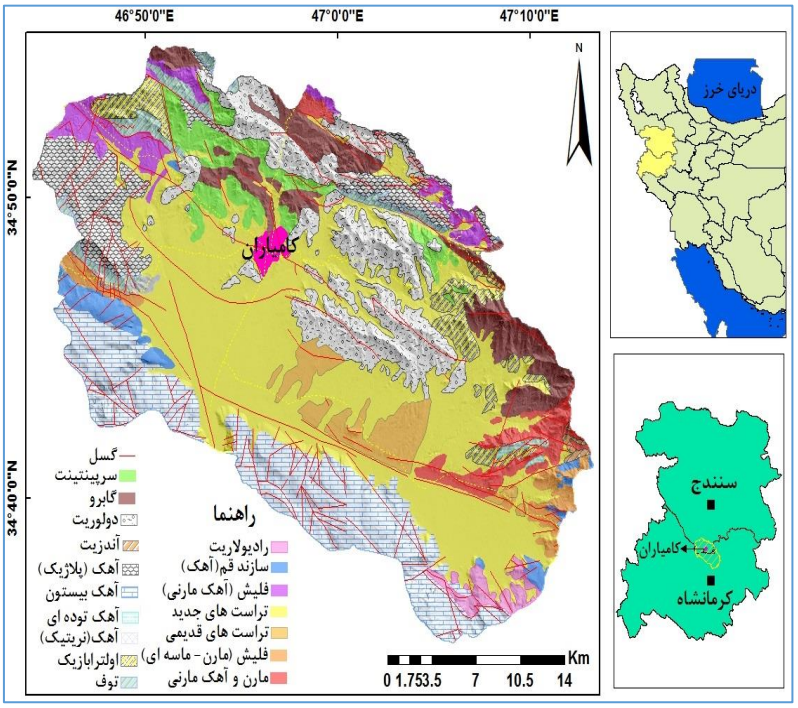
میزان رسوب جهت مدیریت بهینه و توسعه پایدار در حوضه کامیاران ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش ارزیابی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران از نظر مناطق مستعد فرسایش و برآورد میزان رسوب آن‌ها بر اساس مطالعات مورفومتریک است.

روش تحقیق

معرفی محدوده مورد مطالعه

حوضه‌ی کامیاران منطبق بر محدوده سیاسی شهرستان‌های کامیاران و کرمانشاه در جنوب استان کردستان و شمال استان کرمانشاه بین عرض‌های جغرافیایی ´۳۵ °۳۴ تا ´۵۶ °۳۴ شمالی و طول‌های جغرافیایی ´۴۴ °۴۶ تا ´۱۳ °۴۷ شرقی واقع شده است شکل(۱). مساحت این حوضه ۹۳۵ کیلومترمربع است و حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۲۷۰۳ متر در ارتفاعات آژوان و ۱۳۴۷ متر در خروجی حوضه است. رودخانه‌ی رازآور زهکش اصلی حوضه بوده و جزء حوضه‌ای آبخیز کرخه می‌باشد. از نظر ساختاری حوضه کامیاران متشکل از دشت ناودیسی - فرسایشی، کامیاران- بیلوار و توده‌های کوهستانی حاشیه‌ی است. ارتفاعات شمالی حوضه در زون سنندج - سیرجان واقع شده و از سری‌های آندزیتی، اولترابازیک، دولوریت، گابرو، توف، نهشته‌های مارنی، آهک- مارنی، نهشته‌های فلیشی و آهک پلاژیک تشکیل شده‌اند. نهشته‌های کواترنری در سطح دشت کامیاران- بیلوار رخنمون داشته و ارتفاعات جنوبی حوضه شامل آژوان- شاخ شکین جزء زون زاگرس مرتفع بوده و از سازند آهک بیستون، رادیولاریت و سازند آهکی قم تشکیل شده است. حوضه کامیاران از دیدگاه زمین‌ساختی تکتونیزه بوده و روند گسل‌های اصلی آن شمال‌غربی - جنوب‌شرقی بوده و از سه واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان، دشت و تپه ماهور تشکیل شده است. در واحد دشت لندفرم‌های فرسایشی - تراکمی حاصل از فعالیت آب‌های جاری همچون دشت‌آبرفتی، دشت فرسایشی، بستر روخانه، دشت سیلابی و پادگانه‌های آبرفتی شکل گرفته و در ارتفاعات آژوان- شاخ شکین، به علت وجود شرایط کارست‌زائی مناسب، ژئومورفولوژی توسعه‌یافته کارست و لندفرم‌های همچون غار، سینکهول، شافت و پلیه شکل گرفته‌اند. ارتفاعات شمالی حوضه کامیاران از سری‌های دگرگونی- آذرین و نهشته‌های فلیشی تشکیل شده و خطالراس‌ها، دره‌ها، اشکال فرسایش آبی، واریزه و قطعات ریزشی از مهمترین لندفرم‌های این ارتفاعات می‌باشند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]



شکل(۱). نقشه موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

داده‌های این پژوهش شامل DEM ده‌متر(سازمان نقشه‌برداری) حوضه کامیاران، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کامیاران و داده‌های مشاهداتی رسوب ایستگاه بیار است. در این پژوهش ابتدا محدوده‌ی حوضه‌ی کامیاران، شبکه‌ی زهکشی و زیرحوضه‌های آن استخراج گردید و رتبه‌بندی آبراهه‌ها بر اساس روش استرالر انجام گرفت. پارامترهای مورفومتری مورد استفاده در روش اول شامل دو پارامترخطی، نه پارامتر شکلی و دو پارامتر ناهمواری است جدول(۱). اولویت‌بندی، ترتیب سلسله مراتبی زیرحوضه‌های مختلف بر اساس شرایط هیدروژئومورفولوژیکی برای اقدامات حفاظت خاک است (پاندی و همکاران[1]،۲۰۰۷: ۵). اولویت‌بندی مقدماتی(Pr) زیرحوضه‌ها بر اساس مقادیر پارامترهای مورفومتری انجام می‌گیرد. پارامترهای مورفومتری نسبت انشعاب، طول جریان سطحی، فاکتور شکل، نسبت بافت، فراوانی جریان، بافت‌زهکشی، تراکم آبراهه، نسبت ناهمواری و میانگین‌شیب دارای رابطه مستقیم با فرسایش خاک دارند و زیرحوضه‌های با مقادیر بالای این پارامترها پتانسیل بیشتری برای فرسایش خاک داشته و بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. پارامترهای فاکتور فرم، نسبت کشیدگی، نسبت دایره‌ی و ضریب تراکم دارای رابطه معکوس با فرسایش خاک بوده و زیرحوضه‌های با مقادیر کمتر دارای پتانسیل بیشتری برای فرسایش خاک بوده و بالاترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهند. اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها با روش WSA انجام گرفت. این روش از تکنیک‌های رتبه‌بندی و همبستگی بهره برده و ابتدا ماتریس همبستگی بین پارامترهای مورفومتری تشکیل می‌شود. ضریب همبستگی دو متغیر عددی بین ۱- تا ۱+ بوده و هر چه

1 - Pandey et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

ضریب همبستگی به ۱ نزدیک‌تر باشد، بیانگر ارتباط خطی بالاتر بین دو متغیر است. هر چه ضریب همبستگی به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده کم بودن ارتباط خطی دو متغیر می‌باشد. مثبت بودن ضریب همبستگی بیانگر ارتباط مستقیم و منفی بودن آن بیانگر ارتباط معکوس آن دو متغیر است(تاکار و همکاران؛۲۰۰۷،۳۱۷). در ادامه مجموع همبستگی(SC) برای هر ستون محاسبه می‌گردد و مجموع کل(ST) حاصل جمع تمام ستون‌ها می‌باشد. وزن (W) هر پارامتر مورفومتریک از تقسیم مجموع همبستگی بر مجموع کل محاسبه می‌گردد رابطه(۱).

$$W=SC/ST \qquad \text{رابطه(۱)}$$

برای رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها شاخص ترکیب پارامتر(CPI) برای هر یک از آن‌ها محاسبه می‌گردد رابطه(۲). در این رابطه Pr رتبه پارامترها مورفومتریک است. زیرحوضه‌های با بیشترین مقادیر شاخص ترکیب پارامتر، بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده و دارای بیشترین پتانسیل فرسایش خاک است(کادام و همکاران،۲۰۱۹: ۹۸۹).

$$CPI=\Sigma(Pr*W) \qquad \text{رابطه(۲)}$$

مقادیر به دست آمده از شاخص ترکیب پارامتر هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه بر مبنای شکستگی طبیعی به چهار پهنه فرسایشی با پتانسیل خیلی‌کم، کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شوند(جینسک[1]،۱۹۷۱: ۲۲۵). در روش دوم اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل فرسایش بر اساس رتبه‌بندی اولیه و سپس میانگین‌گیری از رتبه‌های هر زیرحوضه تعیین می‌گردد(داس[2]،۲۰۱۴: ۶۷). زیرحوضه‌های با بیشترین میزان میانگین رتبه دارای پتانسیل کمتر برای فرسایش خاک بوده و زیرحوضه‌های با مقادیر کمتر میانگین رتبه‌بندی دارای پتانسیل بیشتر برای فرسایش خاک می‌باشند. در این روش پارامترهای مورفومتری نسبت‌انشعاب، تراکم‌زهکشی، فروانی‌آبراهه، بافت‌زهکشی، فاکتورفرم، نسبت‌دایره‌ی و نسبت‌کشیدگی به کار گرفته شده و نحوه رتبه‌بندی و نسبت آنها با پتانسیل فرسایش با روش اول یکسان می‌باشد. طبقه‌بندی کیفی مقادیر میانگین‌گیری شده بر اساس روش شکستگی طبیعی می‌باشد. در نهایت از داده‌های مشاهداتی رسوب ایستگاه بیار در داخل حوضه کامیاران برای دقت‌سنجی نتایج پژوهش استفاده گردید.

جدول (۱). پارامترهای مورفومتریک و نحوه‌ای محاسبه‌ی آن‌ها

	پارامتر	فرمول
پارامتر خطی	نسبت انشعاب	$R_b=N\mu/N\mu+1$ Nμ : تعداد آبراهه‌های یک رده، Nμ+1 : تعداد آبراهه‌های یک رده بالاتر
	طول جریان سطحی	$Lg = 1/D * 2$ D = تراکم زهکشی
پارامتر شکلی	فاکتور فرم	$Rf=A/Lb^2$ A: مساحت حوضه کیلومترمربع، Lb : طول حوضه کیلومتر
	فاکتور شکل	$Bs=Lb^2/A$ A: مساحت حوضه کیلومترمربع، Lb : طول حوضه کیلومتر
	نسبت کشیدگی	$Re=2/Lb*(A/\pi)^{0.5}$ ؛ π =۳،۱۴
	نسبت بافت	$D_t = N\mu /P$ Nμ= تعداد کل آبراهه های حوضه، P= محیط حوضه

[1] - Jenks
[2] - Das

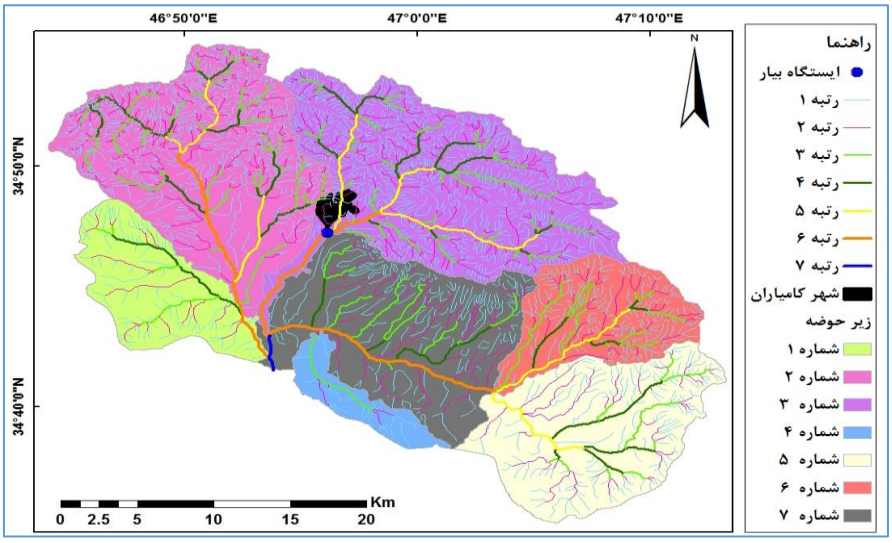
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

	نسبت دایره‌ی	$Rc= 12.56(A /P^2)$ A= مساحت حوضه، P= محیط حوضه
	فروانی آبراهه	$Fs = N\mu/A$ Nμ= تعداد کل آبراهه های حوضه، A= مساحت حوضه
	بافت زهکشی	$D_t = N\mu /P$ Nμ= تعداد کل آبراهه های حوضه، P= محیط حوضه
	تراکم زهکشی	$D_d = L\mu/A$ Lμ = مجموع طول آبراهه، A= مساحت حوضه
	ضریب تراکم	$Cc=0.282* L_b /A^{0.5}$ A= مساحت حوضه، P= محیط حوضه
پارامتر ناهمواری	ضریب ناهمواری	$R_r = H / L_b$ H= ناهمواری حوضه، L_b= طول حوضه
	میانگین شیب	-

(منبع :کادام؛۲۰۱۹)

نتایج

حوضه‌ی کامیاران دارای هفت زیرحوضه بوده شکل(۲) و الگوی شبکه‌ی زهکشی این حوضه در نواحی با رخنمون سازندهای آهکی از نوع الگو شاخه درختی باز و در نواحی با رخنمون سازندهای شیلی - مارنی و نهشته‌های کواترنری دارای الگو شاخه درختی متراکم است. زهکش اصلی حوضه مورد مطالعه رودخانه رازآور است، که دارای رتبه ۷ می‌باشد.



شکل (۲). نقشه زیرحوضه و شبکه زهکشی حوضه کامیاران. منبع: (نگارنده:۱۳۹۸)

رتبه‌بندی اولیه پارامترهای مورفومتری

در این رتبه‌بندی، زیرحوضه‌های با رتبه ۱ کمترین پتانسیل را برای فرسایش خاک داشته و با افزایش رتبه زیرحوضه‌ها، پتانسیل فرسایش آنها افزایش می‌یابد. بنابراین زیرحوضه‌های با رتبه ۵ بیشترین پتانسیل فرسایش خاک را دارا هستند. نسبت انشعاب ارتباط نزدیکی با الگوی اتصال شبکه‌ی زهکشی داشته (شوم،۱۹۵۶: ۶۱۱) و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

رابطه مستقیمی با فرسایش خاک دارد. نسبت انشعاب تمامی زیرحوضه‌های مورد مطالعه بیش از ۳،۶ بوده و این امر به علت شرایط کوهستانی آنها می‌باشد. از این‌رو زیرحوضه‌های شماره ۴ و شماره ۵ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین رتبه فرسایش خاک می‌باشند جدول(۲). طول جریان سطحی نسبت مستقیم با فرسایش خاک دارد و زیرحوضه شماره ۴ با ۳۵۰ متر بیشترین میزان این پارامتر را دارا بوده و بالاترین رتبه را در فرسایش خاک دارد. زیرحوضه شماره ۳ نیز به علت کمترین میزان طول جریان سطحی پایین‌ترین رتبه را در فرسایش خاک دارد جدول(۲). در حوضه‌های کشیده مقادیر فاکتور فرم کم بوده (ماگیش و چاندراسیکار[1]،۲۰۱۴:۱۳۳) و رابطه معکوس با فرسایش خاک دارد. زیرحوضه شماره ۴ کمترین میزان فاکتور فرم را داشته و بالاترین رتبه فرسایش خاک را دارا بوده و زیرحوضه شماره ۲ پایین‌ترین رتبه را دارا می‌باشد(جدول۲). پارامتر فاکتور شکل رابطه مستقیمی با میزان فرسایش خاک داشته و مقادیر بالای آن نشان‌دهنده‌ی پتانسیل زیاد وقوع جریان‌های سیلابی کوتاه مدت بوده(ردی و همکاران[2]،۲۰۰۱:۱۱) و این امر باعث فرسایش خاک می‌گردد. زیرحوضه شماره ۴ با بیشترین مقدار پارامتر فاکتورشکل دارای رتبه ۵ و زیرحوضه شماره ۴ دارای رتبه ۱ در فرسایش خاک می‌باشد جدول(۲). مقادیر بالای پارامتر نسبت‌کشیدگی نشان دهنده شکل دایره‌ی حوضه، دبی پیک و پتانسیل سیل-خیزی بالا است(سینگ و سینگ[3]،۱۹۹۷: ۳۷). بنابراین این پارامتر، رابطه معکوس با فرسایش خاک داشته و زیرحوضه شماره ۱ با داشتن بیشترین میزان این پارامتر، کشیده‌ترین زیرحوضه بوده و پایین‌ترین رتبه را در فرسایش خاک دارا می‌باشد. زیرحوضه شماره ۴ با کمترین میزان نسبت کشیدگی، بالاترین رتبه را در فرسایش خاک دارد جدول(۲). پارامتر نسبت بافت تحت تأثیر لیتولوژی، نفوذپذیری و توپوگرافی است(المقربی و همکاران[4]،۲۰۱۴:۲۷۹). اسمیت (۱۹۵۸) بر اساس نسبت‌بافت حوضه‌های زهکشی را به سه دسته درشت‌بافت (Km^{-1}۶،۴>)، متوسط بافت (۶/۴تا ۱۶ Km^{-1}) و ریزبافت (۱۶Km^{-1}<) تقسیم کرد. این پارامتر رابطه مستقیمی با میزان فرسایش خاک داشته و مقادیر پایین آن نشان دهنده‌ی میزان نفوذ بالا و کاهش فرسایش خاک است. زیرحوضه‌های شماره ۴ و شماره ۲ به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین رتبه را در فرسایش خاک دارا هستند. مقادیر بالای نسبت دایره‌ی نشان‌دهنده‌ی شکل دایره‌ی، ناهمواری بالا، نفوذپذیری کم، زمان تمرکز کم بوده و مقادیر پایین این پارامتر بیانگر شکل کشیده حوضه، زمان‌تمرکز طولانی و دبی پیک کمتر است(التاف و همکاران،۲۰۱۳: ۸۴۰۱). این پارامتر رابطه معکوس با فرسایش خاک داشته و مقادیر کم آن بیانگر پتانسیل کمتر برای فرسایش خاک است. زیرحوضه‌های شماره ۵ و شماره ۳ بر اساس پارامتر نسبت دایره‌ی به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین رتبه را در فرسایش خاک دارا می‌باشند. پارامتر فروانی آبراهه با ظرفیت نفوذ در ارتباط بوده(ایز و افیونگ[5]،۲۰۱۰،۲۱) و مقادیر بالای آن حاکی از نفوذناپذیری مواد زیرسطحی، ناهمواری بالا و کم بودن ظرفیت

1 - Magesh and Chandrasekar
2 - Reddy et al
3 - Singh & Singh
4 - El Maghraby et al
5 - Eze and Efiong

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

نفوذ است(پاتون و باکر[۱]،۱۹۷۶: ۹۴۴). پارامتر فروانی آبراهه رابطه مستقیم با فرسایش خاک داشته و زیرحوضه-های شماره ۴ و ۳ به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین رتبه پتانسیل فرسایش خاک را دارا می‌باشند. بافت زهکشی یک مفهوم ژئومورفولوژیکی است و نشان دهنده‌ی شرایط لیتولوژیکی، ظرفیت نفوذ و توپوگرافی است(رای و همکاران[۲]،۲۰۱۸: ۱۰). این پارامتر رابطه مستقیم با فرسایش خاک داشته و مقادیر پایین آن نشان‌دهنده نفوذپذیری بیشتر و فرسایش کمتر خاک می‌باشد. زیرحوضه‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین رتبه را در پتانسیل فرسایش خاک دارند. پارامتر تراکم زهکشی میزان رواناب سطحی را کنترل کرده(پالارد و همکاران[۳]،۲۰۰۹: ۱۰۲۵) و حوضه‌های با تراکم کم زهکشی دارای رواناب کم و میزان نفوذپذیری بالا می‌باشند. این پارامتر رابطه مستقیم با فرسایش خاک دارد و زیرحوضه شماره ۲ و ۴ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین رتبه را در فرسایش خاک دارا می‌باشند جدول(۲). ضریب فشردگی رابطه شکل یک حوضه را با یک دایره کامل در نظر گرفته و مقادیر Cc=1 نشان دهنده‌ی حالت دایره‌ی حوضه و مقادیر کمتر از ۱ انحراف از حالت دایره را نشان داده و این پارامتر مستقیما با میزان نفوذ در حوضه در ارتباط است(التاف و همکاران،۲۰۱۴:۸۳۹۲). زیرا در حوضه‌های کشیده امکان نفوذ آب بیشتر از حوضه دایره‌ی است. بنابراین مقادیر کم این پارامتر بیانگر حالت دایره‌ی حوضه و نفوذپذیری کمتر بوده و این پارامتر رابطه معکوس با فرسایش خاک دارد. بر اساس ضریب فشردگی زیرحوضه‌های شماره ۵ و۴ به ترتیب بیشترین و کمترین پتانسل فرسایش خاک را دارا هستند. نسبت ناهمواری بالا بیانگر زمان تاخیر کم، سرعت جریان زیاد و دبی پیک بالا بوده(بهات و احمد،۲۰۱۴: ۸۸۵) و نشان‌دهنده‌ی نفوذ کم در حوضه می‌باشد. نسبت ناهمواری رابطه مستقیم با فرسایش خاک دارد.مقادیر بالای این پارامتر بیانگر پتانسیل فرسایش بیشتر بوده و زیرحوضه‌های شماره ۶ و ۲ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین رتبه را در فرسایش خاک دارند. شیب توپوگرافی با افزایش سرعت رواناب و کاهش میزان نفوذ فرسایش خاک را تسریع کرده، بنابراین رابطه مستقیمی با فرسایش خاک دارد. زیرحوضه‌های کوهستانی شماره ۱، ۳، ۴، ۵ و ۶ دارای میانگین شیب بیش از ۲۰٪ بوده زیرحوضه‌های شماره ۳ و ۷ به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه پتانسیل فرسایش فرسایش خاک را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۲). رتبه‌بندی اولیه حساسیت به فرسایش زیرحوضه‌های حوضه کامیاران بر اساس پارامترهای مورفومتری

پارامتر مورفومتری	حوضه ۱	حوضه ۲	حوضه ۳	حوضه ۴	حوضه ۵	حوضه ۶	حوضه ۷
نسبت انشعاب(Rb)	۴,۵	۳,۸۶	۳,۹۷	۴,۸۷	۳,۶۳	۳,۸	۳,۶۶
رتبه	(۶)	(۴)	(۵)	(۷)	(۱)	(۳)	(۲)
طول جریان سطحی(Lg)	۰,۲۸	۰,۱۵	۰,۱۴	۰,۳۵	۰,۲۷	۰,۱۷	۰,۲۴
رتبه	(۶)	(۲)	(۱)	(۷)	(۵)	(۳)	(۴)
فاکتور فرم(Rf)	۰,۳۵	۰,۴۶	۰,۲۸	۰,۲۶	۰,۴۰	۰,۴۵	۰,۳۲
رتبه	(۴)	(۱)	(۶)	(۷)	(۳)	(۲)	(۵)
فاکتور شکل(Bs)	۲,۸۱	۲,۱۷	۳,۵	۳,۷	۲,۴۰	۲,۱۰	۳
رتبه	(۴)	(۲)	(۶)	(۷)	(۳)	(۱)	(۵)
نسبت کشیدگی(Re)	۰,۵۶	۰,۴۳	۰,۳۴	۰,۳۲	۰,۴۰	۰,۴۲	۰,۳۶

[1] - Patton and Baker
[2] - Rai et al
[3] -Pallard et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

رتبه	(۱)	(۲)	(۶)	(۷)	(۴)	(۳)	(۵)
نسبت بافت(Rt)	۱,۵۰	۸,۷۶	۷,۰۵	۰,۵۲	۲,۲۹	۳,۵۴	۱,۸۲
رتبه	(۲)	(۷)	(۶)	(۱)	(۴)	(۵)	(۳)
نسبت دایره‌ی(Rc)	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۱۸	۰,۳۴	۰,۳۲	۰,۲۳
رتبه	(۵)	(۲)	(۷)	(۶)	(۱)	(۳)	(۴)
فراوانی جریان(Fs)	۱,۹۴	۴,۷۷	۵,۰۴	۱,۰۲	۱,۵۰	۳,۰۱	۱,۴۲
رتبه	(۳)	(۶)	(۷)	(۱)	(۴)	(۵)	(۲)
بافت زهکشی(Dt)	۱,۹۱	۱۱,۱۸	۸,۸۱	۰,۶۳	۳,۰۶	۴,۴۸	۲,۴۸
رتبه	(۲)	(۷)	(۶)	(۱)	(۴)	(۵)	(۳)
تراکم زهکشی(Dd)	۱,۷۴	۳,۱۸	۳,۴۱	۱,۴۱	۱,۸۴	۲,۷۴	۲,۴۸
رتبه	(۲)	(۶)	(۷)	(۱)	(۳)	(۵)	(۴)
ضریب فشردگی(Cc)	۲,۱۹	۱,۷۵	۲,۴۳	۲,۳۹	۱,۷۱	۱,۷۶	۲,۰۹
رتبه	(۳)	(۶)	(۱)	(۲)	(۷)	(۵)	(۴)
نسبت ناهمواری(Rhl)	۷۳,۲۴	۱۲,۸۴	۴۵,۱	۲۳,۲۲	۱۷,۶۱	۹۰,۲۲	۴۶,۷۸
رتبه	(۶)	(۱)	(۴)	(۳)	(۲)	(۷)	(۵)
میانگین شیب(S)	۲۷,۸۷٪	۱۸,۸۹٪	۲۸,۲۵٪	۲۰,۷۴٪	۲۱,۴۳	۲۳,۳۶	۱۲,۸۳
رتبه	(۶)	(۲)	(۷)	(۳)	(۴)	(۵)	(۱)

اولویت‌بندی مورفومتریک با روش WSA

پس از رتبه‌بندی اولیه پارامترهای مورفومتری بر اساس مقادیر آن‌ها و رابطه پارامترهای مورفومتری با پتانسیل فرسایش خاک، ماتریس ضریب همبستگی بین مقادیر پارامترهای مورفومتری تشکیل گردید جدول(۳). بررسی ماتریس همبستگی نشان داد، پارامترهای طول جریان سطحی، فاکتور شکل و ضریب فشردگی به ترتیب بیشترین میزان ضریب همبستگی منفی را با پارامترهای مورفومتریکی دارند.

جدول (۳). ماتریس همبستگی پارامترهای مورفومتری در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

پارامتر	Rb	Lg	Rf	Bs	Re	Rt	Rc	Fs	Dt	Dd	Cc	Rhl	S
Rb	۱	۰,۶۳	-۰,۵۶	۰,۵۹	۰,۱۰	-۰,۳۹	-۰,۶۴	-۰,۳۰	-۰,۴۱	۰,۴۸	۰,۶۵	۰,۰۰۴	۰,۳۴
Lg	۰,۶۳	۱	-۰,۴۷	۰,۴۳	۰,۰۲	-۰,۸۷	-۰,۳۳	-۰,۸۹	-۰,۸۷	-۰,۹۷	۰,۲۹	-۰,۱۵	-۰,۱۴
Rf	۰,۶۳	-۰,۴۷	۱	-۰,۹۸	۰,۴۴	۰,۳۸	۰,۹۳	۰,۲۸	۰,۴۰	۰,۳۵	-۰,۹۴	۰,۱۱	-۰,۱۳
Bs	۰,۵۹	۰,۴۳	-۰,۹۸	۱	-۰,۵۳	-۰,۳۱	-۰,۹۲	-۰,۲۲	-۰,۳۳	-۰,۲۹	۰,۹۴	-۰,۱۶	۰,۱۲
Re	۰,۱۰	۰,۰۲	۰,۴۴	-۰,۵۳	۱	-۰,۰۷	۰,۲۴	-۰,۰۲	-۰,۰۶	-۰,۱۱	-۰,۲۹	۰,۴۶	۰,۳۸
Rt	-۰,۳۹	-۰,۸۷	۰,۳۸	-۰,۳۱	-۰,۰۷	۱	۰,۲۵	۰,۹۵	۰,۹۹	۰,۹۲	-۰,۱۹	-۰,۲۴	۰,۱۴
Rc	-۰,۶۴	-۰,۳۳	۰,۹۳	-۰,۹۲	۰,۲۴	۰,۲۵	۱	۰,۱۰	۰,۲۷	۰,۲۰	-۰,۹۹	-۰,۰۸	-۰,۲۶
Fs	-۰,۳۰	-۰,۸۹	۰,۲۸	-۰,۲۲	-۰,۰۲	۰,۹۵	۰,۱۰	۱	۰,۹۵	۰,۹۶	-۰,۰۴	-۰,۰۲	۰,۳۵
Dt	-۰,۴۱	-۰,۸۷	۰,۴۰	-۰,۳۳	-۰,۰۶	۰,۹۹	۰,۲۷	۰,۹۵	۱	۰,۹۲	-۰,۲۲	-۰,۲۴	۰,۱۲
Dd	-۰,۴۸	-۰,۹۷	۰,۳۵	-۰,۲۹	-۰,۱۱	۰,۹۲	۰,۲۰	۰,۹۶	۰,۹۲	۱	-۰,۱۵	۰,۰۷	۰,۲۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

Cc	۰,۶۵	۰,۲۹	-۰,۹۴	۰,۹۴	-۰,۲۹	-۰,۱۹	-۰,۹۹	-۰,۰۴	-۰,۲۲	-۰,۱۵	۱	۰,۰۳	۰,۳۱
Rhl	۰,۰۰۴	-۰,۱۵	۰,۱۱	-۰,۱۶	۰,۴۶	-۰,۲۴	-۰,۰۸	-۰,۰۲	-۰,۲۴	۰,۰۷	۰,۰۳	۱	۰,۳۷
S	۰,۳۴	-۰,۱۴	-۰,۱۳	۰,۱۲	۰,۳۸	۰,۱۴	-۰,۲۷	۰,۳۵	۰,۱۲	۰,۲۲	۰,۳۱	۰,۳۷	۱
SC	-۰,۴۷	-۳,۳۳	-۰,۱۷	-۱,۶۸	۰,۵۳	۱,۵۵	-۱,۲۱	۲,۰۹	۱,۵۰	۱,۴۱	-۰,۶۱	۰,۱۵	۱,۸۳
ST	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹	۱,۵۹
W	-۰,۲۹	-۲,۰۸	-۰,۱۱	-۱,۰۵	۰,۳۳	۰,۹۷	-۰,۷۶	۱,۳۱	۰,۹۴	۰,۸۸	-۰,۳۸	۰,۰۹	۱,۱۵

منبع: (نگارنده:۱۳۹۸)

پارامترهای میانگین شیب، فاکتورفرم و تراکم زهکشی بیشترین ضریب همبستگی مثبت را با سایر پارامترهای مورفومتری دارا می‌باشند. پارامترهای بافت زهکشی - نسبت‌بافت(۰,۹۹)، تراکم‌زهکشی- فروانی‌جریان(۰,۹۶) و دارای همبستگی مثبت قوی و پارامترهای نسبت‌دایره‌ی-ضریب فشردگی(۰,۹۹-)، فاکتورشکل- فاکتورفرم (۰,۹۸-) و تراکم‌زهکشی و طول‌جریان سطحی(۰,۹۷-) دارای همبستگی منفی قوی می‌باشند. مجموع همبستگی پارامترهای مورفومتریک مورد استفاده دارای مقادیری بین ۳,۳۳- تا ۱,۵۰ بوده جدول(۳) و مجموع کل، برای تمامی پارامترها ۱,۵۹می‌باشد جدول(۳). در ادامه بر اساس رابطه(۱) وزن هر یک از پارامترهای مورفومتریک مورد استفاده محاسبه شد، که دارای مقادیری بین ۲,۰۸- تا ۱,۳۱ می‌باشند جدول(۳). برای محاسبه شاخص ترکیب پارامتر هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه، وزن هر یک از پارامتر مورفومتریک سیزده‌گانه در مقادیر رتبه‌بندی مقدماتی هر پارامتر مورفومتری جدول(۳) ضرب شده و مجموع حاصل آن‌ها، مقادیر شاخص ترکیب پارامتر زیرحوضه را نشان می‌دهد جدول(۴). رابطه(۳) نحوه محاسبه شاخص ترکیب پارمترا زیر حوضه شماره ۱ را نشان می‌دهد.

رابطه(۳)

CPI= (6*(-0.29)) + (6*(-2.08)) +(4*(-0.11))+(4*(-1.05))+(1*0.33)+(2*0.97)+(5*(-0.76))+ (3*1.31)+(2*0.94)+(2*0.88)+(3*(-0.38))+(6*0.09)+(6*1.15)=-6.55

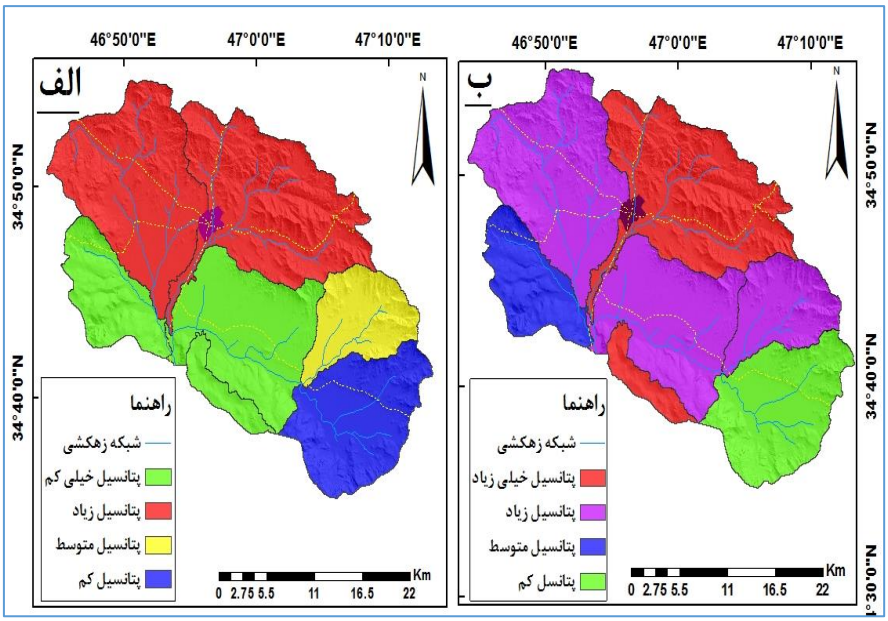
اولویت‌بندی زیرحوضه‌های هفت‌گانه حوضه کامیاران از نظر پتانسیل فرسایش بر اساس مقادیر شاخص ترکیب پارامتر انجام گرفته و زیرحوضه‌های شماره ۴، ۱ و ۷ دارای مقادیر منفی شاخص ترکیب فرسایش بوده و به ترتیب رتبه‌های ۱، ۲ و ۳ را از نظر پتانسیل فرسایش خاک به خود اختصاص داده‌اند جدول(۵). این زیرحوضه‌ها در پهنه‌های فرسایش خیلی‌کم قرار دارند جدول(۵). زیرحوضه شماره ۵ دارای رتبه ۴ بوده و در پهنه‌ی فرسایشی با پتانسیل کم قرار دارد. زیرحوضه شماره ۶ دارای رتبه‌ی ۵ از نظر پتانسیل فرسایشی بوده و در پهنه‌ی با پتانسیل فرسایش متوسط قرار دارد. زیرحوضه‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب رتبه‌های ۶ و ۷ را در پتانسیل فرسایش خاک داشته و در پهنه فرسایش زیاد قرار دارند شکل(۳).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

جدول(۴). مقادیر شاخص ترکیب پارامتر و رتبه‌بندی پتانسیل فرسایش زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران

زیرحوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شاخص ترکیب پارامتر	-۶,۵۵	۱۸,۲۴	۲۱,۰۳	-۱۹,۹۶	۴,۰۲	۱۵,۳۵	-۴,۱۳
رتبه	۲	۶	۷	۱	۴	۵	۳
پتانسیل فرسایش	خیلی کم	زیاد	زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	خیلی‌کم

منبع: (نگارنده:۱۳۹۸)



شکل(۳). نقشه اولویت‌بندی زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران؛ الف)- بر اساس روش WSA و ب)- روش میانگین‌گیری. منبع(نگارنده:۱۳۹۸).

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس روش میانگین‌گیری

ابتدا مقادیر پارامترهای مورفومتریک هفت‌گانه مورد استفاده محاسبه گردید. سپس پارامترهای مورفومتریک نسبت انشعاب، بافت زهکشی، فروانی جریان و تراکم زهکشی، که دارای رابطه مستقیم با پتانسیل فرسایش خاک بوده رتبه‌بندی شده و زیرحوضه‌های با مقادیر بالای این پارامترها دارای بالاترین رتبه در پتانسیل فرسایش خاک می‌باشند. پارامترهای فاکتورفرم، نسبت کشیدگی و نسبت دایره‌ی رابطه معکوس با پتانسیل فرسایش خاک داشته و زیرحوضه‌های با مقادیر کم دارای بالاترین رتبه در پتانسیل فرسایش خاک می‌باشند جدول(۴). مقادیر حاصل از میانگین‌گیری از پارامترهای مورفومتریک برای هر زیرحوضه جدول(۴) نشان داد، که زیرحوضه شماره ۵ دارای کمترین رتبه و پتانسیل کم فرسایش خاک بوده و زیرحوضه شماره ۱ نیز دارای رتبه ۲ و پتانسیل متوسط فرسایش خاک است. زیرحوضه‌های شماره ۲، ۶ و ۷ دارای پتانسیل زیاد فرسایش خاک و زیرحوضه‌هاس شماره ۳ و ۴ دارای بالاترین رتبه بوده و دارای پتانسیل خیلی‌زیاد فرسایش می‌باشند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

جدول (۵). رتبه‌بندی اولیه حساسیت به فرسایش زیرحوضه‌های حوضه کامیاران بر اساس روش میانگین‌گیری

پارامتر مورفومتری	حوضه ۱	حوضه ۲	حوضه ۳	حوضه ۴	حوضه ۵	حوضه ۶	حوضه ۷
نسبت انشعاب(Rb)	۴,۵	۳,۸۶	۳,۹۷	۴,۸۷	۳,۶۳	۳,۸	۳,۶۶
رتبه	(۶)	(۴)	(۵)	(۷)	(۱)	(۳)	(۲)
فاکتور فرم(Rf)	۰,۳۵	۰,۴۶	۰,۲۸	۰,۲۶	۰,۴۰	۰,۴۵	۰,۳۲
رتبه	(۴)	(۱)	(۶)	(۷)	(۳)	(۲)	(۵)
نسبت کشیدگی(Re)	۰,۵۶	۰,۴۳	۰,۳۴	۰,۳۲	۰,۴۰	۰,۴۲	۰,۳۶
رتبه	(۱)	(۲)	(۶)	(۷)	(۴)	(۳)	(۵)
نسبت دایره‌ی(Rc)	۰,۲۰	۰,۳۳	۰,۱۷	۰,۱۸	۰,۳۴	۰,۳۲	۰,۲۳
رتبه	(۵)	(۲)	(۷)	(۶)	(۱)	(۳)	(۴)
فراوانی جریان(Fs)	۱,۹۴	۴,۷۷	۵,۰۴	۱,۰۲	۱,۵۰	۳,۰۱	۱,۴۲
رتبه	(۳)	(۶)	(۷)	(۱)	(۴)	(۵)	(۲)
بافت زهکشی(Dt)	۱,۹۱	۱۱,۱۸	۸,۸۱	۰,۶۳	۳,۰۶	۴,۴۸	۲,۴۸
رتبه	(۲)	(۷)	(۶)	(۱)	(۴)	(۵)	(۳)
تراکم زهکشی(Dd)	۱,۷۴	۳,۱۸	۳,۴۱	۱,۴۱	۱,۸۴	۲,۷۴	۲,۴۸
رتبه	(۲)	(۶)	(۷)	(۱)	(۳)	(۵)	(۴)
میانگین	۳,۲۸	۴	۶,۲۸	۴,۴۲	۲,۸۵	۳,۷۱	۳,۷۵
رتبه	۲	۵	۷	۶	۱	۳	۴
پتانسیل فرسایش	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی‌زیاد	کم	زیاد	زیاد

منبع(نگارنده:۱۳۹۸).

بحث

در مقوله فرسایش خاک روش‌های متعددی برای مطالعه این پدیده وجود دارد و مرسوم‌ترین آن‌ها روش‌های تجربی و مشاهدات میدانی بوده، که به علت زمان‌بری و پرهزینه بودن در مناطق وسیع کارایی چندانی ندارند. در این میان اولویت‌بندی حوضه‌ها بر مبنای آنالیز پارامترهای مورفومتری، که بیان‌کننده وضعیت و شرایط حوضه‌ها برای فرسایش‌پذیری و تعیین شدت فرسایش است، به علت سهولت انجام، زمان‌بری کم و نتایج قابل قبول، از مناسب‌ترین و کارآمدترین روش‌ها در مطالعات فرسایش خاک است(کادام و همکاران؛۲۰۱۹، ۹۸۵). بر اساس روش WSA زیرحوضه‌های شماره ۲ و ۳ در پهنه با پتانسیل فرسایش زیاد قرار گرفته و در مجموع ۴۶,۳۷٪ مساحت حوضه کامیاران را تشکیل می‌دهند. زیرحوضه شماره ۶ در پهنه با پتانسیل فرسایش متوسط قرار گرافته و ۹٪ مساحت حوضه کامیاران را در برمی‌گیرد. زیرحوضه شماره ۵ در پهنه با پتانسیل فرسایش کم قرار داشته و ۱۵,۴۱٪ مساحت حوضه کامیاران را شامل شده و زیرحوضه‌های شماره ۱، ۴ و ۷ در پهنه‌ای با پتانسیل فرسایش خیلی کم قرار گرفته و در مجموع ۲۹,۲۲٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. زیرحوضه‌های با پتانسیل فرسایش کم و خیلی‌کم در محدوده جنوبی حوضه کامیاران قرار گرفته‌اند. این محدوده از نظر زمین‌شناسی عمدتا از سازندهای نفوذپذیر کربناته بیستون، آهک مارنی و قم، رادیولاریت و نهشته‌های کواترنری جدید و قدیم تشکیل شده است. از نظر ژئومورفولوژی این زیرحوضه‌ها در واحدهای کوهستان، تپه‌ماهور و دشت قرار گرفته و در واحد کوهستان در محدوده رخنمون آهک بیستون ژئومورفولوژی کارست توسعه یافته، شکل گرفته است. لندفرم‌های کارستی همچون سینکهول‌ها، پونور، جاما، میدان‌های لاپیه‌ی و ... باعث افزایش نفوذ و کاهش رواناب شده و در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

نتیجه پتانسیل فرسایش خاک کاهش یافته است. بررسی مقادیر پارامترهای مورفومتری، نسبت بافت، فراوانی جریان، بافت زهکشی و تراکم زهکشی زیرحوضه‌ها جنوبی حوضه کامیاران نشان‌دهنده‌ی نفوذپذیری بالای این زیرحوضه‌ها و در نتیجه پتانسیل کم فرسایش خاک آن‌ها می‌باشد. زیرحوضه‌های با پتانسیل فرسایش متوسط و زیاد در محدوده‌ی شمالی حوضه کامیاران منطبق بر سری‌های آذرین- دگرگونی قرار دارند. این زیرحوضه‌ها از لحاظ لیتولوژی دارای نفوذپذیری کم بوده و از نظر ژئومورفولوژی منطبق بر واحد کوهستان با توپوگرافی ناهموار و شیب زیاد می‌باشند. مقادیر پارامترهای شکلی همچون تراکم زهکشی، نسبت بافت، فروانی جریان بیانگر میزان نفوذپذیری کم و در نتیجه پتانسیل زیاد فرسایش خاک می‌باشند. در روش میانگین‌گیری حوضه‌های شماره ۳ و ۴ دارای پتانسیل فرسایش خیلی‌زیاد بوده و ۲۶,۹۴٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. زیرحوضه‌های شماره ۲، ۶ و ۷ دارای پتانسیل فرسایش زیاد بوده و ۴۸,۹۶٪ مساحت حوضه کامیاران را به خود اختصاص داده‌اند. زیرحوضه‌های شماره ۱ و شماره۵ به ترتیب دارای پتانسیل فرسایش خاک متوسط و کم می‌باشند. این زیرحوضه‌ها به ترتیب ۸,۶۶٪ و ۱۵,۴۱٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. علی‌رغم بهره‌گیری دو مدل از پارامترهای مورفومتری نتایج آنها دارای مشابهت کم می‌باشد. در روش میانگین‌گیری نتایج حاصله تطابق چندانی با واقعیت حوضه کامیاران ندارد. زیرا زیرحوضه‌های کارستی با میزان نفوذپذیری بالا را در پهنه‌های با پتانسیل فرسایش زیاد و خیلی‌زیاد قرار داده و زیرحوضه‌های شمالی حوضه با میزان فرسایش زیاد را در پهنه‌های با پتانسیل فرسایش کم قرار داده است. خالدیان و همکاران(۱۳۹۷) در طی مطالعه وضعیت فرسایش خاک در حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری بیار منطبق بر حوضه شماره ۳ دریافتند، که میزان فرسایش خاک در این زیرحوضه ۷,۶۷ تن/هکتار/سال بوده و میزان رسوب ویژه این زیرحوضه در ایستگاه بیار ۱,۶۳تن/هکتار/سال، است.

نتیجه‌گیری

حوضه کامیاران در جنوب استان کردستان به علت تنوع لیتولوژیکی، ژئومورفولوژی ناهمگون و توپوگرافی ناهموار و معیشت طبیعت محور مردم ساکن حوضه در معرض فرسایش خاک قرار دارد. به علت حاکمیت شرایط متفاوت عوامل محیطی موثر در فرسایش خاک در زیرحوضه‌های آن، پتانسیل فرسایش خاک در زیرحوضه‌های آن یکسان نمی‌باشد. به کارگیری پارامترهای مورفومتری در اولویت‌بندی پتانسیل فرسایش خاک زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران به علت نبود داده‌های مشاهداتی در تمامی زیرحوضه‌های آن، یک روش مناسب و کارآمد می‌باشد. بر اساس روش WSA زیرحوضه‌های شماره ۱، ۴، ۷ و ۵ واقع در نیمه‌ی جنوبی حوضه کامیاران به علت رخنمون سازندهای کربناته و شکل‌گیری ژئومورفولوژی کارست و رخنمون نهشته‌های نفوذپذیر کواترنری در پهنه با پتانسیل فرسایش خاک خیلی‌کم و کم قرار گرفته‌اند. مقادیر پارامترهای شکلی همچون تراکم آبراهه، فروانی جریان و نسبت بافت حاکی از میزان نفوذپذیری بالای زیرحوضه‌های جنوبی، حوضه کامیاران بوده و این امر باعث کاهش رواناب و کاهش پتانسیل فرسایش خاک در این زیرحوضه‌ها شده است. از نظر رتبه اولویت‌بندی جهت اقدامات حفاظتی زیرحوضه‌های شماره ۱، ۴، ۷ و ۵ دارای رتبه‌های ۱ تا ۴ بوده و در مجموع ۴۴,۶۲٪ مساحت حوضه کامیاران را دربرگرفته‌اند. زیرحوضه‌های واقع در نواحی شمالی حوضه کامیاران دارای لیتولوژی نسبتا نفوذناپذیر و ناهمواری توپوگرافی بالا بوده و مقادیر کم پارامترهای مرتبط با نفوذپذیری بیانگر میزان رواناب بالاتر و پتانسیل فرسایش بیشتر می‌باشد. زیرحوضه‌های شماره ۳، ۲ و ۶ به ترتیب بالاترین اولویت‌ها را برای اقدامات

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

حفاظتی فرسایش خاک داشته و ۵۳٫۶۳٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. بر اساس روش میانگین‌گیری ۵ زیرحوضه‌ها در پهنه پتانسیل زیاد و خیلی‌زیاد فرسایش خاک قرار گرفته، که ۷۵٫۹۱٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. زیرحوضه‌های شماره ۱و ۵ که به ترتیب در پهنه‌های با پتانسیل فرسایش متوسط و کم قرار گرفته‌اند، ۲۴٫۰۹٪ مساحت حوضه کامیاران را در برگرفته‌اند. نتایج این مدل با واقعیت‌های میدانی و شرایط لیتولوژیکی و ژئومورفولوژیکی حوضه تطابق ندارد. بنابراین نتایج روش WSA با واقعیت میدانی تطابق بیشتری داشته و کارایی بهتری نسبت به روش میانگین‌گیری دارد. ارزیابی نتایج روش WSA با میزان فرسایش سالانه و رسوب دهی ویژه حوضه شماره ۳ نیز تایید کننده‌ی نتایج این مدل و بالا بودن فرسایش در زیرحوضه شماره ۳ می‌باشد. روش WSA به علت به کارگیری ۱۳ پارامتر مورفومتری خطی، شکلی و ناهمواری و همچنین محاسبه همبستگی بین آن‌ها داری کارایی بسیار بهتری نسبت به روش میانگین‌گیری بوده که تنها با هفت پارامتر مورفومتریک متکی بوده و اولویت‌بندی بر اساس میانگین‌گیری ساده صورت می‌گیرد. در نهایت می‌توان اذعان داشت، که روش WSA به علت مد نظر قرار دادن پارامترهای مورفومتریک مختلف و نحوه محاسبه دقیق کارایی بهتری برای مطالعات اولویت‌بندی فرسایش خاک داشته و نتایج این مدل در مقایسه با نتایج مطالعه خالدیان و همکاران(۱۳۹۷) در زیرحوضه شماره ۳ همپوشانی داشته و نتایج آن را تایید می‌کند. در نهایت می‌توان گفت میزان پتانسیل فرسایش خاک در زیرحوضه‌های، حوضه کامیاران متاثر از شرایط لیتولوژیکی و ژئومورفولوژیکی زیرحوضه‌ها بوده و پارامترهای مرتبط با نفوذ بیشترین تأثیر را در این زمینه دارند. زیرحوضه‌های واقع در نواحی شمالی حوضه کامیاران دارای پتانسیل زیاد برای فرسایش خاک بوده و نیازمند اجرای طرح‌های آبخیزداری همچون بانکت‌بندی دامنه‌ها و ایجاد سدهای خشکه‌چین در داخل آبراهه‌های اصلی و احیا پوشش گیاهی می‌باشند. اما زیرحوضه‌های کارستی واقع در نواحی جنوبی حوضه کامیاران به علت پتانسیل فرسایش کم خاک، نیازمند اجرای طرح‌های حفاظتی نمی‌باشند.

منابع

آمانی، محمد؛ و نجفی نژاد، علی.(۱۳۹۳). **اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS، حوضه آبخیز لهندر، استان گلستان**، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، ۵(۹): ۱۵-۱.

خالدیان، حسین؛ جعفری اردکانی، علی؛ و حبیبی، ناصر.(۱۳۹۷). **بررسی کارآیی مدل EPM در برآورد میزان رسوبدهی حوضه مرزی غرب**، سومین کنفرانس ملی حفاظت آب و خاک و آبخیزداری، کد مقاله COI SCWM03_088.

فلاح سورکی، مقدسه؛ کاویان، عطاالله؛ و امیدوار، ابراهیم.(۱۳۹۵). **اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز هراز به منظور عملیات حفاظت آب و خاک بر مبنای پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی**، نشریه علوم آب و خاک ، ۲۰(۷۷): ۸۵-۹۹.

مصطفی‌زاده، رئوف؛حجی، خدیجه، اسمعالی‌عوری، اباذر؛ و نظرنژاد، حبیب.(۱۳۹۶). **اولویت‌بندی زیرحوضه‌های بحرانی از لحاظ فرسایش و رسوب با استفاده از مدل پاسخ فرسایش حوضه(WERM) و آنلیز**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

مورفومتری(مطالعه موردی: حوضه آبخیز روضه‌چای، استان آذربایجان‌غربی)، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، ۸(۱۶): ۱۵۶-۱۴۲.

معتمدی، راضیه؛ آذری، محمود؛(۱۳۹۶)، **ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک با رسوب آبخیز(مطالعه موردی: زیرحوضه‌های منتخب خراسان رضوی)**، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۴(۲۸): ۱۰۱-۸۲.

مکرم، مرضیه؛ درویشی بلورانی، علی؛ و نگهبان، سعید.(۱۳۹۶). **ارتباط ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های آبخیز و فرسایش‌پذیری در سطحوخ مختلف ارتفاعی با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی(TPI) مطالعه موردی حوضه نازلوچای**، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، ۲۶(۱۰۱): ۱۴۲-۱۳۱.

وحیدی محمدجواد، میرعباسی نجف آبادی رسول،(۱۳۹۸)، **پهنه‌بندی نواحی حساس به فرسایش آبی در حوضه آبخیز هروی**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی.۱۹(۵۳)، ۳۳-۴۹.

Adam, A. K., Jaweed, T. H., Kale, S. S., Umrikar, B. N., & Sankhua, R. N. (2019). **Identification of erosion-prone areas using modified morphometric prioritization method and sediment production rate: a remote sensing and GIS approach**. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1), 986-1006.

Altaf S, Meraj G, Romshoo SA. (2014). **Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed**. Environ Monit Assess. 186(12):8391–8412.

Avinash, K., Jayappa, K., and Deepika, B. (2011). **Prioritization of sub-basins based on geomorphology and morphometric analysis using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques**. Geocarto International, vol 26(7), pp. 569-592.

Bhatt, S., & Ahmed, S. A. (2014). **Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM**. Geocarto International , 29(8), 878-894.

Das, D.,(2014). **Identification of Erosion Prone Areas by Morphometric Analysis El Maghraby**, M., Masoud, M., & Niyazi, B. (2014). Assessment of Surface Runoff in Arid, Data Scarce Regions; An Approach Applied in Wadi Al Hamd, Al Madinal al Munawarah, Saudi Arabia. Life Science Journal, 11(4).

Eze BE, Efiong J .(2010). **Morphometric parameters of the Calabar River basin: implication for hydrologic processes**. J Geogr Geol 2:18–26.

FAO and ITPS. (2015). **Status of the world's soil resources (SWSR) – main report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Gajbhiye, S., S.K. Sharma and C. Meshram. (2014). **Prioritization of watershed through sediment yield index using RS and GIS approach.** International Journal of Science and Technology, 6(7): 47-60.

Gholami, S. H. (2003). **The simulation of daily sediment yield by using distributed SWAT model in mountainous catchments (Amameh Catchments),** Journal of Research and Construction, Vol.16 : 28-33.

Jaiswal RK, Thomas T, Galkate RV, Ghosh NC, Singh S. (2014). **Watershed prioritization using New Jersey**. Geol Soc Am Bull. 67(5):597–646.

Javed, A. and M.Y. Khanday and R. Ahmed. (2009). **Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques**. Journal of the Indian society of Remote Sensing, 37: 261-274.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

Jenks GF, Caspall FC. (1971). **Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction. Ann Assoc Am Geogr.** 61(2):217–244.

Li, R., (2011). **The research on the process and adjustment of soil erosion in the main water eroded region of China Bulletin of soil and water conservation** 31(5) 1-6.

Lim, K. J., Sagong, M., Engel, B. A., Tang, Z., Choi, J., & Kim, K. S. (2005). **GIS-based sediment assessment tool**. Catena, 64(1), 61-80.

Magesh NS, Chandrasekar N. (2014). **GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani subbasin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India**. Arab J Geosci. 7(1):131–141.

Marques M J, Bienes R, Perez-Rodriguez R, et al. (2008). **Soil degradation in Central Spain due to sheet water erosion by low-intensity rainfall events Earth Surf. Proc**. Land 33 (3) 414–423.

Pandey VK, Pandey A, Panda SN. (2007). **Application of Remote Sensing and GIS for watershed characteristics to sediment yield: Evidence from the Loess Plateau of China, Geomorphology**, 234,

Pareta, K., Pareta, U. (2011). **Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS**. International journal of Geomatics and Geosciences, 2(1), 248.

Patton PC, Baker VR (1976). **Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls**. Water Resour Res 12:941–952.

Rai, P. K., Chandel, R. S., Mishra, V. N., Singh, P. (2018**). Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data.** Applied Water Science, 8(1), 15.

Reddy, G. P. O., Maji, A. K., & Gajbhiye, K. S. (2004). **Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India–a remote sensing and GIS approach.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 6(1), 1-16.

Saaty's. (2010). **AHP based decision support for soil conservation measures**. Water Resour Manage. Pradesh India using geospatial technique, Applied Water Science, 7(5), 2089-2102.

Singh G, Panda RK. (2017). **Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: a case study in the Kapgari watershed, India. Int Soil Water Conserv Res**. 5(3):202–211.

Singh S, Singh MC .(1997) . **Morphometric analysis of Kanhar river basin**. Natl Geogr J India 43(1):31–43.

Schumm SA .(1956). **Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambos, New Jersey**. Geol Soc Am Bull 67:597–646.

Soni, S.(2017). **Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya characterization—a case study of Banikdin watershed (Eastern India).** Asian J Geoinformatics. 3(7):3–15.

Thakkar, A. K. and S. D. Dhiman. (2007). **Morphometric analysis and prioritization of miniwatersheds in a Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques**. J. of the Indian society of Remote Sensing 35 (4): 313-321.

Zhang, H. Y.; Shi, Z. H.; Fang, N. F.; & M. H. Guo. (2015). **Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield**: Evidence from the Loess Plateau of China, Geomorphology, 234, 19-27.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]

Zhou, H. Y., Pan, X. Y., & Zhou, W. Z. (2017). **Assessing spatial distribution of soil erosion in a karst region in southwestern China: A case study in Jinfo Mountains. In IOP Conference Series:** Earth and Environmental Science (Vol. 52, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.87.0]

[DOI: 10.52547/jgs.22.64.478]