مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲

صفحات: ۲۰۸ - ۱۹۵

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی با استفاده از روش‌های آماری دو متغیره (مطالعه‌ی موردی: حوضه نمارستاق)

عیسی جوکار سرهنگی[۱]*، نیلوفر خلخالی[۲]

چکیده

یکی از اشکال مهم و پیشرفته‌ی فرسایش آبی که در مناطق مختلف سبب تخریب اراضی و تولید رسوب شده و خسارت‌های مالی زیادی وارد می‌کند، فرسایش آبکندی است. حوضه نمارستاق به عنوان یکی از زیرحوضه‌های رودخانه هراز در معرض خطر گسترش این شکل فرسایشی قرار دارد که برای کنترل آن لازم است حساسیت منطقه با بهره‌گیری از روش‌های مناسب تعیین شود. برای این منظور نخست ۱۳۳ آبکند در منطقه با استفاده از تصویر گوگل ارث، عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی شناسایی و نقشه‌ی پراکنش آن تهیه شد. از این تعداد ۹۹ آبکند برای مدل‌سازی و ۳۴ آبکند برای ارزیابی استفاده شد. همچنین لایه‌های عوامل اصلی مؤثر شامل جنس زمین، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و پوشش گیاهی و کاربری اراضی در محیط ArcGIS تهیه گردید. در مرحله‌ی بعد، طول و تراکم آبکندها در هر طبقه از عوامل، با همپوشانی لایه‌های یادشده محاسبه و نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی در منطقه با استفاده از روش‌های آماری دومتغیره نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات تهیه شد. نتایج نشان داد که سازند شمشک با سنگ بستر شیل، ماسه سنگ، سیلت-سنگ و رس‌سنگ، طبقه‌ی ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۰۰۰ متر، شیب ۵۰-۴۰ درصد، جهت دامنه‌ی جنوبی و پوشش مراتع ضعیف بیش‌ترین حساسیت را نسبت به فرسایش آبکندی داشته و تلفات خاک در آنها بیشتر است. ارزیابی روش‌های آماری با استفاده از رابطه‌ی احتمال تجربی نشان داد که روش ارزش اطلاعات برای پهنه‌بندی خطر در منطقه مناسب‌تر است.

واژگان کلیدی: فرسایش آبکندی، پهنه‌بندی خطر، ارزش اطلاعات، نمارستاق.

[۱]- دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول) e.jokar@umz.ac.ir

[۲]- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه مازندران nil.khalkhali@gmail.com

مقدمه

فرسایش آبکندی (خندقی[1]) مرحله‌ی پیشرفته فرسایش شیاری است. در این مرحله آبراهه‌های بزرگ‌تر از فرسایش شیاری در سطح خاک به وجود می آید (رفاهی، ۱۳۸۸). کناره‌های آبکندها دارای شیب تند و یک پیشانی فرسایشی پر شیب و فعال است (پوئسن[2] و همکاران، ۲۰۰۳) که اغلب منبع اصلی رسوبات می‌باشد (دونته[3] و همکاران، ۲۰۰۵). تشخیص و بررسی منشاء رسوبات در حوضه‌ها برای شناسایی منابع آلودگی بالقوه و مبارزه با فرسایش خاک اهمیت دارد (واسون[4] و همکاران، ۲۰۰۲). فرسایش آبکندی در ایران به دلیل شرایط مختلف، گستره زیادی به خود اختصاص داده و لذا مطالعه ویژگی‌های مختلف آن و مخصوصاً تولید رسوب ناشی از آن‌ها در آبخیزهای مرتعی به عنوان یکی از معمولی‌ترین کاربری‌های اراضی در کشور بسیار مهم است (نورمحمدی و همکاران، ۲۰۱۳). بیشترین تلاش‌ها در مدل‌سازی فرسایش آبکندی مربوط به محل تشکیل آبکندها، رشد طولی آن، حجم یا مقدار رسوبات تولیدی ناشی از فرسایش آبکندی و پیش‌بینی امکان یا عدم امکان شکل‌گیری آبکندها بوده است (قدوسی، ۱۳۸۲). با این وجود، در مقایسه با تلاش‌های دهه‌های گذشته در جهت بررسی فرایندهای فرسایش سطحی و شیاری خاک، مطالعات نسبتاً کمی در جهت کمّی کردن و یا برآورد فرسایش آبکندی انجام شده است (رئیسی نشاط و همکاران، ۱۳۹۰).

اشمیت[5] و همکاران (۲۰۰۶)، با بررسی عوامل ایجاد فرسایش آبکندی در جنوب شرقی لهستان به این نتیجه رسیدند که در مناطق شنی، فرسایش خاک بر اثر کاربری بی‌رویه زمین و فروپاشی آن بواسطه بارش شدید می‌تواند به طور چشمگیری چهره زمین را تغییر دهد. لچن[6] و همکاران (۲۰۰۷)، در تحقیقی که به منظور شناخت مناطق آسیب‌پذیر از فرسایش آبکندی در منطقه‌ای نیمه خشک در جنوب شرقی اسپانیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میزان فرسایش آبکندی در زمین‌های رها شده نسبت به زمین‌های تحت کشت بیشتر است. همچنین بیشتر زمین‌های آسیب پذیر اطراف رأس آبکندها قرار دارند. در تحقیقی دیگر ژانگ[7] و همکاران (۲۰۰۷)، توزیع مکانی و مرفولوژی آبکندها و عوامل کنترل کننده پیشرفت آن در مناطق کشت شده جنوب شرقی چین را مورد بررسی قرار دادند و برای تعیین طول آبکندهای موقت در منطقه، یک مدل رگرسیون خطی با استفاده از داده های میدانی ارائه کردند که ۵۵ درصد از تغییرات طولی آبکندها را نشان می‌داد. شیت[8] و همکاران (۲۰۱۳)، در یک مطالعه موردی در پاشیم مدینی‌پور واقع در غرب بنگال در هند، تنوع فرسایش آبکندی در یک حوضه آبریز کوچک را بررسی کردند. تجزیه و تحلیل یک‌متغیره با اندازه‌گیری ارتباط بین عقب نشینی سر آبکندها و پوشش گیاهی، شیب، حجم بارش و رواناب منطقه انجام شد. نتایج نشان داد که شیب، بارش و رواناب منطقه تأثیر زیادی در فرسایش آبکندی منطقه دارد.

1- Gully
2- Poesen
3- De Vente
4- Wasson
5- Schmitt
6- Lesschen
7- Zhang
8- Shit

اوکنگو[1] و همکاران (۲۰۱۵)، شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی که در تشکیل فرسایش آبکندی نقش داشتند را در جنوب شرقی نیجریه مورد بررسی قرار دادند. نتایج اندازه‌گیری آزمایشگاهی خاک‌ها در مناطق با فرسایش آبکندی نشان داد که این مواد بیشتر شامل ماسه‌های روان با درصد کمی از سیلت و رس هستند که دارای انسجام پایینی بوده و در اثر فعالیت‌های انسانی با فرسایش زیادی همراه می‌شوند. در نتیجه، استراتژی‌های آبخیزداری مناسب، سازه‌های کنترلی آبکندها و همچنین ایجاد پوشش گیاهی برای کنترل آن در منطقه پیشنهاد شده است.

در ایران سلیمان‌پور و همکاران (۱۳۸۹) در منطقه نی‌ریز استان فارس گسترش طولی آبکندها را بررسی کردند. نتایج تحقیق بیانگر تأثیر ویژگی‌های حوضه و سازند زمین‌شناسی در تولید رسوب ناشی از فرسایش آبکندی بوده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) حساسیت اراضی به فرسایش آبکندی را با استفاده از شاخص همپوشانی در حوضه زواریان قم بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که سنگ‌شناسی، شیب، منابع و قابلیت اراضی، جهت شیب و کاربری اراضی عوامل اصلی مؤثر در وقوع فرسایش آبکندی هستند. فرجزاده و همکاران (۱۳۹۱) در یک تحقیق، میزان حساسیت به فرسایش خندقی با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره را در کیاسر مازندران ارزیابی کردند که نتایج نشان داد از نظر حساسیت به ترتیب عوامل لیتولوژی، خاک، شاخص رطوبت، توپوگرافی و کاربری زمین بیشترین سهم را دارند. شادفر (۱۳۹۳) فرسایش آبکندی را با منطق فازی و انتظاری و ملکی (۱۳۹۴) با روش تلفیق وزنی و شاخص توان آبراهه‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به مورفومتری فرسایش آبکندی و عوامل موثر بر ایجاد و گسترش آن در جنوب غربی استان ایلام اقدام کردند که نتایج نشان داد عوامل اقلیمی، شیب و جهت شیب، زمین شناسی، فعالیت تکتونیک و گسلش جزء عوامل مهم و تأثیرگذار در گسترش فرسایش آبکندی منطقه به شمار آمدند.

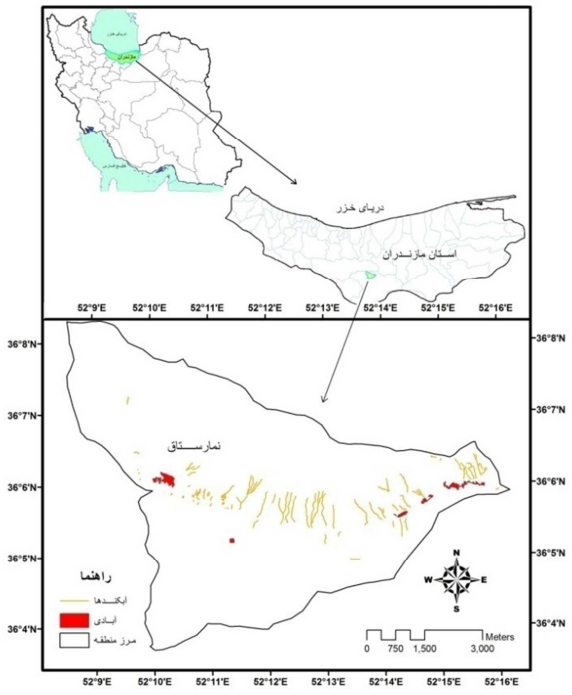
اما بیش‌تر تحقیقاتی که از روش‌های آماری دو متغیره استفاده کرده‌اند، برای شناسایی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌ها به کار گرفته شده‌اند (مانند مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷؛ نیازی و همکاران، ۱۳۸۹؛ لن[2] و همکاران، ۲۰۰۴؛ پرادهان و لی[3]، ۲۰۱۰) و تاکنون این روش‌ها برای پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی مورد توجه قرار نگرفته است. منطقه‌ی مورد مطالعه با شرایط حساس زمین‌شناسی، توپوگرافی عمده‌ی کوهستانی و آب و هوای نیمه خشک، بیش‌تر شرایط طبیعی برای ایجاد اشکال مختلف فرسایش آبی به ویژه فرسایش آبکندی را داراست. از این‌رو شناسایی اراضی حساس به این شکل فرسایش با بهره‌گیری از روش‌های دقیق و مناسب برای پرهیز از مخاطرات آن و اجرای برخی عملیات حفاظت خاک ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق، بکارگیری روش‌های آماری دو متغیره در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی و مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از روش نسبت فراوانی با ارزش اطلاعات در حوضه نمارستاق است.

1- Okengwo
2 -Lan
3 -Pradhan and lee

داده‌ها و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های منطقه

حوضه نمارستاق با مختصات جغرافیایی ″۴۰ ′۰۳ °۳۶ تا ″۱۸ ′۰۸ °۳۶ عرض شمالی و ″۳۲ ′۰۸ °۵۲ تا ″۱۰ ′۱۶ °۵۲ طول شرقی در استان مازندران واقع است (شکل ۱). این حوضه با مساحت ۴۶/۱۳ کیلومتر مربع، خود یکی از زیرحوضه-های رودخانه هراز محسوب می‌شود. در این منطقه سازند شمشک (JS) با جنس سنگ‌های شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، رس سنگ و کنگلومرا مساحت بیشتری دارد. اختلاف ارتفاع مناطق پست و مرتفع از حدود ۸۷۸ تا ۳۵۴۰ متر می‌باشد. بیشترین مساحت شیب‌ها درمنطقه مربوط به طبقه‌ی بالاتر از ۷۰ درصد است که ۲۳/۴۷ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده است. در ارتباط با جهت دامنه، بیشتر سطح حوضه در دامنه جنوبی واقع است که ۲۲/۲۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود. همچنین از لحاظ پوشش و کاربری منطقه شامل آبادی، باغ، جنگل، مرتع خوب، مرتع متوسط و مرتع ضعیف می‌باشد.



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی و پراکنش فرسایش آبکندی منطقه

روش تحقیق

در این تحقیق برای پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی از روش‌های آماری دو متغیره استفاده شده است. آنالیز آماری دومتغیره با یک متغیر وابسته (فرسایش آبکندی) و یک متغیر مستقل که همان عوامل موثر در تشکیل آن هستند، سر و کار دارد. تاکنون روش‌های آماری زیادی برای محاسبه‌ی ارزش‌های وزنی به کار رفته است؛ در این تحقیق

روش‌های نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور نخست نقشه‌ی پراکنش فرسایش آبکندی در منطقه با استفاده از تصویر گوگل ارث سال ۲۰۱۴ و عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سازمان نقشه-برداری کشور تهیه شد. برای شناسایی و کنترل موقعیت ۱۳۳ آبکند در منطقه از مشاهدات میدانی و دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) نیز بهره گرفته شد. سپس لایه‌های هر یک از عوامل موثر به صورت زمین مرجع در محیط ArcGIS تهیه گردید. لایه جنس زمین از نقشه زمین‌شناسی ورقه آمل با مقیاس ۱۰۰/۰۰۰: ۱ سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد. لایه‌های ارتفاع، شیب و جهت دامنه از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۳۰ متر به دست آمد و از تصویر گوگل ارث جهت تهیه لایه پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده شد. لایه‌های یادشده در چند طبقه تقسیم‌بندی و برای اجرای مدل به فرمت شبکه‌ای تبدیل شدند. در مرحله‌ی بعد، این لایه‌ها مطابق با روش‌های مورد نظر وزن‌دهی شد.

روش نسبت فراوانی

پس از تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر و طبقه‌بندی آن‌ها، سطح هر طبقه از عامل با استفاده از نرم‌افزار GIS تعیین شد. سپس فراوانی فرسایش آبکندی در هر طبقه با استفاده از همپوشانی نقشه‌ی پراکنش آبکندها با هر یک از لایه‌های عوامل مشخص شد. ضریب نسبت فراوانی طبقات عوامل با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه شد (لی و سمباث[1]، ۲۰۰۶).

$$FR = A / B \qquad (۱)$$

که در آن A درصد طول آبکندها در هر طبقه، B درصد مساحت همان طبقه از لایه و FR نسبت فراوانی است. اگر این ضریب برای هر طبقه بیش‌تر از یک باشد، حساسیت آن طبقه برای فرسایش آبکندی بالا است. در نهایت ضریب نسبت فراوانی هر طبقه از عوامل در محیط ArcGIS با هم جمع و بر پایه‌ی رابطه (۲)، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی در منطقه با بهره‌گیری از مدل نسبت فراوانی به دست آمد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۱).

$$\text{شاخص پهنه‌بندی} = \sum (\text{ضریب نسبت فراوانی} \times \text{هر لایه اطلاعاتی}) \qquad (۲)$$

روش ارزش اطلاعات

با محاسبه‌ی تراکم فرسایش آبکندی در طبقات عوامل موثر، وزن‌دهی به هریک از طبقات با استفاده از رابطه (۳) انجام شد (یالکین[2]، ۲۰۰۸).

$$Winf= Ln [(A/B) / (C/D)] \qquad (۳)$$

1-Lee and Sambath
2-Yalcin

که در آن A طول آبکندها در هر طبقه، B مساحت هر طبقه، C طول کل آبکندها در منطقه، D مساحت کل منطقه و Winf وزن ارزش اطلاعات است. لایه‌های ساخته شده در محیط ArcGIS با هم تلفیق و از جمع جبری نقشه‌ها، وزن نهایی حاصل شد. با وارد کردن و اعمال این وزن‌ها در نقشه، پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی در منطقه با استفاده از مدل ارزش اطلاعات به دست آمد.

ارزیابی روش‌ها

نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش آبکندی در منطقه که با استفاده از روش‌های آماری دومتغیره نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات تهیه شده‌اند، با روش احتمال تجربی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این منظور از رابطه‌ی (۴) استفاده شده است. با توجه به این که برای وزن‌دهی لایه‌های مختلف اطلاعاتی در روش‌های نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات از نقشه پراکنش آبکندهای منطقه استفاده شده است، از این رو نمی‌توان برای ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی از نقشه توزیع آبکندهای منطقه استفاده کرد. برای رفع این مشکل، تعدادی از آبکندهای منطقه (۳۴ آبکند) در پهنه‌بندی استفاده نشد و برای ارزیابی نقشه‌ها از این آبکندها استفاده گردید. به این صورت که یک چهارم از آبکندهای منطقه که در پهنه‌بندی استفاده نشده‌اند را روی نقشه‌های پهنه‌بندی انداخته و پراکنش آبکندها در رده‌های مختلف نقشه-های پهنه‌بندی محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از رابطه (۴) میزان دقت مدل ها محاسبه شد.

$$P = ks / s \qquad (۴)$$

که در آن p احتمال تجربی، ks طول آبکندها در طبقه متوسط به بالا و s طول کل آبکندهای منطقه است. مدلی که میزان p آن بیشتر باشد، برای پهنه‌بندی منطقه مناسب تر است.

نتایج و بحث

برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی در منطقه از عوامل اصلی موثر در ایجاد و گسترش آن شامل جنس زمین، ارتفاع، شیب، جهت دامنه و پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده شده است. با همپوشانی نقشه‌های این عوامل با نقشه پراکنش فرسایش آبکندی در محیط GIS داده‌ها و اطلاعات این تحقیق حاصل شده است. جدول ۱ طبقات عوامل موثر در فرسایش آبکندی، مساحت آنها، طول آبکندها، ضرایب نسبت فراوانی و وزن ارزش اطلاعات را به تفکیک طبقات عوامل موثر در پهنه‌بندی نشان می‌دهد. همچنین نتایج اجرای مدل‌های نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات و تهیه‌ی نقشه‌های حساسیت به فرسایش آبکندی و پهنه‌بندی منطقه که در محیط ArcGIS به دست آمد، در شکل های ۲ و ۳ ارائه شده است.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در منطقه مورد مطالعه فرسایش آبکندی بیشتر در سازند زمین‌شناسی شمشک (JS) وجود دارد. بنابراین، بیشتر تلفات خاک در این اراضی اتفاق افتاده است. در مقابل، در سازندهایی که شامل سنگ‌های توف سبز و شیل توفی، سنگ آهک، ماسه سنگ آهکی، توف سنگی آندزیتی و بازالت و آذر آواری‌ها هستند، فرسایش آبکندی ثبت نشده است. بیشترین فرسایش آبکندی در سنگ‌های شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ،

رس سنگ و کنگلومرا و سپس در پادگانه‌های آبرفتی مشاهده گردید (شکل ۴). مطالعات کانفورتی[1] و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که بیشتر نواحی مبتلا به فرسایش آبکندی در سازندهای سست و حساس به فرسایش که ریزدانه و توأم با املاح هستند، ایجاد شده‌اند. از نظر ارتفاع، بیشترین ضریب فراوانی آبکندها مربوط به طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۰۰۰ متر و پس از آن ۱۴۰۰- ۱۲۰۰ متر است و کم‌ترین میزان آن در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۲۲۰۰ متر مشاهده شده است. نتایج ارتباط پراکنش فرسایش آبکندی با شیب در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهدکه بیشترین فراوانی فرسایش آبکندی مربوط به طبقات ۵۰-۴۰ درصد و کم ترین میزان آن مربوط به طبقات ۲۰-۱۰ درصد است (شکل ۵) که از این نظر با نتایج تحقیقات مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) و شادفر (۱۳۹۳) مطابقت ندارد. در این تحقیقات، فرسایش آبکندی در شیب‌های کمتر رخ داده‌اند. از نظر جهت، بیشترین فراوانی فرسایش آبکندی مربوط به جهت جنوب با رقم ۲/۳۵ و کم‌ترین میزان آن مربوط به جهت شمال غربی با نسبت ۰/۰۳ است. همچنین بیشترین فراوانی فرسایش آبکندی در مراتع ضعیف با نسبت ۴/۸ مشاهده شده است و کم‌ترین میزان آن در مراتع خوب و جنگل مشاهده شده و در باغات منطقه با توجه به مساحت محدود آنها نیز فرسایش آبکندی وجود دارد (شکل ۶)، ولی در آبادی‌های منطقه، فرسایش آبکندی ثبت نشده است. این نتایج با تحقیق شادفر (۱۳۹۳) مبنی بر این که حدود ۷۰ درصد از مناطق تحت تأثیر فرسایش آبکندی در کاربری مرتع رخ داده‌اند، همخوانی دارد. در واقع، بیشتر تلفات خاک در اراضی لخت و خالی از پوشش گیاهی اتفاق افتاده که فرسایش سریع‌تر و شدیدتری را تجربه می‌کند.

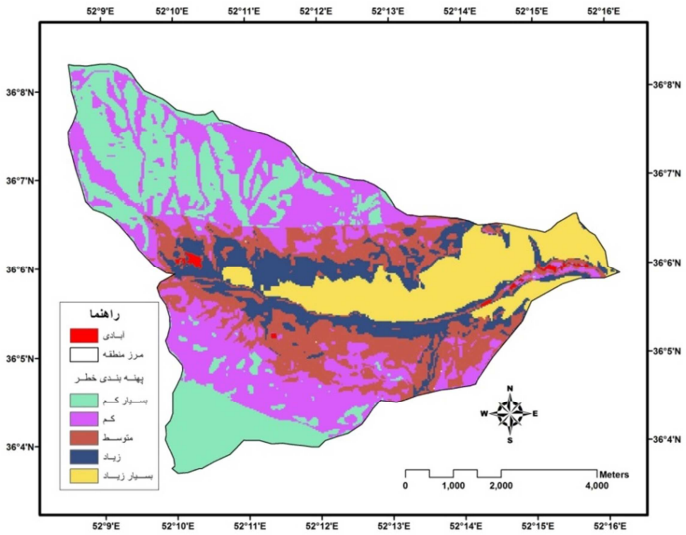
جدول ۱: ضرایب نسبت فراوانی و وزن ارزش اطلاعات در طبقات مختلف عوامل

عوامل	طبقه ها	مساحت (کیلومتر مربع)	طول آبکندها (کیلومتر)	نسبت فراوانی	ارزش اطلاعات
جنس سنگ	EKt2*	۰/۸۲	۰	۰	۰
	Jd	۲/۴۲	۰	۰	۰
	Jl	۳/۷۱	۰	۰	۰
	JS	۲۸/۶۰	۲۸/۹۸	۱/۲۸	۰/۲۵
	K1t	۴/۳۷	۰/۰۱	۰	-۵/۶۰
	K2V	۱/۷۰	۰	۰	۰
	KlV	۳/۲۸	۰/۲۲	۰/۰۹	-۲/۴۶
	Q	۱/۳۳	۰/۴۸	۰/۴۶	-۰/۷۷
ارتفاع (متر)	<۱۰۰۰	۰/۷۲	۰/۵۵	۱/۱۷	۰/۱۶
	۱۰۰۰-۱۲۰۰	۲/۹۸	۷/۰۱	۳/۶۵	۱/۲۹
	۱۲۰۰-۱۴۰۰	۴/۸۲	۸/۲۶	۲/۶۶	۰/۹۸
	۱۴۰۰-۱۶۰۰	۶/۶۳	۸/۸۷	۲/۰۸	۰/۷۳
	۱۶۰۰-۱۸۰۰	۶/۵۴	۴/۵۳	۱/۰۸	۰/۰۷
	۱۸۰۰-۲۰۰۰	۵/۳۲	۰/۲۵	۰/۰۷	-۲/۶۱
	۲۰۰۰-۲۲۰۰	۵/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۴	-۳/۲۵

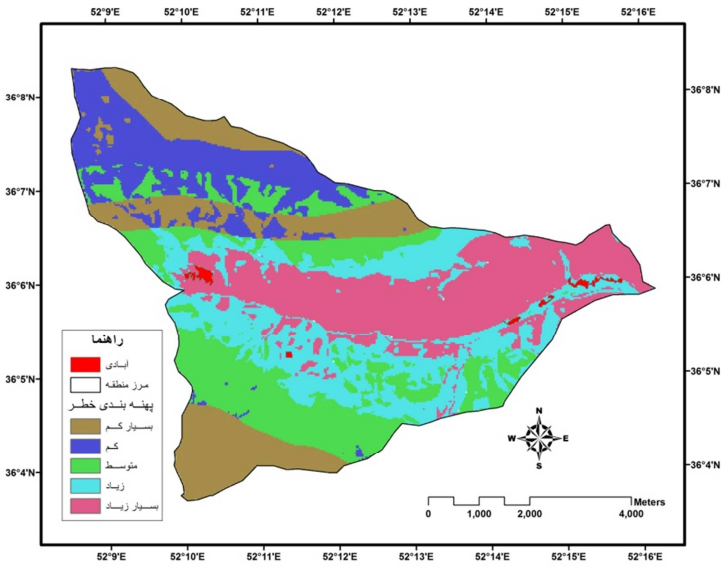
1- Conforti

	>۲۲۰۰	۱۳/۹۵	۰/۱۱	۰/۰۱	-۴/۴۳
شیب(درصد)	۰-۱۰	۰/۳۰۰	۰/۰۸	۰/۳۹	-۰/۹۴
	۱۰-۲۰	۱/۲۵	۰/۰۸	۰/۱۰	-۲/۲۶
	۲۰-۳۰	۲/۵۹	۰/۵۶	۰/۳۴	-۱/۰۹
	۳۰-۴۰	۵/۵۸	۳/۷۹	۱/۰۶	۰/۰۶
	۴۰-۵۰	۷/۹۲	۸/۰۵	۱/۵۸	۰/۴۶
	۵۰-۶۰	۸/۹۲	۰/۹۹	۱/۵۵	۰/۴۴
	۶۰-۷۰	۸/۷۶	۰/۶۵	۱/۰۱	۰/۰۱
	>۷۰	۱۰/۸۳	۰/۲۴	۰/۳۷	-۰/۹۹
جهت دامنه	شمال	۹/۴۶	۱/۷۲	۰/۲۸	-۱/۲۷
	شمال شرقی	۵/۷۳	۰/۴۴	۰/۱۲	-۲/۱۲
	شرق	۴/۱۴	۰/۵۶	۰/۲۱	-۱/۵۷
	جنوب شرقی	۷/۶۱	۵/۵۰	۱/۱۲	۰/۱۲
	جنوب	۱۰/۲۵	۱۵/۵۵	۲/۳۵	۰/۸۶
	جنوب غربی	۶/۰۸	۵/۷۴	۱/۴۷	۰/۳۸
	غرب	۰/۸۳	۰/۱۶	۰/۳۰	-۱/۲۱
	شمال غربی	۲/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	-۳/۳۶
پوشش و کاربری	آبادی	۰/۲۲	۰	۰	۰
	باغ	۱/۵۷	۰/۴۳	۰/۴۳	-۰/۸۵
	جنگل	۱۵/۷۳	۰/۴۱	۰/۰۴	-۳/۲۱
	مرتع خوب	۱۲/۳۲	۰/۱۷	۰/۰۲	-۳/۸۳
	مرتع متوسط	۹/۴۹	۷/۲۵	۱/۱۸	۰/۱۷
	مرتع ضعیف	۶/۹۱	۲۱/۴۴	۴/۸۱	۱/۵۷

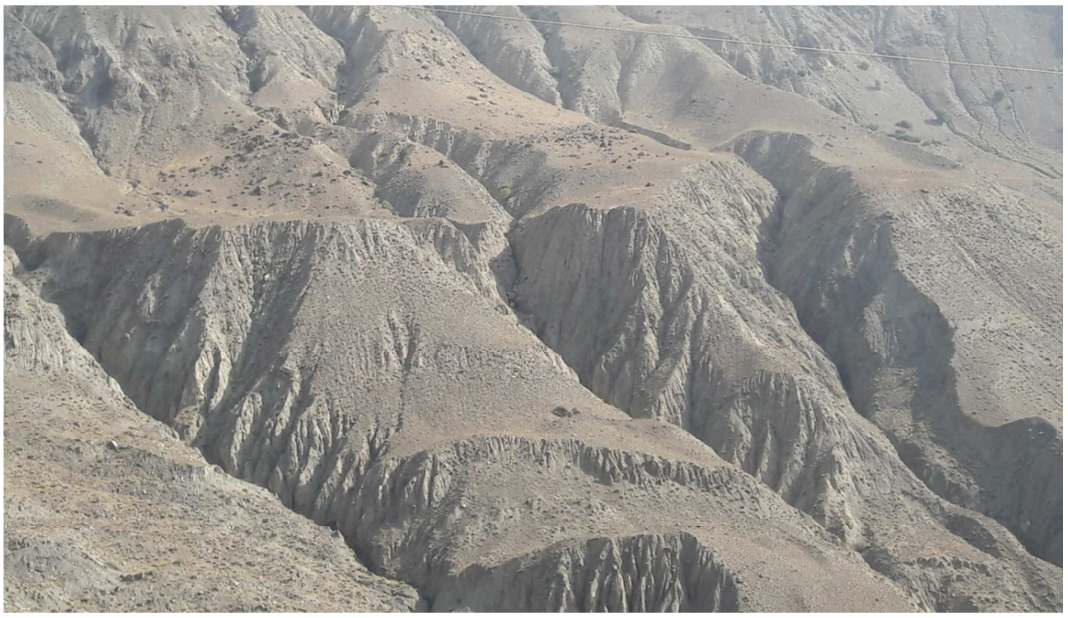
*EKt2: توف سبز، شیل توفی Jd: سنگ آهک و مارن آمونیت دار، ماسه سنگ آهکی Jl: سنگ آهک SJ: شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، رس سنگ و کنگلومرا K1t: سنگ آهک اربیتولینادار K2V: بازالت، توف سنگی آندزیتی و آذر-آواری ها Kl V: دیاباز، بازالت و آذرآواری‌ها و Q: پادگانه های آبرفتی



شکل ۲: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی با استفاده از روش نسبت فراوانی



شکل ۳: نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی با استفاده از روش ارزش اطلاعات



شکل ۴: نمونه فرسایش آبکندی در سازند شمشک حوضه نمارستاق



شکل ۵: شکل گیری فرسایش آبکندی در شیب‌های بالای حوضه نمارستاق



شکل ۶: فرسایش آبکندی در کاربری باغ حوضه نمارستاق

نتیجه‌گیری

فرسایش آبکندی مرحله پیشرفته‌ی فرسایش آبی است که همانند دیگر اشکال فرسایش، نتیجه عملکرد چندین عامل است. در این تحقیق به منظور پهنه‌بندی این شکل فرسایش در حوضه نمارستاق، جنس سنگ بستر، ارتفاع منطقه، شیب اراضی، جهت دامنه، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، از جمله عوامل اصلی و پایه هستند که مد نظر قرار گرفته‌اند. تاکنون از روش‌های آماری دو متغیره بیشتر برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استفاده شده است. در این تحقیق نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش آبکندی در منطقه با استفاده از روش‌های آماری نسبت فراوانی و ارزش اطلاعات تهیه شد که نتایج نشان داد سنگ‌های سست مانند شیل، ماسه سنگ و سیلت سنگ با طبقات ارتفاعی کمتر از ۱۸۰۰ متر، شیب‌های بالاتر از ۳۰ درصد، جهت دامنه‌ی جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی و همچنین پوشش گیاهی و کاربری مراتع ضعیف و متوسط نسبت به فرسایش آبکندی حساسیت بیشتری از خود نشان داده‌اند.

به منظور ارزیابی دقت نتایج و مقایسه‌ی روش‌های پهنه‌بندی در این تحقیق از روش احتمال تجربی استفاده شد. به این صورت که یک چهارم از آبکندهای منطقه را که در مدل‌سازی و پهنه‌بندی استفاده نشد، با نقشه‌های پهنه‌بندی در محیط GIS انطباق داده و پراکنش آبکندها در رده‌های مختلف حساسیت فرسایش محاسبه گردید و با استفاده از رابطه (۴) میزان دقت روش‌ها محاسبه شد. میزان احتمال تجربی (p) برای روش نسبت فراوانی ۹۸ درصد و برای روش ارزش اطلاعات صد درصد به دست آمد که بیانگر مناسب بودن روش‌های مورد استفاده در این تحقیق برای پهنه‌بندی فرسایش آبکندی در منطقه است. اما در مقایسه، چون همه آبکندهای مورد نظر برای ارزیابی در روش ارزش اطلاعات در مناطق با حساسیت متوسط به بالا قرار گرفته‌اند، این روش پهنه‌بندی مناسب‌تر است.

مطابق نقشه‌های پهنه‌بندی خطر تهیه شده در این تحقیق، بخش قابل توجهی از زمین‌های مورد مطالعه، حساسیت بالایی در برابر فرسایش آبکندی دارد که علاوه بر تخریب اراضی و منابع طبیعی منطقه، مقادیر زیادی رسوب تولید و وارد رودخانه هراز می‌کند. توجه به میزان گسترش و ارتباط بین آبکندها با عوامل محیطی و معرفی حساس ترین طبقات در این تحقیق، انتخاب روش‌ها و راهکارهای اجرایی مناسب جهت مقابله با مخاطرات فرسایش آبکندی را بهبود بخشیده و به تمرکز عملیاتی بیشتری در روی زمین منجر می‌شود. با توجه به دقت بیشتر نقشه‌ی پهنه‌بندی حاصل از روش ارزش اطلاعات، بهتر است در مناطقی که به عنوان پهنه‌های با خطر خیلی زیاد مشخص و معرفی شدند، اقدامات حفاظتی و قرق صورت گیرد، به طوری که از این زمین‌ها حتی برای چرای دام نیز استفاده نشود، زیرا مخارج اصلاح و بهبود آنها بیشتر از منافع حاصل از آنهاست. به علت حساسیت زیاد سازند شمشک در منطقه و وجود ناهمواری‌ها و شیب زیاد، هرگونه عملیات اصلاحی و ایجاد سازه برای کنترل آبکندها پرهزینه بوده و احتمال تخریب پی سازه‌ها نیز زیاد است؛ اما انجام عملیات بیولوژیک و استقرار پوشش گیاهی در پهنه‌های با خطر فرسایش آبکندی متوسط تا زیاد می‌تواند سرعت جریانات در آبکندها را کاهش داده تا به مرور زمان تثبیت گردند.

منابع

انتظاری، مژگان؛ ملکی، امجد؛ مرادی خدیجه؛ الفتی، سعید، (۱۳۹۴). بررسی فرسایش خندقی حوضه آبریز دیره با استفاده از روش تلفیق وزنی و شاخص توان آبراهه‌ای، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۱۸، صص ۳۱۵-۲۹۷.

رفاهی، حسینقلی، (۱۳۸۸). فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳ صفحه.

رئیسی نشاط، امیر؛ رفاهی، حسینقلی؛ سرمدیان، فریدون؛ گرجی، منوچهر، (۱۳۹۰). برآورد میزان فرسایش آبکندی و مقدار عقب‌نشینی دیواره های آبکند با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از حوضه آبخیز طالقان، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، دوره ۲۵، شماره ۱، صص ۸۲-۷۱.

سلیمان پور، سید مسعود؛ صوفی، مجید؛ احمدی، حسن، (۱۳۸۹). بررسی آستانه توپوگرافی و عوامل موثر بر رسوب زایی و گسترش خندق ها در منطقه نی ریز استان فارس. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۱، صص ۵۳-۴۱.

شادفر، صمد (۱۳۹۳). کاربرد منطق فازی در بررسی فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه طرود)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۹۲، صص ۴۲-۳۵.

فرج زاده، منوچهر؛ افضلی، عباسعلی؛ خلیلیف یاسر؛ قلیچی، عبادالله، (۱۳۹۱). ارزیابی میزان حساسیت به فرسایش خندقی با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی :جنوب شرق استان مازندران؛ کیاسر)، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۶، صص ۵۷-۴۲.

قدوسی، جمال، (۱۳۸۲). مدلسازی مورفولوژی فرسایش آبکندی وپهنه بندی خطر آن)مطاله موردی در آبخیز زنجان رود(، رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران ۳۶۶، ۳۶۸ صفحه.

مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ پورقاسمی، حمیدرضا، (۱۳۹۱). حرکات دامنه‌ای (حرکات توده‌ای) با تأکید بر روشهای کمّی تحلیل وقوع زمین‌لغزش، انتشارات سمت، ۲۰۹ صفحه.

مقصودی، مهران؛ شادفر، صمد؛ عباسی، محمد، (۱۳۹۰). پهنه‌بندی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی در حوضه زواریان استان قم، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، صص ۵۲-۳۵.

مقیمی، ابراهیم؛ علوی پناه، سید کاظم؛ تیمور جعفری، (۱۳۸۷). ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی زه‌کشی چناران در استان خراسان شمالی)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۶۴، صص ۷۵-۵۳.

نیازی، یعقوب؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی؛ آرخی، صالح؛ مختاری، محمدحسین، (۱۳۸۹). ارزیابی کارایی مدل آماری دومتغیره در پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوزه‌ی سد ایلام)، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره‌ی ۱۰، صص ۲۰-۹.

نیک‌پور، نورالله؛ فتوحی، صمد؛ نگارش، حسین؛ سیستانی، مسعود، (۱۳۹۶). مورفومتری فرسایش آبکندی و عوامل موثر بر ایجاد و گسترش آن (حوضه‌ی دشت چم فاضل در جنوب غرب استان ایلام)، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۱، صص ۱۱۲-۹۷.

Conforti, M. Aucelli, P.P.C. Robustelli, G. and Scarciglia, F. (2011). Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in Turbolo stream Cat chment. Northern Calabria, Italy Natural Hazards 56, pp.881- 898.

De Vente, J.Poesen, J. Verstraeten, G. (2005).The application of semi-quantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain. Journal of Hydrology 305, pp. 63–86.

Lan, H. X. Zhou, C. H. Wang. L. J. Zhang, H. Y. Li, R. H. (2004). Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang Watershed, Yunnan, China. Engineering Geology 76, pp. 109-128.

Lee, S. Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the DamreiRomel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. Environmental Geology 50, pp. 847-855.

Lesschen, J.P. Kok, K. Verburg, P.H. Cammera, L.H. (2007). Identification of vulnerable areas for gully erosion under different scenarios of land abandonment in Southeast Spain, Catena 71, pp. 110–121.

Nourmohammadi, F. Fatollahi, T.Mirzaei, J. Soleimani, K. Habibnejhad Roshan, M.Kavian, A. (2013). Estimation of Stormwise Sediment Yield of Gully Erosion Using Important Rainfall Components in Different Land Uses of Zagros Forest, Iran. Journal of Rangeland Science 4, pp.302.

Okengwo, O.N. Okeke O.C. Okereke, C.N. Paschal, A. C. (2015). Geological and Geotechnical Studies Of Gully Erosion at Ekwulobia, Oko and Nanka Towns, Southeastern Nigeria, EJGE 20, pp. 113-122.

Poesen, J. Nachtergaele, J. Verstraeten, G. Valentin C. (2003). Gully Erosion andEnvironment Change: Importance and Research Needs, Catena 50, pp. 91-133.
Pradhan, b. Lee, s. (2010). Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modeling, Environmental Modelling 25,pp.747–759.
Schmitt, A. Rodzik, J. Zglobicki, W.Russolk, C. Dotterweich, M. Bork, H. (2006). Time and scale of gully erosion in the JedlicznyDol gully system, South-east Poland, Catena 68, pp. 124-132.
Shit, P. K.Bhunia, G. S.Maiti, R. (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, pp. 461-470
Wasson, R.J.Caitcheon, G. Murray, A.S. McCulloch, M. Quade, J. (2002). Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, northwestern Australia. Environmental Management 29, pp. 634– 646.
Yalcin, A. (2008). GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, Catena 72, pp.1-12.
Zhang, Y. Wu, Y. Liu, B. Zheng, Q.Yin, J. (2007). Characteristics and factors controlling the development of ephemeral gullies in cultivated catchments of black soil region, Northeast China, Soil & Tillage Research 96, pp. 28–41.

Evaluation and Zonation the Gully Erosion Hazard using Bivariate Statistical Methods (Case Study: Nemarestagh Watershed)

Eisa Jokar Sarhangi*[1], Nilofar Khalkhali[2]

Received: 18-09-2017 Accepted: 03-03-2018

Abstract

One of the most important and advanced forms of water erosion is gully erosion that causes the destruction of land and sediment production in many areas, resulting in a lot of economic damage. The Nemarestagh watershed is one of the sub-basins of the river Haraz which is exposed to expanding this form of erosion. It is necessary to determine the sensitivity of the area by using appropriate methods to plan its control. For this purpose, 133 gullies were first recognized and recorded through Google Earth image, aerial photography and extensive field surveys. Randomly out of this number, 99 gullies are used for modeling and 34 gullies are implemented for evaluation. The layers of effective factors including lithology, elevation, slope, aspect and vegetation and land use were prepared using ArcGIS environment. In the next step, the length and density of gullies in per class of the factors were calculated by overlaying the layers and the map of the risk zoning of gully erosion in the region was provided using the frequency ratio and information value statistical methods. The results showed that Shemshak formation with shale, sandstone, siltstone and conglomerate, elevation of 1000-1200 meters, the slope of 40-50 percents, the southern direction and poor pasture have a highest gully erosion susceptibility. The evaluation of statistical methods using the probabilistic probability showed that the information value model is more suitable for hazard zonation in the area.

Keywords: Gully Erosion, Hazard Zonation, information value, Nemarestagh.

[1]*- Associate Professor of Geomorphology, University of Mazandaran, Babolsar, Iran Email: e.jokar@umz.ac.ir
[2]- MA. of Hydro-geomorphology, University of Mazandaran, Babolsar, Iran