دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

نقش سازندهای زمین‌شناسی و توپوگرافی در توسعه اشکال فرسایش آبی حوزه آبخیز گلیداغ، استان گلستان

عیسی جوکار سرهنگی[1] و جواد عموزاد مهدیرجی[2]

۱- دانشیار دانشگاه مازندران، (نویسنده مسوول: e.jokar@umz.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۸
صفحه: ۱۶۸ تا ۱۷۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: اشکال مختلف فرسایش آبی در بیش‌تر مناطق ایران مشاهده می‌شود و هر یک از آن‌ها نقش و سهم خاصی در تولید رسوب بر عهده دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی در پیدایش اشکال مهم فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ واقع در استان گلستان انجام شده است.

مواد و روش‌ها: ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل‌ارث، عکس‌های هوایی، نقشه‌ها و بازدیدهای میدانی، اشکال فرسایشی و خصوصیات آن‌ها در منطقه مشخص شد. جنس زمین، ارتفاع، شیب و جهت دامنه در منطقه به‌عنوان متغیرهای مستقل و هر یک از اشکال فرسایش آبی شامل فرسایش سطحی، شیاری، آبکندی و بدلند به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. آنگاه لایه‌های اطلاعاتی متغیرهای مستقل با لایه اشکال فرسایش در محیط ArcGIS همپوشانی شدند و رابطه بین آن‌ها از طریق توزیع آماری کای‌دو (χ^2) به کمک نرم‌افزار SPSS به دست آمد.

یافته‌ها: تحلیل همپوشانی نقشه‌ها بیانگر آن است که اشکال پیشرفته فرسایش آبی شامل فرسایش آبکندی و بدلند در سازند لس و ارتفاعات کم‌تر از ۸۰۰ متر غالب بوده و از مقدار مورد انتظار، گسترش بیش‌تری دارند. هم‌چنین مساحت این اشکال فرسایش در طبقه شیب ۱۰-۰ درصد کمتر است و از شیب ۱۰ درصد به بالا مساحت آنها افزایش می‌یابد. بررسی اشکال فرسایش در ارتباط با جهت دامنه بیانگر آن است که فرسایش آبکندی و بدلند در دامنه‌های جنوب غربی و غربی غلبه داشته و از مقدار مورد انتظار بیش‌تر توسعه پیدا کردند؛ در حالی‌که، در دامنه‌های شمالی، شمال شرقی و شمال غربی سطح فاقد فرسایش گسترش دارد. ارتباط بین متغیرهای موردمطالعه با اشکال مختلف فرسایش در منطقه با استفاده از آزمون کای‌دو نشان داد که بین متغیرهای مورد مطالعه و اشکال فرسایش آبی ارتباط مشخص و معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. شدت رابطه بر اساس ضریب توافق محاسبه شد که بیانگر نقش و اهمیت بیش‌تر ارتفاع (۰/۶۳۱) و سازندهای زمین‌شناسی (۰/۴۶۱) در منطقه است.

نتیجه‌گیری: به وجود آمدن اشکال فرسایش در منطقه مورد بررسی بیش‌تر وابسته به متغیرهای ارتفاع و سازندهای زمین‌شناسی هستند و از این متغیرها می‌توان در انتخاب روش‌ها و راهکارهای اجرایی مناسب برای مدیریت اشکال فرسایش و کنترل شدت آنها استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آزمون ناپارامتری، حساسیت سازندها، ژئومورفولوژی، فرسایش خاک

مقدمه

بسته به شدت فرسایش، شکل‌های مختلفی از فرسایش ایجاد می‌شوند. فرسایش سطحی در تمام سطح زمین تأثیرگذار می‌باشد و به همین علت کم‌تر محسوس است؛ اما فرسایش شیاری، پیشرفته‌تر از فرسایش سطحی هست و زمانی اتفاق می‌افتد که رواناب متمرکز شده و کانال‌هایی در دل خاک ایجاد کنند. در فرسایش آبکندی، عمق و عرض زمین‌های فرسایش یافته بیش‌تر از فرسایش شیاری است و بر اثر پیشرفت آن به وجود می‌آید؛ به این نحو که شیارها به هم می‌پیوندند و عمیق‌تر می‌شوند. درنتیجه، زمین بیش‌تر شسته می‌شود و آبکندهایی در سطح زمین تشکیل می‌گردند (۲۴). آبکندها ممکن است گاهی به‌طور ناگهانی به‌وجود آیند و آن هنگامی است که یک طغیان شدید، زمین را به‌طور عمیق کنده به‌صورت گودال درآورد. به‌علاوه آبکندها ممکن است در اثر تمرکز جریان آب سطحی در هرگونه فرورفتگی سطح زمین و نیز در اثر فروریختن تونل‌های زیرزمینی به‌وجود آیند (۲۱).

بدلندها در نتیجه نیروی تخریبی آب در روی دامنه‌ها ایجاد می‌شوند و مورفولوژی آن شامل دره‌های کوتاه و بریده‌بریده با شیب‌های تند است که اغلب در قسمت‌های پایین دامنه با شیب ملایمی به زمین‌های مسطح ختم می‌گردند؛ بنابراین مرحله تکاملی فرسایش‌های سطحی، شیار و آبراهه به فرسایش بدلند خاتمه می‌پذیرد (۲). هرگاه تعداد آبکندها در هر کیلومترمربع از زمین بیش از ۷۰ عدد باشد یا طول آن‌ها در هر کیلومترمربع زمین بیش از ۱۰ کیلومتر باشد، فرسایش آبکندی به فرسایش بدلند تبدیل می‌شود. این شکل فرسایش ممکن است در اثر فعالیت بشر و یا تحت تأثیر شرایط طبیعی به‌وجود آید (۲۱).

در فرآیند شکل‌گیری و توسعه اشکال فرسایش یاد شده در سطح آبخیزها، پارامترهای متعددی تأثیرگذار هستند. زمین‌شناسی ایران نشان‌دهنده این است که سازندهای حساس به فرسایش علاوه بر نهشته‌های کواترنر، گسترش فراوانی دارند. ایران هم پهناور بوده و هم از تنوع کم نظیری در لیتولوژی، نسبت به سایر نقاط جهان برخوردار است؛ ولی آن طور که شایسته است به اثر عوامل زمین‌شناختی در برآورد فرسایش و رسوب پرداخته نشده است (۲۰). پستی و بلندی زمین از دیدگاه‌های مختلف ازجمله تأثیر بر پدیده‌های جوی، سرعت رواناب، عمق و خصوصیات خاک و کاربری بر فرسایش اثر می‌گذارد (۴). بیش‌تر عوامل آب‌وهواشناسی و هیدرولوژی نظیر بارش، درجه حرارت، تبخیر و رواناب، نسبت به ارتفاع تغییر می‌کند. هرچند شیب منطقه، سرعت حرکت جریان سطحی را زیادتر و درنتیجه زمان نفوذ آب را کوتاه می‌کند و باعث تمرکز بیش‌تر آب در رودخانه می‌شود، اما تأثیری که جهت شیب دارد نیز نباید نادیده گرفته شود (۳۳).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

جهت شیب مولد فاکتور مهمی در تجزیه‌وتحلیل پایداری ژئومورفولوژیک با کنترل بعضی از پارامترهای آب‌وهواشناسی همچون میزان دریافت تابش، باد (خشک، مرطوب) شدت بارش و رطوبت خاک است. در نیمکره شمالی، تراکم پوشش گیاهی در دامنه‌های جنوبی کم‌تر و فرسایش شدیدتر است که اغلب به شکل فرسایش شیاری و آبکندی ظاهر می‌شود (۶).

مطالعات در مورد اشکال فرسایش اغلب به‌صورت جداگانه انجام شده و بیش‌تر در مورد فرسایش آبکندی بوده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به پژوهش‌های شیت و همکاران (۲۸)، داب و همکاران (۸)، دویت و همکاران (۷) و سامنر و مارارکنی (۱۷) اشاره نمود. در ایران نیز پژوهش‌ها در زمینه اشکال فرسایش بیش‌تر به فرسایش آبکندی اختصاص پیدا کرده است (سرواتی و همکاران (۲۶)، مقصودی و همکاران (۱۶)، نیکپور و همکاران (۱۹)، خوجه و همکاران (۱۵). در زمینه فرسایش شیاری می‌توان به پژوهش‌های، حسینی و همکاران (۱۱) و واعظی و همکاران (۳۱) و در زمینه فرسایش بدلند می‌توان به تحقیقات گوش و باتاچریا (۱۰) و جوکار سرهنگی و همکاران (۱۲) اشاره نمود. هم‌چنین پژوهش‌های زیادی در زمینه ارزیابی میزان فرسایش و رسوب و تأثیر برخی عوامل در آبخیزها انجام شده است. ازجمله محمد خان و همکاران (۱۸) به بررسی اثر شیب بر شدت فرسایش در حوزه آبخیز لتیان پرداختند که نتایج نشان داد شیب‌های بین ۲۰ تا ۴۰ درصد با احتمال ۹۹ درصد دارای حداکثر شدت فرسایش در منطقه می‌باشند. فتحی‌زاد و همکاران (۹) نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در فرسایش و رسوب را در زیرحوزه‌های دویرج استان ایلام مورد مطالعه قرار دادند که نتایج نشان داد حساسیت واحدهای زمین‌شناسی به فرسایش نقش به سزایی در تولید رسوب دارد و بالا بودن فرسایش و رسوب در برخی زیرحوزه‌ها به دلیل وجود سازندهای حساس به فرسایش به‌ویژه سازند گچساران بوده که بیش‌ترین وسعت را به خود اختصاص داده است. سوفی و امامی (۳۰) فرسایش‌پذیری خاک در آبخیز سد طرق مشهد را با هدف بررسی اثر جهت و درجه شیب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در جهت شمالی، کم‌ترین میزان فرسایش‌پذیری در شیب کم‌تر از ۱۰ درصد مشاهده شده که با سایر درجات شیب، تفاوت معنی‌داری دارد. در جهت جنوبی بین درجات مختلف از نظر مقدار شاخص فرسایش‌پذیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

با وجود آن‌که بیش‌تر روش‌های ارزیابی میزان فرسایش خاک ارتباط مستقیمی با اشکال فرسایش و شدت آن‌ها در یک منطقه دارد، اما مطالعات در ارتباط با توزیع فضایی همه اشکال فرسایش آبی در یک پژوهش اندک است. صادقی و همکاران (۲۷) ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوزه مندریجان زاینده‌رود را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن بیانگر عدم ارتباط معنی‌دار نوع کاربری اراضی با حضور اشکال فرسایش و ارتباط معنی‌دار عمده کاربری‌ها با وسعت اشکال فرسایش در سطح احتمال یک درصد بوده است. سلماسی و پیروان (۲۵) ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن با اشکال مختلف فرسایش در حوزه آبخیز تلخه‌رود را بررسی کردند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در بین فرسایش‌های توده‌ای و هزاردره‌ای، اسیدیته، تفاوت معنی‌دار دارد. درصد ماسه در بین اشکال مختلف فرسایش آبکندی و هزاردره‌ای و مقدار گچ در بین اشکال مختلف فرسایش شیاری، آبکندی و هزاردره‌ای تفاوت معنی‌دار نشان داد. سکوتی و همکاران (۲۹) رابطه فرسایش‌پذیری، اشکال فرسایش و تلفات خاک‌های حاصل از سه نوع مارن را در آذربایجان غربی مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد، وجود آن‌که به‌طورکلی وضعیت فرسایش سطحی به روش BLM در طبقه متوسط قرار می‌گیرد، در مناطق قره‌تپه و قره‌آغاج فرسایش آبکندی امتیاز بیش‌تری به خود اختصاص داده و فرسایش شیاری در کلیه نقاط امتیازات بالایی داشته است. هم‌چنین، مشخص شد که شاخص نسبت رس در ظهور فرسایش به شکل آبکندی و حجم رواناب در فرسایش سطحی و شیاری نقش تعیین‌کننده با اطمینان ۳۲ درصد داشته است.

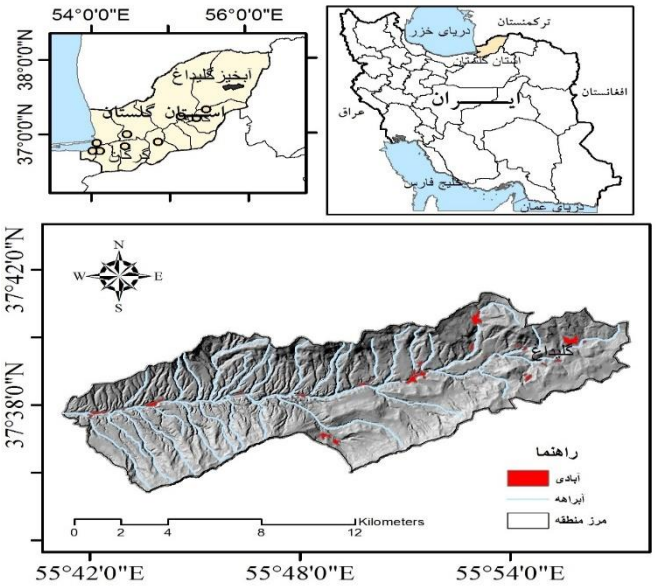
سطح وسیعی از حوزه آبخیز گلیداغ در استان گلستان از سازند لس پوشیده که عمدتاً از ذرات سیلت تشکیل شده و با فرسایش آبی زیاد در آن‌ها، اشکال پیشرفته و بحرانی آن یعنی فرسایش آبکندی و بدلندها نیز به وجود آمده است. شناسایی عوامل مؤثر بر تشکیل این اشکال منجر به شناخت بیش‌تر شرایط ژئومورفولوژیکی ایجاد آن‌ها می‌شود. هم‌چنین مطالعه اشکال مختلف فرسایش آبی در منطقه و شدت آن‌ها جهت اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل خسارات به بخش کشاورزی و مراتع منطقه ضرورت دارد. هدف از این پژوهش، بررسی تمامی اشکال فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ و شدت تأثیر متغیرهای زمین‌شناسی و توپوگرافی در شکل‌گیری آن‌ها در منطقه است. در این راستا از روش آمار استنباطی و آزمون کای‌دو (χ^2) استفاده شد که زمینه‌ای جدید در تحلیل کمّی و دقیق شرایط گسترش اشکال فرسایش در منطقه محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز گلیداغ در شرق گرگانرود و شمال شرقی شهرستان کلاله در استان گلستان قرار دارد (شکل ۱). این منطقه در عرض جغرافیایی ۸″ ۳۵′ ۳۷° تا ۱۳″ ۴۰′ ۳۷° شمالی و طول جغرافیایی ۴۵″ ۴۱′ ۵۵° تا ۱۲″ ۵۷′ ۵۵° شرقی واقع است و مساحت آن حدود ۱۲۶۷۰ هکتار می‌باشد. رودخانه اصلی منطقه با ۲۸ کیلومتر طول از قسمت‌های کوهستانی شرق آبخیز گلیداغ سرچشمه گرفته و از غرب آن خارج می‌شود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه
Figure 1. Geographical location of the region

روش پژوهش

در این پژوهش به‌منظور بررسی نقش سازندهای زمین‌شناسی و توپوگرافی در شکل‌گیری و توسعه اشکال فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور و مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۳۰ متری استفاده شده و لایه‌های جنس سنگ، ارتفاع، شیب و جهت دامنه تهیه شد. سپس نقشه پراکنش اشکال فرسایش آبی منطقه شامل فرسایش سطحی، شیاری، آبکندی و بدلندها با استفاده از تصاویر گوگل ارث و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و بازدیدهای میدانی به کمک GPS تهیه شد. آن‌گاه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در منطقه با لایه اشکال فرسایش در محیط ArcGIS تلفیق شد و رابطه بین آن‌ها از طریق توزیع آماری کای‌دو ($\varkappa^2$) به کمک نرم‌افزار SPSS به دست آمد؛ به‌طوری‌که نقش هر یک از عوامل در شکل‌گیری و توسعه اشکال فرسایش تعیین شد.

آزمون کای‌دو (Chi- square Test) از انواع آزمون‌های ناپارامتری است که برای بررسی رابطه بین دو متغیر به کار می‌رود. درواقع استقلال دو متغیر را مورد بررسی قرار می‌دهد تا نشان دهد که آیا تفاوت بین فراوانی‌های مشاهده‌شده و فراوانی‌های مورد انتظار، واقعی و معنی‌دار است یا ناشی از شانس و تصادف می‌باشد. کای‌دو تنها آزمون موجود برای بررسی ارتباط متغیرهای مقیاس اسمی با بیش از دو مقوله است (۱)، بنابراین کاربرد خیلی زیادی دارد. اساس و پایه این آزمون، بررسی فراوانی‌های مشاهده‌شده (که در طی تحقیق جمع‌آوری شدند) با فراوانی‌های مورد انتظار است. این آزمون می‌تواند هم‌خوانی فراوانی موارد انتظار و فراوانی مشاهده‌شده را با هم مقایسه کند، به‌شرط این‌که هیچ‌کدام از فراوانی‌های مورد انتظار، کم‌تر از ۵ نباشد. ولی اگر فراوانی‌های بیش از ۲۰ درصد آن‌ها کم‌تر از ۵ باشد، نمی‌توان از این آزمون استفاده کرد. شکل توزیع کای‌دو برای مقادیر مختلف تابع درجه آزادی است. برای اجرای این آزمون، مراحل زیر انجام شده است (۵):

- طبقه‌بندی اطلاعات؛
- محاسبه فراوانی‌های مورد انتظار براساس اطلاعات جمع‌آوری شده؛
- بیان فرض صفر به این صورت که بین فراوانی‌های مشاهده‌شده و فراوانی‌های مورد انتظار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
- محاسبه آماره با استفاده از فرمول مناسب که در این تحقیق از رابطه ۱ استفاده شده است:

(رابطه ۱)

$$\varkappa^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

که در آن f_o : فراوانی مشاهده شده، f_e: فراوانی مورد انتظار و k: تعداد دسته‌هاست.

- تعیین احتمال اشتباه و محاسبه درجه آزادی؛
- استخراج $\varkappa^2$ جدول با توجه به سطح معنی‌داری و درجه آزادی؛
- مقایسه $\varkappa^2$ محاسبه شده با جدول؛

درصورتی‌که کای‌دو محاسبه‌شده کم‌تر از جدول باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود. در این تحقیق با توجه به نتایج آزمون‌ها و مقدار و سطح معنی‌داری در مورد رد یا تأیید فرض تصمیم‌گیری شده است. اگر کای‌دو معنی‌دار بود، وجود رابطه بین متغیرهای مورد مطالعه تأیید می‌شود؛ به‌طوری‌که می‌توان بر اساس ضریب توافق (Contingency Coefficient)، شدت رابطه را نیز گزارش نمود. از این شاخص با توجه به سطح سنجش متغیرها در مواردی که حداقل یکی از آن‌ها اسمی باشد، استفاده شده و میزان پیوستگی متغیرها برای جداول مستطیلی که درجه آزادی بزرگ‌تر از یک دارند را مشخص می‌نماید.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

نتایج و بحث

شکل ۲ پراکنش اشکال مختلف فرسایش آبی در منطقه را نشان می‌دهد. بیش‌ترین فراوانی اشکال فرسایش در منطقه مربوط به فرسایش شیاری است که ۵۱۷۷ هکتار از سطح آن را به خود اختصاص داده است. پس از آن به ترتیب فرسایش بدلند در ۳۲۸۵ هکتار، فرسایش سطحی در ۱۸۹۰ هکتار و فرسایش آبکندی در ۵۲۶ هکتار از سطح منطقه مشاهده شده است. به‌علاوه ۱۷۸۸ هکتار از سطح منطقه از جنگل‌های متراکم و یا از رخنمون سنگی تشکیل شده که هیچ‌کدام از اشکال فرسایش آبی موردنظر در آن‌ها به چشم نمی‌خورد و به‌عنوان سطح فاقد اشکال فرسایش قابل تشخیص تفکیک شدند. نتایج همپوشانی و ارتباط اشکال فرسایش آبی منطقه با جنس زمین (شکل ۳) در جدول ۱ ارائه شده است. هم‌چنین مقادیر مورد انتظار مساحت هر یک از اشکال فرسایش در سازندهای زمین شناسی منطقه با استفاده از آزمون کای دو محاسبه و در جدول ۲ آمده است. طبق داده‌های جدول ۱ گسترش بیش‌تر اشکال فرسایش به‌ویژه شکل پیشرفته آن در سازند لس مشاهده شده که نشانه فرسایش‌پذیری بالای آن است. فراوانی مشاهده‌شده اشکال پیشرفته فرسایش بدلند و آبکند در سازند لس به ترتیب ۲۸۳۵ و ۴۳۴ هکتار است که از مقادیر مورد انتظار آن‌ها (به ترتیب ۲۶۱۵/۲ و ۴۱۹/۵ هکتار) بیش‌تر می‌باشد. در مقابل، مساحت اشکال فرسایش ابتدایی مثل فرسایش سطحی در مناطق لسی ۹۶۳ هکتار است که از مقدار مورد انتظار (۱۵۰۵ هکتار) بسیار کم‌تر است (جدول ۲). به نظر کریمی و همکاران (۱۳) نیز سیلت فراوان و رس کم باعث می‌شوند که سازندهای لسی در صورت مدیریت نامناسب، حساس‌ترین خاک‌ها به فرسایش باشند. در مناطق آبرفتی حوزه آبخیز گلیداغ نیز بدلند غالب است؛ اما در زمین‌های مقاوم آهکی، فرسایش سطحی پدیده غالب می‌باشد. گسترش فرسایش سطحی در سنگ‌های آهکی ۹۲۳ هکتار است که از مقدار مورد انتظار آن یعنی ۳۱۲/۳ هکتار، بسیار بیش‌تر می‌باشد. برای بررسی معنی‌داری تأثیر جنس سنگ بر روی اشکال فرسایش آبی در منطقه مقدار کای‌دو محاسبه شده است. با توجه به اینکه مقدار بحرانی به کمک برنامه SPSS محاسبه و رقم ۲۶۸۹/۲۷ به دست آمد (جدول ۳) که در سطح معنی‌داری برابر ۰/۰۱ بیانگر آن است بین اشکال فرسایشی موجود در منطقه با جنس زمین ارتباط مشخصی وجود دارد. با توجه به معنی‌دار بودن کای‌دو، شدت رابطه بر اساس ضریب توافق محاسبه شد که برابر ۰/۴۶۱ به‌دست آمد. این شاخص میزان پیوستگی دو متغیر اسمی را که به‌صورت توافقی تنظیم شده‌اند، مشخص می‌کند.

جدول ۱- مقدار مشاهده‌شده اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با سازندهای زمین‌شناسی

Table 1. Observed amount of erosion forms (area per hectare) in relation to geological formations

اشکال فرسایشی	جنس سنگ		
	لس	آهک	آبرفت
فاقد اشکال فرسایش*	۱۴۶۳	۳۲۷	۰
فرسایش سطحی	۹۶۳	۹۲۳	۵
فرسایش شیاری	۴۳۹۴	۶۹۷	۸۹
فرسایش آبکندی	۴۳۴	۹۳	۰
فرسایش بدلند	۲۸۳۵	۵۳	۳۹۷

*: جنگل‌های متراکم

جدول ۲- مقدار مورد انتظار اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با سازندهای زمین‌شناسی

Table 2. Expected amount of erosion forms (area per hectare) in relation to geological formations

اشکال فرسایشی	جنس سنگ		
	لس	آهک	آبرفت
فاقد اشکال فرسایش	۱۴۲۵	۲۹۵/۶	۶۹/۴
فرسایش سطحی	۱۵۰۵/۴	۳۱۲/۳	۷۳/۳
فرسایش شیاری	۴۱۲۳/۸	۸۵۵/۵	۲۰۰/۷
فرسایش آبکندی	۴۱۹/۵	۸۷	۲۰/۴
فرسایش بدلند	۲۶۱۵/۲	۵۴۲/۵	۱۲۷/۳

جدول ۳- آماره کای‌دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری در رابطه با جنس سنگ

Table 3. χ^2 Statistics, degree of freedom and level of significance in relation to lithology

	مقدار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Pearson Chi-Square	۲۶۸۹/۲۷۲[a]	۸	۰/۰۰۰
Likelihood Ratio	۲۵۳۹/۳۴۷	۸	۰/۰۰۰
Linear-by-Linear Association	۶/۴۳۵	۱	۰/۰۱۱
N of Valid Cases	۱۲۶۷۳		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 20.42.

مقدار مشاهده‌شده مساحت هر یک از اشکال فرسایشی منطقه در ارتباط با طبقات ارتفاع از سطح دریا (شکل ۴) در جدول ۴ ارائه شده است. هم‌چنین مقادیر مورد انتظار مساحت اشکال فرسایش آبی در طبقات ارتفاعی منطقه در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین فراوانی فرسایش بدلند در طبقه ارتفاعی کم‌تر از ۴۰۰ متر ثبت شده است. این فراوانی تا ارتفاع ۶۰۰ متر از سطح دریا نیز قابل توجه است (از ۱۰۳۸ هکتار تا ۶۸۶ هکتار). درواقع گسترش فرسایش بدلند در این طبقات ارتفاعی از مقادیر مورد انتظار آن‌ها که در جدول شماره ۲ ارائه شد، بسیار بیش‌تر است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

هم‌چنین گسترش فرسایش آبکندی در طبقات ارتفاعی ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر قابل ملاحظه است، به‌طوری‌که از مقادیر مورد انتظار آن‌ها در همین طبقات ارتفاعی بیش‌تر است. در ارتفاع بالاتر از ۸۰۰ متر از مساحت اشکال پیشرفته فرسایش آبی یعنی فرسایش آبکندی و بدلند کاسته می‌شود. در مقابل اشکال کم‌تر توسعه‌یافته مثل فرسایش شیاری در ارتفاعات منطقه از فراوانی بیش‌تری برخوردار است. مقدار مشاهده‌شده این شکل فرسایش در طبقات ارتفاعی ۱۰۰۰– ۹۰۰ متر و بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر به ترتیب ۱۰۵۳ و ۵۴۷ هکتار می‌باشد، درحالی‌که مقدار مورد انتظار آن در همین طبقات ارتفاعی به ترتیب ۵۸۸/۲ و ۲۶۰ هکتار به دست آمده است. با افزایش ارتفاع یک محل درجه حرارت آن کاهش می‌یابد. برودت ناشی از ارتفاع در درجه اول بر مقدار تبخیر اثرات منفی داشته و مقدار آن را به شدت کاهش می‌دهد و این بدان مفهوم است که ذخیره آبی خاک کم‌تر تحت تأثیر دما افت نموده و وجود مقادیر بیش‌تری آب در خاک شرایط را برای گسترش حیات گیاهی مساعد می‌سازد (۲۲). ازاین‌رو، فاقد اشکال فرسایش مورد نظر در این پژوهش هستند. برای بررسی بیش‌تر تحلیل مذکور و تعیین معنی‌داری تأثیر عامل ارتفاع بر روی اشکال فرسایش آبی در منطقه، مقدار کای‌دو ($\varkappa^2$) محاسبه شده که رقم ۷۹۶۹/۸۸ به دست آمد (جدول ۶). شدت رابطه بین این دو متغیر نیز بر اساس ضریب توافق برابر ۰/۶۲۱ شده است. این نتایج در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ بیانگر آن است که اشکال فرسایش آبی در طبقات ارتفاعی منطقه تفاوت مشخصی دارد. به عبارتی، شکل خاصی از فرسایش در طبقات ارتفاعی خاصی گسترش بیش‌تری دارد.

جدول ۴– مقدار مشاهده‌شده اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با طبقات ارتفاعی منطقه
Table 4. Observed amount of erosion forms (area per hectare) in relation to the elevation classes of the area

اشکال فرسایش	ارتفاع (به متر)							
	۴۰۰<	۵۰۰–۴۰۰	۶۰۰–۵۰۰	۷۰۰–۶۰۰	۸۰۰–۷۰۰	۹۰۰–۸۰۰	۱۰۰۰–۹۰۰	>۱۰۰۰
فاقد اشکال فرسایش	۰	۲۱	۱۰۳	۳۳۷	۵۳۱	۵۱۸	۲۱۷	۶۱
فرسایش سطحی	۳۳	۱۴۲	۳۳۹	۵۰۱	۳۶۶	۳۲۰	۱۶۳	۲۶
فرسایش شیاری	۲۵۲	۵۱۱	۹۰۷	۱۰۳۶	۳۸۵	۴۸۶	۱۰۵۳	۵۴۷
فرسایش آبکندی	۰	۲۲	۱۶۵	۱۶۷	۱۲۵	۳۹	۶	۲
فرسایش بدلند	۱۰۳۸	۱۳۹۰	۶۸۶	۱۳۵	۳۲	۴	۰	۰

جدول ۵– مقدار مورد انتظار اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با طبقات ارتفاع
Table 5. Expected amount of erosion forms (area per hectare) in relation to elevation classes

اشکال فرسایش	ارتفاع (به متر)							
	۴۰۰<	۵۰۰–۴۰۰	۶۰۰–۵۰۰	۷۰۰–۶۰۰	۸۰۰–۷۰۰	۹۰۰–۸۰۰	۱۰۰۰–۹۰۰	>۱۰۰۰
فاقد اشکال فرسایش	۱۸۶/۸	۲۹۴/۵	۳۱۰/۶	۳۰۷/۲	۲۰۳/۱	۱۹۳	۲۰۳/۱	۸۹/۸
فرسایش سطحی	۱۹۷/۴	۳۱۱/۳	۳۲۸/۳	۳۲۴/۷	۲۱۴/۷	۲۰۴	۲۱۴/۷	۹۴/۹
فرسایش شیاری	۵۴۰/۸	۸۵۲/۶	۸۹۹/۲	۸۸۹/۴	۵۸۸/۲	۵۵۸/۷	۵۸۸/۲	۲۶۰
فرسایش آبکندی	۵۴/۹	۸۶/۶	۹۱/۴	۹۰/۴	۵۹/۸	۵۶/۸	۵۹/۸	۲۶/۴
فرسایش بدلند	۳۴۳/۱	۵۴۱	۵۷۰/۶	۵۶۴/۴	۳۷۳/۲	۳۴۵/۵	۳۷۳/۲	۱۶۵

جدول ۶– آماره کای‌دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری در رابطه با ارتفاع
Table 6. $\varkappa^2$ Statistics, degree of freedom and level of significance in relation to elevation

	مقدار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Pearson Chi-Square	۷۹۶۹/۸۸۰[a]	۲۸	۰/۰۰۰
Likelihood Ratio	۸۴۴۰/۰۷۶	۲۸	۰/۰۰۰
Linear-by-Linear Association	۳۷۳۷/۳۸۰	۱	۰/۰۰۰
N of Valid Cases	۱۲۶۶۶		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 26.41.

نتایج ارتباط اشکال فرسایش آبی منطقه با شیب (شکل ۵) در جدول ۷ ارائه شده است. هم‌چنین مقادیر مورد انتظار مساحت هر یک از اشکال فرسایش آبی در شیب‌های مختلف محاسبه و در جدول ۸ ارائه شد. به‌طورکلی گسترش اشکال فرسایش در طبقه شیب ۱۰–۰ درصد کم‌تر از مقدار مورد انتظار است و از شیب ۱۰ درصد به بالا مساحت آن‌ها افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال، مقدار مورد انتظار شیب ۱۰–۰ درصد برای اشکال پیشرفته فرسایش آبی یعنی بدلند و آبکندی ۴۳۳ و ۶۹/۶ هکتار به دست آمد، اما فراوانی مشاهده‌شده آن‌ها به ترتیب ۳۱۸ و ۵۸ هکتار است؛ یعنی از مقدار مورد انتظار کم‌تر هست و بنابراین شیب ۱۰–۰ درصد برای توسعه اشکال فرسایش آبی مناسب نیست. در مقابل، فراوانی مشاهده شده فرسایش آبکندی و بدلند در طبقه شیب ۵۰–۴۰ درصد به ترتیب ۷۲ و ۳۶۱ هکتار می‌باشد که بیش‌تر از مقدار مورد انتظار آن‌ها (۵۴/۳ و ۳۳۸/۵ هکتار است غلبه مقدار مشاهده‌شده فرسایش آبکندی و بدلند از مقدار مورد انتظار آن‌ها در شیب‌های بیش‌تر از ۵۰ درصد نیز به چشم می‌خورد. شیب عامل اصلی کاهش فرصت نفوذ آب، افزایش جریان و درنتیجه فرسایش خاک است. با بالا رفتن دبی جریان به دلیل افزایش شیب، نرخ جدا شدن ذرات خاک نیز افزایش می‌یابد ژانگ و همکاران(۳۲). برای بررسی معنی‌داری رابطه شیب با اشکال فرسایش آبی در منطقه مورد مطالعه از آزمون کای‌دو ($\varkappa^2$) نیز استفاده شده است. مقدار بحرانی کای دو محاسبه شده و رقم ۳۰۱۹/۱۸ به دست آمد (جدول ۹) که در سطح معنی داری برابر ۰/۰۱ نشان می‌دهد بین اشکال فرسایشی موجود در منطقه با شیب منطقه ارتباط مشخص معنی‌داری

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

وجود دارد و شکل خاصی از فرسایش در شیب های خاصی گسترش بیش‌تری دارد. شدت این رابطه نیز بر اساس ضریب توافق محاسبه شده که برابر ۰/۴۳۹ به دست آمد.

جدول ۷- مقدار مشاهده‌شده اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با طبقات شیب (۲۶)
Table 7. Observed amount of erosion forms (area per hectare) in relation to slope classes

اشکال فرسایش	میزان شیب (به درصد)					
	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۵۰-۴۰	>۵۰
فاقد اشکال فرسایش	۳۴	۲۲۰	۴۴۲	۴۵۷	۳۰۹	۳۲۴
فرسایش سطحی	۹۶	۲۸۶	۳۶۱	۳۶۸	۳۲۳	۴۵۶
فرسایش شیاری	۱۱۶۶	۱۷۹۷	۱۲۳۱	۵۴۶	۲۰۴	۱۹۵
فرسایش آبکندی	۵۸	۹۶	۸۷	۸۰	۷۲	۱۳۴
فرسایش بدلند	۳۱۸	۵۱۰	۴۹۸	۴۴۵	۳۶۱	۱۱۵۳

جدول ۸- مقدار مورد انتظار اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با طبقات شیب
Table 8. Expected amount of erosion forms (area per hectare) in relation to slope classes

اشکال فرسایش	میزان شیب (به درصد)					
	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۰-۳۰	۵۰-۴۰	<۵۰
فاقد اشکال فرسایش	۲۳۵/۸	۴۱۰/۳	۳۶۹/۴	۲۶۷/۴	۱۸۴/۱	۳۱۹
فرسایش سطحی	۲۴۹/۶	۴۳۴/۲	۳۹۰/۹	۲۸۳	۱۹۴/۸	۳۳۷/۶
فرسایش شیاری	۶۸۳/۳	۱۱۸۸/۸	۱۰۷۰/۳	۷۷۴/۸	۵۳۳/۳	۹۲۴/۴
فرسایش آبکندی	۶۹/۶	۱۲۱/۱	۱۰۹	۷۸/۹	۵۴/۳	۹۴/۱
فرسایش بدلند	۴۳۳/۷	۷۵۴/۶	۶۷۹/۴	۴۹۱/۹	۳۳۸/۵	۵۸۶/۸

جدول ۹- آماره کای‌دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری در رابطه با شیب
Table 9. Chi-square statistics, degree of freedom and level of significance in relation to slope

	مقدار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Pearson Chi-Square	۳۰۱۹/۱۸۱[a]	۲۰	۰/۰۰۰
Likelihood Ratio	۳۲۳۱/۲۷۳	۲۰	۰/۰۰۰
Linear-by-Linear Association	۲۷/۱۹۲	۱	۰/۰۰۰
N of Valid Cases	۱۲۶۶۳		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 54.3

مساحت اشکال فرسایش آبی منطقه در ارتباط با جهت دامنه (شکل ۶) در جدول ۱۰ و مقادیر مورد انتظار مساحت هر یک از اشکال در جهت‌های مختلف محاسبه و در جدول ۱۱ ارائه شده است. داده‌های جداول مذکور نشان می‌دهند که اشکال پیشرفته فرسایش آبی در دامنه‌های جنوب غربی و غربی از فراوانی مورد انتظار بیش‌تر هستند. مساحت فرسایش بدلند و آبکند در دامنه جنوب غربی به ترتیب ۴۶۲ و ۱۰۳ هکتار است، درحالی‌که مقدار مساحت مورد انتظار آن‌ها به ترتیب ۴۵۰/۵ و ۷۲/۲ هکتار به دست آمد. در مقابل، در دامنه شمالی مقدار مورد انتظار فرسایش بدلند و آبکند به ترتیب ۴۸۷/۸ و ۷۸/۲ هکتار محاسبه شد، اما فراوانی مشاهده‌شده آن‌ها به ترتیب ۲۹۳ و ۶۴ هکتار است؛ یعنی از حد انتظار کم‌تر می‌باشد. در آبخیز گلیداغ سطح فاقد اشکال فرسایش قابل تشخیص در دامنه‌های شمالی غالب است. فراوانی مشاهده‌شده این سطح در دامنه‌های شمالی، شمال شرقی و شمال غربی به ترتیب ۵۹۱، ۲۷۴ و ۵۱۱ هکتار است که از مقدار مورد انتظار (۲۶۵، ۱۶۶/۶ و ۲۸۷/۵ هکتار) بیش‌تر می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت دامنه‌های شمالی به مهار و کنترل شدت فرسایش کمک زیادی می‌کند. نتایج پژوهش سوفی و امامی (۳۰) در آبخیز سد طرق مشهد نشان داد در جهت شمالی، کم‌ترین میزان فرسایش‌پذیری در شیب کم‌تر از ۱۰ درصد مشاهده شده که با سایر درجات شیب، تفاوت معنی‌داری دارد. در این تحقیق برای بررسی معنی‌داری تأثیر جهت دامنه بر روی اشکال فرسایش آبی در منطقه مقدار کای‌دو نیز محاسبه شده است (جدول ۱۲). با توجه به نتایج آزمون، مقدار χ^2 برابر با ۱۹۹۲/۸۱ به دست آمد که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و نشان می‌دهد بین اشکال فرسایشی موجود در منطقه با جهت شیب رابطه مشخصی وجود دارد. شدت این رابطه بر اساس ضریب توافق برابر با ۰/۳۶۹ شده است.

جدول ۱۰- فراوانی مشاهده‌شده اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با جهت دامنه
Table 10. Observed frequency of erosion forms (area per hectare) in relation to the aspect

اشکال فرسایش	جهت دامنه							
	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
فاقد اشکال فرسایش	۵۹۱	۲۷۴	۶۱	۱۲	۲۳	۷۴	۲۴۱	۵۱۱
فرسایش سطحی	۸۵	۸۹	۱۱۵	۳۱۶	۴۲۰	۴۲۸	۲۷۳	۱۶۵
فرسایش شیاری	۸۴۷	۴۹۹	۳۹۲	۶۰۵	۶۷۵	۶۶۹	۶۳۹	۸۴۹
فرسایش آبکندی	۶۴	۲۶	۲۰	۵۴	۹۴	۱۰۳	۹۳	۷۳
فرسایش بدلند	۲۹۳	۲۹۳	۳۶۳	۴۵۵	۳۸۱	۴۶۲	۶۰۰	۴۴۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

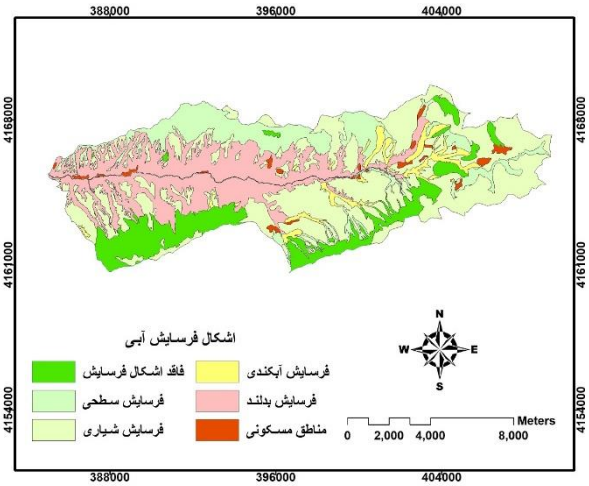
جدول ۱۱- مقدار مورد انتظار اشکال فرسایش (مساحت به هکتار) در رابطه با جهت دامنه
Table 11. Expected amount of erosion forms (area per hectare) in relation to the aspect

اشکال فرسایش	جهت دامنه							
	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
فاقد اشکال فرسایش	۲۶۵/۲	۱۶۶/۶	۱۳۴/۲	۲۰۳/۴	۲۲۴/۷	۲۴۴/۹	۲۶۰/۴	۲۸۷/۵
فرسایش سطحی	۲۸۰/۷	۱۷۶/۳	۱۴۲	۲۱۵/۳	۲۳۷/۸	۲۵۹/۲	۲۷۵/۶	۳۰۴/۲
فرسایش شیاری	۷۶۸/۱	۴۸۲/۵	۳۸۸/۵	۵۸۹/۱	۶۵۰/۸	۷۰۹/۲	۷۵۴/۲	۸۳۲/۶
فرسایش آبکندی	۷۸/۲	۴۹/۱	۳۹/۶	۶۰	۶۶/۳	۷۲/۲	۷۶/۸	۸۴/۸
فرسایش بدلند	۴۸۷/۸	۳۰۶/۵	۲۴۶/۸	۳۷۴/۲	۴۱۳/۴	۴۵۰/۵	۴۷۹	۲۲۸/۸

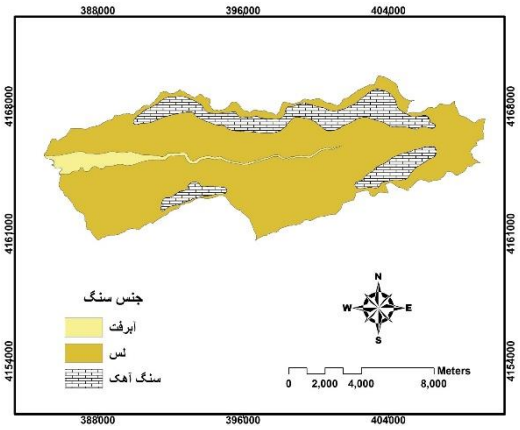
جدول ۱۲- آماره کای‌دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری در رابطه با جهت دامنه
Table 12. Chi-square statistics, degree of freedom and level of significance in relation to the aspect

	مقدار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Pearson Chi-Square	۱۹۹۲/۸۱۵[a]	۲۸	۰/۰۰۰
Likelihood Ratio	۲۱۸۲/۲۳۱	۲۸	۰/۰۰۰
Linear-by-Linear Association	۳۳/۹۸۲	۱	۰/۰۰۰
N of Valid Cases	۱۲۶۶۷		

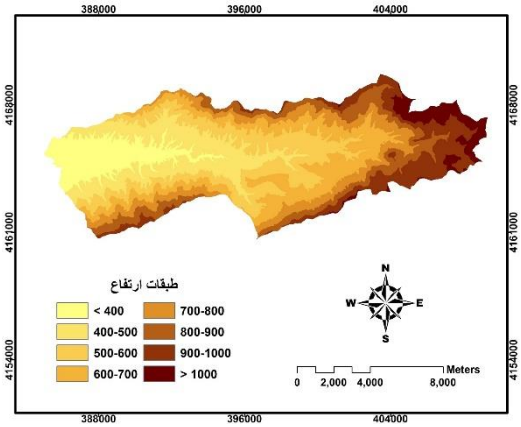
a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 39.57



شکل ۲- پراکنش اشکال فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ
Figure 2. Distribution of water erosion forms in Golidagh watershed

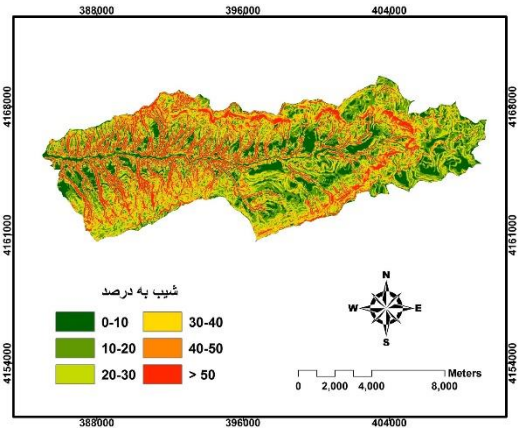


شکل ۳- جنس سنگ در حوزه آبخیز گلیداغ
Figure 3. Lithology in Golidagh watershed

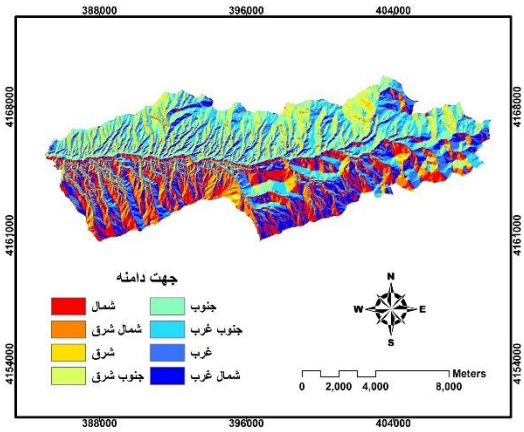


شکل ۴- طبقات ارتفاع در حوزه آبخیز گلیداغ (به متر)
Figure 4. Elevation classes in Golidagh watershed (in meters)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]



شکل ۵- طبقات شیب در حوزه آبخیز گلیداغ (به درصد)
Figure 5. Slope classes in Golidagh watershed (in percent)



شکل ۶- جهت دامنه در حوزه آبخیز گلیداغ
Figure 6. Aspect in the Golidagh watershed

شکل ۷- شکل پیشرفته فرسایش آبی بدلند در سازندهای لسی منطقه مراوه تپه با جهت عکس رو به جنوب
Figure 7. Advanced form of Badland water erosion in the loess formations of Maraveh Tappeh region with opposite direction to the south

به‌طورکلی آگاهی از اشکال فرسایش آبی و شدت آن‌ها در آبخیزها، امکان شناسایی نواحی بحرانی و اولویت‌بندی برنامه‌های حفاظت خاک را فراهم می‌سازد. از طرفی، نوع کار پیشنهادی و اجرای طرح‌های حفاظتی در مناطق دارای فرسایش سطحی و شیاری متفاوت از مناطقی است که دارای فرسایش آبکندی و بدلند می‌باشد. بررسی پیشینه پژوهش‌ها در زمینه اشکال فرسایش آبی نشان داد که بیش‌تر به فرسایش آبکندی و سپس به فرسایش شیاری، آن‌هم به‌صورت جداگانه توجه شده و مطالعات در ارتباط با توزیع فضایی اشکال مختلف فرسایش آبی در یک منطقه اندک است.

در این پژوهش، بررسی پراکنش فضایی اشکال فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ نشان داد که بیش‌ترین فراوانی آن مربوط به فرسایش شیاری است و پس‌ازآن فرسایش بدلند مشاهده شده است. فراوانی مشاهده‌شده‌ی اشکال پیشرفته فرسایش آبی شامل بدلند و آبکند در سازند لس از مقادیر مورد انتظار آن‌ها بیش‌تر است. در مقابل، با افزایش مقاومت در سنگ‌های آهکی منطقه بر مساحت آن‌ها کاسته شده و بر مقدار فرسایش سطحی افزوده می‌شود. بررسی ارتفاع نشان داد که با افزایش آن در منطقه از مساحت اشکال پیشرفته فرسایش آبکندی و بدلندها کاسته شده است. در مقابل، سطح فاقد اشکال فرسایش قابل تشخیص و فرسایش شیاری در ارتفاعات منطقه غلبه داشته و از مقدار مورد انتظار بیش‌تر هستند؛ اما بررسی شیب نشان داد که مساحت فرسایش آبکندی و بدلند در شیب‌های بیش‌تر غالب هستند. همین اشکال فرسایش در شیب‌های کم‌تر از ۲۰ درصد از مقدار مورد انتظار کم‌تر می‌باشند. بررسی اشکال فرسایش در ارتباط با جهت دامنه نیز بیانگر آن است که فرسایش آبکندی و بدلند در دامنه‌های جنوب غربی و غربی غلبه داشته و از مقدار مورد انتظار بیش‌تر توسعه پیدا کردند؛ در مقابل، در دامنه‌های شمالی، شمال شرقی و شمال غربی سطح فاقد فرسایش گسترش دارد. افراد مختلفی در مطالعات خود تأثیر سازندهای زمین‌شناسی و عوامل توپوگرافی بر اشکال فرسایش آبکندی و بدلند را مورد مطالعه قرار داده و تأیید کرده‌اند. از جمله خوجه و همکاران (۱۵) در بررسی تاثیر عوامل زمین‌محیطی بر شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی منطقه تمر قره قوزی، استان گلستان به این نتیجه رسید که طبقات ارتفاعی، شیب زمین، جهت دامنه، ارتفاع دامنه و واحدهای سنگی در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی در سازند لسی نقش موثری دارند. امیری و همکاران (۳) در مدلسازی مکانی فرسایش آبکندی حوزه آبخیز مهارلو با استفاده از سناریوهای مختلف و الگوریتم وزن واقعه نشان دادند که طبقات ارتفاعی کم، جهت‌های جنوبی نقش موثری در وقوع این شکل فرسایش در منطقه مورد مطالعه داشته است. نیکپور و همکاران (۱۹) نیز در بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد و گسترش فرسایش آبکندی در آبخیز دشت چم فاضل در جنوب غربی استان ایلام به این نتیجه رسیده‌اند که جهت‌های غرب و جنوب غربی تحت تأثیر حداکثر فرسایش آبکندی قرار گرفته‌اند. بنابراین در شرایط خاص زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، شکل خاصی از فرسایش گسترش بیش‌تری دارد. جوکار سرهنگی و همکاران (۱۲) در تحلیل عوامل موثر بر تشکیل و گسترش بدلندها در حوضه ماملو نشان دادند عوامل

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

شیب، ارتفاع، پوشش و کاربری اراضی و جنس سنگ بیشترین تاثیر را در فرسایش بدلند منطقه مورد مطالعه دارا هستند. شادفر (۲۷) نیز در بررسی فرسایش آبکندی شهرستان رودبار با مقایسه زوجی عوامل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که سنگ‌شناسی با ضریب وزنی ۰/۴۸ بیشترین تأثیر را در ایجاد آبکندها داشته است.

بررسی ارتباط بین جنس‌سنگ، ارتفاع، شیب زمین و جهت دامنه با اشکال مختلف فرسایش آبی در منطقه با استفاده از آزمون کای‌دو (χ^2) نشان داد که ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی در ایجاد و تنوع اشکال فرسایش آبی در منطقه تأثیر معنی‌دار و مشخصی دارند؛ بنابراین تغییر در هر یک از ویژگی‌های مذکور در منطقه موجب بروز اختلاف شکل فرسایش در آن منطقه نسبت به دیگری می‌شود. مطالعات قبلی نیز نشان‌دهنده نقش این متغیرها در ایجاد اشکال فرسایش خاک است. از جمله سلماسی و پیروان (۲۵) ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن را با اشکال مختلف فرسایش در حوزه آبخیز تلخه‌رود و همچنین سکوتی و همکاران (۲۹) رابطه فرسایش‌پذیری، اشکال فرسایش و تلفات خاک‌های حاصل از سه نوع مارن را در آذربایجان غربی را مورد مطالعه قرار داده و تأیید کرده‌اند.

با توجه به سطح معنی‌داری آزمون کای‌دو (کم‌تر از ۰/۰۱) و تأیید وجود رابطه بین متغیرهای مورد مطالعه و اشکال فرسایش آبی در حوزه آبخیز گلیداغ، شدت این رابطه بر اساس ضرایب توافق محاسبه شد که برای جنس سنگ و ارتفاع به ترتیب ۰/۶۲۱ و ۰/۴۶۱ به‌دست آمد. بر اساس شاخص مذکور، نقش این دو عامل در حضور و گسترش شکل خاص فرسایش آبی بیش‌تر است. با درنظرگرفتن نتایج این پژوهش، مناطق با سنگ‌های آهکی، طبقات ارتفاعی بالاتر از ۸۰۰ متر، شیب‌های کم‌تر از ۲۰ درصد و دامنه‌های شمالی کم‌تر در معرض توسعه اشکال فرسایش آبی هستند و در شرایط طبیعی اجازه گسترش و تحول بیش‌تر فرسایش آبکندی و بدلند را نمی‌دهند و از این‌رو محدودیت چندانی برای بهره‌برداری ندارند. اما با معرفی حساس‌ترین طبقات زمین‌شناسی و توپوگرافی در برابر گسترش اشکال فرسایش آبی در این پژوهش لازم است اقدامات حفاظتی و حتی قرق در آن‌ها انجام گیرد. هم‌چنین لازم است، سایر راهکارهای اجرایی مناسب جهت مهار و کنترل اشکال پیشرفته فرسایش در فاصله نزدیک به طبقات حساس را بهبود بخشید.

منابع

1. Afshani, A. 2008. Practical Teaching of SPSS in Social and Behavioral Science. Yazd University Press, 160 pp (In Persian).
2. Ahmadi, H. 2012. Applied Geomorphology (water erosion), 8th edition. Tehran University Press, 688 pages (In Persian).
3. Amiri, M., H. Pourghasemi, G.A. Ghanbarian and S.F. Afzali. 2019. Spatial modeling of gully erosion in maharlou watershed using different scenarios and weights-of-evidence algorithm. Journal of Watershed Engineering and Management, 11: 1016-1032 (In Persian).
4. Arabkhedri, M. 2014. A Review of Factors Affecting Water Soil Erosion in Iran. Journal of land Management, 2: 17-26 (In Persian).
5. Bihamta, M.R. and M.A. Zare Chahoki. 2015. Principle of statistics for the natural resource's science. Tehran University Press, 300 p (In Persian).
6. Carrara, A., M. Cardinali, R. Detti, F. Guzzetti, V. Pasqui and P. Reichenbach. 1991. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. Earth Surface Processes and Land forms, 16: 427-445.
7. Dewitte, O., M. Daoudi, C. Bosco and M.V.D. Eeckhaut. 2015. Predicting the susceptibility to gully initiation in data-poor regions. Geomorphology, 228: 101-115.
8. Dube, F., I. Nhapi, A. Murwira, W. Gumindoga, J. Goldin and D.A. Mashauri. 2014. Potential of Weight of evidence modeling for gully erosion hazard assessment in Mbire District–Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, 67: 145-152.
9. Fathizad, H., H. Karimi and M. Tavakoli. 2016. Role of Sensitivity of Erosion the Geological Formations at Erosion rate and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doviraj River, Ilam Province). Journal of Watershed Management Research, 13: 193-208 (In Persian).
10. Ghosh, S. and K. Bhattachrya. 2012. Multivariate erosion risk assessment of lateritic badlands of Birbhum (A case study: West Bengal, India). Journal of Earth System Science, 121: 1441-1454.
11. Hosseini, M., A. Mousaadi, K. Naseri and A. Golkarian. 2012. Identification of the most important factors affecting rill erosion in Makhouri hill units southwest of Mashhad, Geography and Environmental Hazards, 2: 71-83 (In Persian).
12. Jokar Sarhangi, E., R. Esmaili and N. Mortezaei. 2017. Analysis of Effective Factors in the Formation and Development of Badlands in Mamlo Watershed, Jajrud. Journal of Physical Geography, 38: 81-94 (In Persian).
13. Karimi, A., H. Khademi and A. Jalalian. 2011. Loess: Characteristics and Implications in Paleoclimate Studies. Physical Geography Research, 76: 1-20 (In Persian).
14. Kardel, F. and A. Tajari. 2015. Influence of gully erosion on soil moisture of abandoned farming dry land and rangeland in loess land (Case study: Kale-Shour watershed, Golestan Province). Soil Management and Sustainable Production, 5: 181-195 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

15. Khojeh, N., J. Ghoddosi and R. Esmaili. 2017. Investigation of the Effect of Earth Environmental Factors on Initiation and Expansion of Gully Erosion by using Geographical Information System (Case Study in Temer Ghareh Ghozi, Kalaleh, Golestan Province). Journal of Watershed Management Research, 15: 202-212 (In Persian).
16. Maghsoodi, M., S. Shadfar and M. Abbasi. 2012. Zoning of Land sensitivity to gully erosion in Zwaryan basin, Qom province. Quantitative Geomorphological Research, 2: 35- 52 (In Persian).
17. Mararakanye, N. and P.D. Sumner. 2017. Gully erosion: A comparison of contributing factors in two catchments in South Africa. Geomorphology, 288: 99-110.
18. Mohamad Khan, Sh., H. Ahmadi, S. Feiznia and A. Salajeghea. 2010. Investigation of the effect of slope on the intensity of water erosion rate (Case study: Latian watershed). Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi), 89: 73-81 (In Persian).
19. Nikpour, N., S. Fotouhi, H. Negaresh and M. Sistani. 2017. Morphometry of gully erosion and factors affecting its development (Cham Fazel plain in southwest of Ilam province). Spatial Analysis of Environmental Hazards, 1: 97-112 (In Persian).
20. Peyrowan, H.R. and M. Shariat Jafari. 2013. Presentation of a comprehensive method for determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geology. Watershed Engineering and Management, 3: 199-213 (In Persian).
21. Rafahi, H.G. 2009. Soil srosion by water and Conservation. Tehran University Press. 671 p (In Persian).
22. Ramesht, M.H. and A. Saif. 2001. Soil geography. Esfahan University Press, 309 pp (In Persian).
23. Sadeghi, S.H., G.R. Shojaee and H.R. Moradi. 2010. Relationship between Land Use and Soil Erosion in Manderijan Catchment in Zayandehrud Dam Basin. Journal of Watershed Engineering and Management, 2: 143-149 (In Persian).
24. Salehi, M., I. Esfandiarpour Borojeni, R. Mohajer and M. Bagheri Badagabadi. 2012. Soil and water conservation. Payam Noor University Publisher, 192 pp (In Persian).
25. Salmasi, R. and H.R. Peyrowan, 2012. Study of the relation between physico-chemical properties and erosional features of marly sediments in the Talkheh Rood watershed. Watershed Engineering and Management, 3: 160-169 (In Persian).
26. Sarvati, M.R., J. Ghoddousi and M. Dadkhah, 2008. Factors effecting initiation and advancement of gully erosion in loesses. Pajouhesh and Sazandegi, 78: 20-33 (In Persian).
27. Shadfar, S. 2011. Investigation of Gully Erosion by using the Analytical Hierarchy Process Model Case study: Roudbar, Gilan Province, Iran. Environmental Erosion Research, 3: 16-30 (In Persian).
28. Shit, P.K., G.S. Bhunia and R. Ramkrishna Maiti. 2013. Assessment of Factors Affecting Ephemeral Gully Development in Badland Topography: A Case Study at Garbheta Badland (Pashchim Medinipur, West Bengal, India). International Journal of Geosciences, 4: 461-470.
29. Sokouti, R., H. Peyrowan, D. Nikkami and M. Mahdian. 2016. Investigation on erodibility and soil loss of marly drived soils in west Azerbaijan province, Iran. Watershed Engineering and Management, 7: 379-388 (In Persian).
30. Soofi, M.B. and H. Emami. 2017. An evaluation of soil erodibility in the catchment of torogh dam in mashhad. Environmental Erosion Research, 27: 25- 38 (In Persian).
31. Vaezi, A.R., H. Gharehdaghli and S. Marzvan. 2016. The role of slope steepness and soil properties in rill erosion in the hillslopes (A case study: Taham Chai catchment, NW Zanjan). Journal of Water and Soil Conservation, 23: 83-100 (In Persian).
32. Zhang, G.H., B.Y. Liu, M.A. Nearing, C.H. Huang and K.L. Zhang. 2001. Soil detachment by shallow flow. Soil and Water Division of ASAE, 45: 1-7.
33. Ziai, H. and A. Behnia. 2002. Principles of engineering watershed management. Emam Reza University Press, 542 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]

The Role of Geological Formations and Topography in Development of Forms of Water Erosion in Golidagh Watershed, Golestan Province

Issa Jokar Sarhangi[1] and Javad Amouzad Mahdiraji[2]

1- Associate Professor of Mazandaran University, (Corresponding author: e.jokar@umz.ac.ir)
2- Graduated M.Sc. Student, from Mazandaran University
Received: 17 August, 2021 Accepted: 19 December, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Different forms of water erosion can be observed in many parts of Iran, and the specific role of each factor in sediment delivery can be presented. This research was conducted to investigate the effect of geological formations and topographic features on creating important forms of water erosion in the Golidagh watershed in the Golestan Province.

Material and Methods: At first, we used the Google Earth images, aerial photos, maps, and field surveys of the area, so that the forms of erosion and their quality were determined. Lithology, elevation, slope, and aspect were selected as independent variables, and each form of water erosion, including sheet erosion, rills, gullies, and badlands, were determined as dependent variables. After, independent variables information layers were overlay with a layer of erosion forms in the ArcGIS and the relationship between them was obtained through Chi-square ($\varkappa^2$) distribution using SPSS software.

Results: Overlay analysis of the maps showed that the advanced forms of water erosion, including gully erosion and badlands, are dominant as the loess formations in altitudes less than 800 meters, and were more than expected. Also, an area of all forms of erosion is low at the slope of 0-10 percent and their area increases at the slope of 10 percent and higher. investigation of forms of water erosion in relation with the aspect showed that advanced erosion of the gully and badland had more in southwest area and were more than expected, while the surface lacks erosion predominates in the north, northwest and northeast areas. The relationship between variables with different forms of erosion in the area was determined through the chi-square test. The results showed that the relationship between the studied variables and forms of water erosion in the area is significant at 1%. The intensity of the relationship based on the contingency coefficient indicates the more importance of elevation (0.631) and geological formations (0.461) in the region.

Conclusion: The created forms of erosion are dependent on elevation and lithology in the area, and these variables can be used in selecting appropriate methods and executive strategies for managing forms of erosion and controlling their intensity.

Keywords: Formations Susceptibility, Geomorphology, Nonparametric Test, Soil Erosion

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-11-19]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.168]