



نگاهی به عوامل محیطی مؤثر بر فرسایش خندقی در نواحی حساس شهرستان گچساران

ایمان صالح^{۱*}، سید مسعود سلیمان‌پور^۲، امید رحمتی^۳، مجید خزایی^۴، صمد شادفر^۵

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، رایانامه: e.saleh@areeo.ac.ir | کد ارکید: 0000-0002-9409-7020

۲- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۴- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۵- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۵

چکیده

فرسایش خاک، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش عمق و حجم توده خاک و نیز تخریب و کاهش حاصلخیزی است. اندازه‌گیری مستقیم فرسایش خندقی در سطوح وسیع امکان‌پذیر نیست. باین‌حال، شناسایی عوامل مؤثر و پهنه‌بندی خندق‌ها، یکی از ابزارهای مهم برای کنترل این پدیده است. اولین مرحله پهنه‌بندی حساسیت فرسایش خندقی، شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عواملی است که نقش مؤثری در وقوع این نوع فرسایش دارند. در پژوهش پیش‌رو، پس از شناسایی عوامل محیطی مؤثر در وقوع فرسایش خندقی در حوزه آبخیز آبگندی گچساران، لایه‌های مربوط به هریک از این عوامل تهیه شد. عوامل محیطی مؤثر در شکل‌گیری و وقوع فرسایش خندقی در این حوزه آبخیز عبارتند از: ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی و شاخص انحنای دامنه. نقشه همه عوامل یادشده برای حوزه آبخیز آبگندی تهیه و ارائه شده است. نقشه‌های به‌دست‌آمده برای شناسایی بخش‌های حساس به فرسایش خندقی بسیار مفید خواهند بود. استفاده از این نقشه‌ها به کارشناسان منابع طبیعی شهرستان گچساران توصیه می‌شود. همچنین، به‌منظور کنترل و جلوگیری از رخداد فرسایش خندقی، اقدامات اجرایی مانند جلوگیری از چرای مفرط، حفظ پوشش گیاهی در مناطق حساس به فرسایش خندقی و جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری اراضی به‌ویژه تبدیل مراتع و اراضی طبیعی به زمین‌های کشاورزی در مناطق شیب‌دار پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جهت شیب، شاخص انحنای دامنه، شاخص رطوبت توپوگرافی، فاصله از آبراهه.

بیان مسأله

فرسایش خندقی، یک شکل بسیار آشکار از فرسایش خاک است که بهره‌وری خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، استفاده از زمین را محدود می‌کند و می‌تواند برای جاده‌ها، ساختمان‌ها و اراضی کشاورزی، تهدیدی جدی به‌شمار آید. خندق‌ها را می‌توان با استفاده از روش‌های زیستی (شکل ۱)، روش‌های مکانیکی یا ترکیبی از آن‌ها مهار کرد (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۴۰۵)، اما پیش از آن باید میزان و شدت تقریبی این نوع فرسایش مشخص شود. به‌دلیل تولید حجم زیاد رسوب، یکی از مواردی که اغلب در بوم‌سازگان‌های مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد، تعیین سهم فرسایش خندقی به کل رسوب تولیدی است. مؤلفه‌های متعددی شامل عوامل مکانی، زمانی، کنش‌های محیطی، نوع خاک، کاربری اراضی، توپوگرافی و آب و هوا در تعیین این سهم، دخالت دارند. مناطق با شیب ملایم، تراکم زیاد آبراهه، فقدان پوشش گیاهی و دارای رسوبات ماری و آهکی، حساسیت بسیار زیادی نسبت به فرسایش خندقی دارند (شیرانی، ۱۴۰۰). با مدل‌سازی در زمان و هزینه اندازه‌گیری مشخصات خندق‌ها صرفه‌جویی می‌شود. اندازه‌گیری میدانی میزان هدررفت خاک ناشی از فرسایش خندقی، بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر است. به‌طوری‌که اندازه‌گیری مستقیم فرسایش خندقی در سطوح وسیع امکان‌پذیر نیست. به‌طور کلی توصیه شده است که به‌منظور کاهش اثرات مخرب بلایای طبیعی مانند فرسایش خندقی، مدل‌های مختلف یادگیری ماشین با در نظر گرفتن عوامل و ورودی‌های متنوع بررسی شوند (خواجه و همکاران، ۱۴۰۳). اولین مرحله در پهنه‌بندی حساسیت فرسایش خندقی، شناخت و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به عواملی است که نقش مؤثری در وقوع این نوع فرسایش دارند (شهبازی و وکیلی تجربه، ۱۴۰۰).



شکل ۱- نمونه‌هایی از حفاظت زیستی خاک در مقابل فرسایش خندقی (عکس: www.downtoearth.org)

در پژوهش پیش‌رو، پس از مطالعات کتابخانه‌ای، مرور پژوهش‌ها و بررسی نتایج پروژه‌های تحقیقاتی متعدد و درنهایت، شناسایی عوامل محیطی مؤثر در وقوع فرسایش خندقی در حوضه آبخیز آبگندی گچساران، لایه‌های مربوط به هریک از این عوامل تهیه شد. برای تهیه نقشه ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع (DEM or Digital Elevation Model) با اندازه پیکسل ۱۵ متر استفاده شد. نقشه‌های شیب و جهت شیب نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاع تهیه شد. نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی تهیه شد. به‌منظور تهیه لایه کاربری اراضی از لایه‌های رقومی این عامل که طی پژوهش‌های پیشین با استفاده از قابلیت‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی نظارت‌شده از تصاویر لندست ۸ تهیه شده بود، استفاده شد. تهیه لایه انحناى سطح در محیط ArcGIS انجام شد. در همین محیط، لایه شاخص رطوبت توپوگرافی پس از محاسبه جهت جریان، تجمع جریان و شیب تهیه شد.

در دو دهه اخیر، بیشترین نوع فرسایشی که در سطح استان کهگیلویه و بویراحمد ظاهر شده، فرسایش خندقی بوده است. به‌طوری‌که ظهور این پدیده در منطقه دریلا (شهرستان گچساران) که یکی از مناطق گرمسیری استان است، مراتع و مزارع عشایری را به طور جدی مورد تهدید قرار داده است (شکل ۲) (شهرپور و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش به معرفی و بررسی عوامل محیطی مؤثر در مدل‌سازی و پهنه‌بندی حساسیت به فرسایش خندقی در حوضه آبخیز آبگندی گچساران پرداخته شده است.



شکل ۲- نمونه‌هایی از رخداد فرسایش خندقی در حوضه آبخیز آبگندی گچساران (عکس: ایمان صالح، ۱۴۰۳)

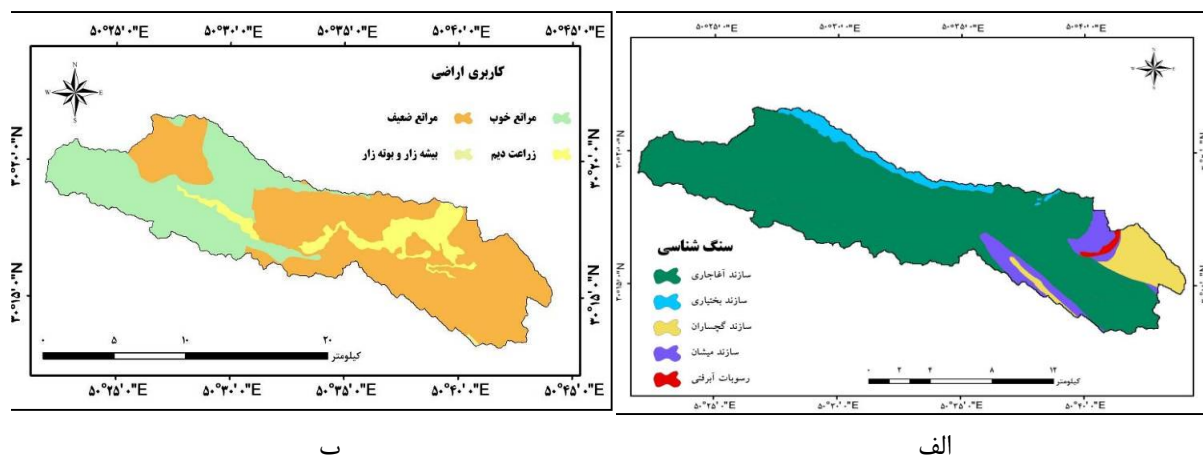
معرفی دستاورد

نتایج بررسی‌های صورت‌گرفته نشان داد که مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر برای مدل‌سازی و پهنه‌بندی حساسیت به فرسایش خندقی به شرح زیر است که لایه مربوط به هریک از این عوامل برای حوضه آبخیز آبگندی تهیه شده است: ارتفاع: تغییرات ارتفاع سبب تغییرات بارندگی می‌شود و در نتیجه، بر میزان هوازگی و میزان نفوذ آب تأثیرگذار خواهد بود. از این طریق، ارتفاع از سطح دریا، فرسایش خندقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rahmati et al., 2016). شیب: این لایه یکی از پارامترهای توپوگرافی بسیار مؤثر در وقوع فرسایش خندقی است. به‌طوری‌که در شیب‌های ملایم، شرایط برای تجمع جریان‌های سطحی و در نتیجه، فرسایش خندقی مساعد است.

جهت شیب: جهت شیب بر میزان دریافت بارندگی، تبخیر و تعرق و میزان رطوبت اثرگذار است و بر همین اساس، نوع پوشش گیاهی و پراکنش آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Wang et al., 2011).

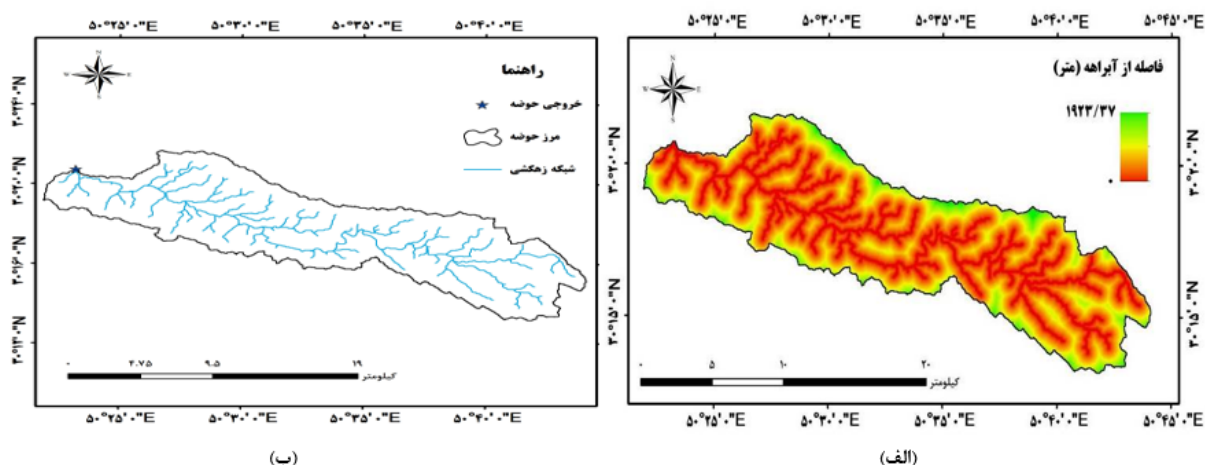
سنگ‌شناسی: وضعیت سنگ‌شناسی و سازندهای موجود، عوامل بسیار مهمی در وقوع فرسایش خندقی محسوب می‌شوند. واحدهای سنگی مختلف، درجه‌های حساسیت گوناگونی در وقوع فرسایش خندقی دارند. واحدهای زمین‌شناسی از طریق افزایش و کاهش نفوذپذیری بر وقوع این نوع فرسایش اثر می‌گذارند. واحدهای سنگ‌شناسی Em شامل مارن، سنگ آهک، توف و واحد سنگ‌شناسی M2 شامل ماسه سنگ، شیل و کنگلومرا از سازندهای دوران سنوزوئیک (دوره میوسن) به ترتیب دارای بیشترین میزان مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی هستند (Conforti et al., 2011).

کاربری اراضی: این عامل محیطی از طریق تأثیر بر رواناب سطحی و میزان نفوذ آن بر وقوع و شدت فرسایش خندقی اثر می‌گذارد. این عامل نشان می‌دهد که پوشش گیاهی، نقش مهمی در پایداری دامنه ایفا می‌کند (Conoscenti et al., 2018). شکل (۳) نقشه‌های سنگ‌شناسی و کاربری اراضی در حوضه آبخیز آبگندی گچساران را نشان می‌دهد.



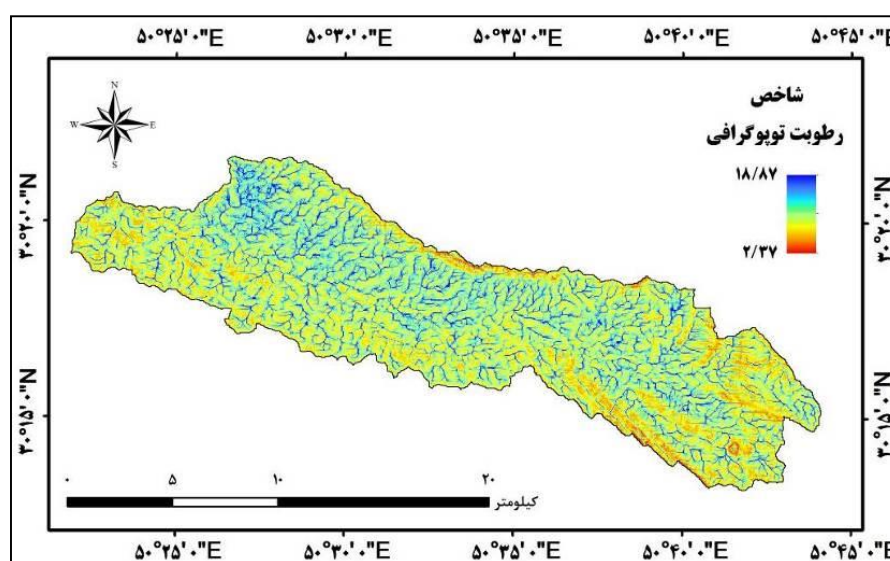
شکل ۳- نقشه سنگ‌شناسی حوضه آبخیز (الف) و نقشه کاربری اراضی در حوضه آبخیز آبگندی گچساران (ب) (تهیه‌کننده: ایمان صالح، ۱۴۰۳)

فاصله از آبراهه: هرچه فاصله از آبراهه کمتر باشد، احتمال وقوع فرسایش خندقی بیشتر است؛ زیرا رواناب‌های سطحی به سمت آبراهه‌ها هدایت می‌شوند و با افزایش حجم و سرعت جریان، توان فرسایش خاک افزایش می‌یابد. در این شرایط، شیارهای کوچک به تدریج عمیق‌تر و به خندق تبدیل می‌شوند. همچنین، هرچه این فاصله بیشتر باشد، رواناب، فرصت بیشتری برای نفوذ در خاک یا پخش شدن روی سطح زمین دارد و انرژی آن کمتر متمرکز می‌شود. شکل (۴) نقشه فاصله از آبراهه تهیه‌شده برای حوضه آبخیز آبگندی گچساران را نشان می‌دهد.



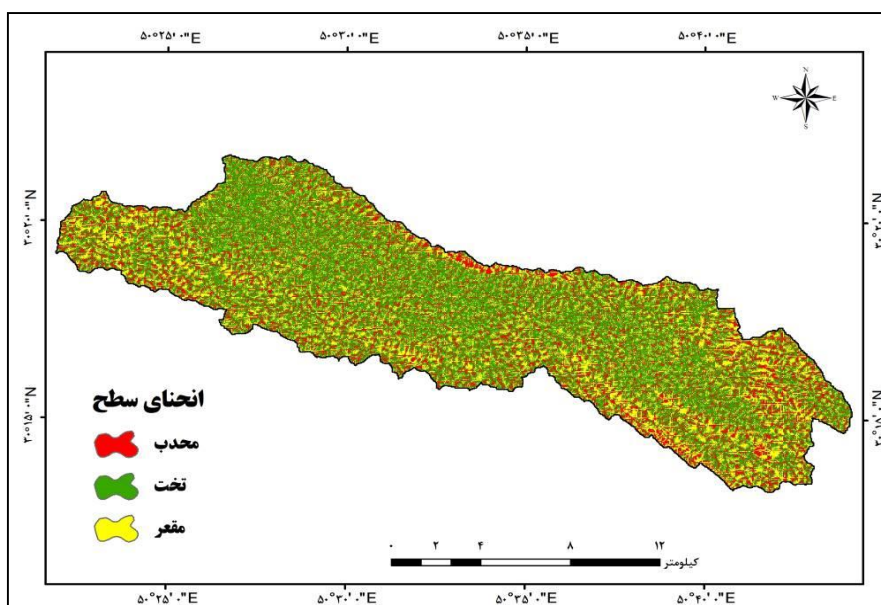
شکل ۴- نقشه فاصله از آبراهه (الف) و شبکه زهکشی (ب) حوضه آبخیز آبگندی گچساران (تهیه کننده: ایمان صالح، ۱۴۰۳)

شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI): این شاخص توپوگرافی، ابزاری مفید و رایج برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوضه است که می‌تواند تأثیر توپوگرافی بر تولید رواناب را به صورت کمی بیان کند (عظیم‌پور مقدم، ۱۳۹۴). این شاخص، گرایش آب را به جمع شدن در هر نقطه از حوضه و تمایل نیروهای گرانشی به انتقال آب به پایین دست را توصیف می‌کند. شکل (۵) نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی تهیه شده برای حوضه آبخیز آبگندی گچساران را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی در حوضه آبخیز آبگندی (تهیه کننده: ایمان صالح، ۱۴۰۳)

شاخص انحناى سطح: یکی از عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی است. در انحناى سطح، خمیدگی منفی نشان دهنده مقرر بودن دامنه، انحناى سطح صفر بیانگر مسطح بودن دامنه و خمیدگی مثبت نشان دهنده محدب بودن دامنه است (Pradhan, 2011). شکل (۶) نقشه انحناى سطح تهیه شده برای حوضه آبخیز آبگندی گچساران را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نقشه انحنای سطح در حوضه آبخیز آبگندی گچساران (تهیه‌کننده: ایمان صالح، ۱۴۰۳)

توصیه‌های ترویجی

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که فرسایش خندقی در حوضه آبخیز آبگندی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل محیطی شامل شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، فاصله از آبراهه، شاخص انحنای سطح و شاخص رطوبت توپوگرافی قرار دارد. نتایج حاصل بر اهمیت استفاده از داده‌های محیطی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در شناسایی مناطق مستعد فرسایش تأکید دارد و بیانگر این موضوع است که برنامه‌ریزی مناسب مدیریت اراضی و اجرای اقدامات حفاظتی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مخاطرات ناشی از فرسایش خندقی داشته باشد. در ادامه، توصیه‌هایی در همین زمینه ارائه می‌شود:

۱- خندق‌ها ایستا نیستند و در طول زمان گسترش می‌یابند. توصیه می‌شود به‌جای تهیه یک نقشه ثابت، تغییرات کاربری اراضی در ۵ یا ۱۰ سال گذشته بررسی شود. این نقشه تغییرات، یکی از بهترین پیش‌بینی‌کننده‌ها برای مناطق مستعد خندق جدید است.

۲- حفظ و تقویت پوشش گیاهی در مناطق مستعد فرسایش به‌منظور کاهش سرعت رواناب و افزایش پایداری خاک

۳- جلوگیری از چرای مفرط در مناطق حساس به فرسایش خندقی

۴- جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری اراضی به‌ویژه تبدیل مراتع و اراضی طبیعی به زمین‌های کشاورزی در مناطق شیب‌دار

فهرست منابع

- خواجه، م. کمکی چوقی، ب.، رضایی، م. بردی شیخ، و. و عبادی، ل.، ۱۴۰۳. ارزیابی و مدل‌سازی مکانی خطر فرونشست زمین با استفاده از مدل LiCSBAS و الگوریتم جنگل تصادفی (مطالعه موردی: دشت مرو دشت - خرامه). علوم آب و خاک، ۲۸(۲): ۹۷-۱۲۰.

سلیمان‌پور، س. م.، رحمتی، ا. و شادفر، ص.، ۱۴۰۵. توصیه‌های علمی و کم‌هزینه برای مهار فرسایش خندقی در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس. زیست‌بوم و توسعه پایدار زاگرس، ۱(۱): ۷-۱.

- شهبازی، خ. و وکیلی تجربه، ف.، ۱۴۰۰. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی و تعیین پهنه‌های حساس در استان کرمانشاه با استفاده از مدل MaxEnt. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۵(۵۴): ۴۸-۵۸.
- شهریور، ع.، شادفر، ص.، خزایی، م. و عادل، ب.، ۱۳۹۶. ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی فرسایش خندقی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آبگندی). اکوهیدرولوژی، ۴(۱): ۱۱۹-۱۳۲.
- شیرانی، ک.، ۱۴۰۰. پهنه‌بندی و ارزیابی نقشه حساسیت فرسایش خندقی با استفاده از روش‌های آماری و احتمالاتی. علوم آب و خاک، ۲۵(۲): ۱۷۴-۱۵۱.
- عظیم‌پور مقدم، و.، ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بیزین و دمپستر-شیفر (مطالعه موردی: بخشی از حوضه آبخیز بابلرود). پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ۱۲۶ صفحه.

- Conforti, M., Auceili, P. P. C., Robustelli, G. and Scarciglia, F., 2011. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo Stream catchment (Northern Calabria, Italy). *Natural Hazards*, 56: 881-898.
- Conoscenti, C., Agnesi, V., Cama, M., Caraballo-Arias, N.A. and Rotigliano, E., 2018. Assessment of gully erosion susceptibility using multivariate adaptive regression splines and accounting for terrain connectivity. *Land Degradation and Development*, 29(3): 724-736.
- Pradhan B., 2011. Use of GIS-based fuzzy logic relations and its cross application to produce landslide susceptibility maps in Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 63: 329-349.
- Rahmati, O., Haghizadeh, A., Pourghasemi, H. and Noormohammadi, F., 2016. Gully erosion susceptibility mapping: the role of GIS-based bivariate statistical models and their comparison. *Natural Hazards*, 82: 1231-1258.
- Wang, L., Wei, S., Horton, R. and Shao, M.A., 2011. Effects of vegetation and slope aspect on water budget in the hill and gully region of the loess plateau of China. *Catena*, 87: 90-100.



An overview of environmental factors influencing gully erosion in susceptible areas of Gachsaran County in Iran

Iman Saleh^{1*}, Seyed Masoud Soleimanpour², Omid Rahmati³, Majid Khazaei⁴, Samad Shadfar⁵

1*- Assistant Professor, Forest, Rangeland and Watershed Research Department, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran. Email: e.saleh@areeo.ac.ir | ORCID ID: 0000-0002-9409-7020

2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

3- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

4- Assistant Professor, Forest, Rangeland and Watershed Research Department, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran

5- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 26/May/2026 Revised: 17/June/2026 Accepted: 22/June/2026

Abstract

Soil erosion is one of the major factors contributing to reductions in soil depth and volume, soil degradation, and loss of soil fertility. Direct measurement of gully erosion over large areas is not feasible; therefore, identifying the factors influencing its occurrence and mapping areas susceptible to gully erosion are important tools for understanding and controlling this phenomenon. The first step in mapping susceptibility to gully erosion is to identify and collect information on the factors that play a significant role in its occurrence. In the present study, after identifying the environmental factors affecting the occurrence of gully erosion in the Abgandi watershed, Gachsaran, spatial layers corresponding to each factor were prepared. The environmental factors influencing the formation and occurrence of gully erosion in the study area included elevation, slope, slope aspect, lithology, land use, distance from streams, topographic wetness index (TWI), and slope curvature index. Spatial maps of all these factors were prepared for the Abgandi watershed. The resulting maps can be highly useful for identifying areas susceptible to gully erosion and may serve as valuable tools for natural resources experts in Gachsaran County. Furthermore, to control and prevent gully erosion, practical management measures are recommended, including preventing overgrazing, maintaining vegetation cover in areas susceptible to gully erosion, and preventing inappropriate land-use changes, particularly the conversion of rangelands and natural lands to agricultural land in areas with steep slopes.

Keywords: Distance to streams, slope aspect, slope curvature index, Topographic Wetness Index (TWI).