

کاربرد منطق فازی در بررسی فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: حوضه طرود)

صمد شادفر^۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۹/۱۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۶/۲۱

چکیده

یکی از انواع مخاطرات محیطی که در بسیاری از مناطق کشور سبب از بین رفتن اراضی کشاورزی، مرتعی و تأسیسات زیربنایی می‌گردد، فرسایش خندقی می‌باشد. در این تحقیق از عملگرهای منطق فازی در حوضه طرود با هدف مشخص کردن پهنه‌های مختلف خطر، به دست آوردن مساحت هر یک از آنها و ارائه نقشه خطر فرسایش خندقی استفاده شده است. جهت دستیابی به این هدف، از تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر عکس‌های هوایی به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، مطالعات میدانی و نرم افزار ArcGIS به عنوان ابزارهای اصلی پژوهش استفاده شده است. به این منظور در ابتدا برخی از متغیرهای مؤثر که در تشکیل و توسعه فرسایش خندقی نقش مهمتری داشتند و همچنین مناطق دارای فرسایش خندقی مورد شناسایی قرار گرفتند. در مرحله بعد، طبقات عوامل مؤثر وزن‌دهی شده و نقشه فرسایش خندقی با استفاده از اپراتورهای جمع جبری فازی، ضرب فازی، گامای فازی ۰/۵ و گامای فازی ۰/۸ در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. نتایج حاصله بیانگر آن است که در روش جمع جبری فازی ۱۰۰ درصد مناطق خندقی در پهنه خیلی زیاد، در ضرب جبری فازی، ۸۳/۲۹ درصد مناطق خندقی در پهنه کم، در گامای فازی ۰/۵ حدود ۶۰/۹۳ درصد خندق‌ها در طبقه کم و مجموعاً حدود ۱۷ درصد خندق‌ها در طبقات زیاد و خیلی زیاد واقع شده اند ولی در روش گامای فازی ۰/۸ حدود ۱/۵ درصد مناطق خندقی در طبقه کم و حدود ۶۲ درصد خندق‌ها در طبقات زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: حوضه طرود، ژئومورفولوژی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فرسایش خندقی، منطق فازی

مقدمه

که بین مساحت حوضه خندق و حجم فرسایش یافته خندق یک رابطه خطی مثبت و معنی دار وجود دارد و بین حجم خندق و درصد نمک‌های محلول هم رابطه مثبت و معنی داری یافته‌اند. در مورد تأثیر شیب، بیشترین حجم فرسایش یافته را در طبقه شیب ۱۱ الی ۱۵ درصد اعلام نموده‌اند.

صوفی (۱۳۸۳، ۱۲۵) در بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک خندق‌های استان فارس به این نتیجه رسیده است که خندق‌های معرف مناطق مورد مطالعه از نوع جانبی بوده و بیشتر آنها در خط القعر تپه ماهورها ایجاد شده‌اند. بیشتر خندق‌های معرف دارای پلان نوکدار و نقطه ای در پیشانی خود می‌باشند که نشانه‌ای از تأثیر رواناب سطحی در ایجاد و گسترش آنها است. ۵۰ درصد از خندق‌های معرف در مراتع و بقیه در اراضی دیم و آبی ایجاد شده‌اند. علت عمده ایجاد خندق‌های معرف شامل تخریب پوشش گیاهی، تغییر کاربری، طراحی و ساخت غیراصولی جاده‌ها، احداث جاده مخصوصاً خاکی، آبیاری غیر اصولی و تخریب کانال‌های انتقال آب و وقوع سیل می‌باشد.

رامشت و همکاران (۱۳۸۸) روش‌های ریاضی ارزیابی خندق‌ها را معرفی و پیشنهاد کردند که برحسب ویژگی‌های اقلیمی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و غیره مدل مناسب برای ارزیابی میزان فرسایش خندقی در هر منطقه مشخص شود. گنجعلی (۱۳۸۸) به بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی و پهنه‌بندی آن در منطقه نيزار استان قم پرداخت. نتایج نشان داد که سنگ شناسی و کاربری اراضی از مهمترین عوامل مؤثر در رخداد فرسایش خندقی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

میلاادی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی به شبیه سازی فرسایش خندقی در حوضه‌های رازآور و مرگ پرداخت و نقاط مستعد فرسایش خندقی را به کمک نرم‌افزار GIS مشخص کرد.

عرب قشقایی (۱۳۸۹) با روش Multi Class Maps به پهنه بندی فرسایش خندقی در حوزه آبخیز طرود فیروزکوه

فرسایش خندقی یکی از شکل‌های پیشرفته و بحرانی فرسایش آبی است که باعث نابودی حجم بزرگی از خاک زمین ها می شود. شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع این نوع فرسایش و پهنه بندی آن یکی از ابزارهای مهم کنترل این پدیده است (انظاری و همکاران، ۱۳۹۲، ۲۳). Dube و همکاران (۲۰۱۴، ۱۴۵) در تحقیقی به پهنه‌بندی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی با استفاده از شاخص وزنی در زیمباووه به این نتیجه رسیدند که نوع خاک، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی از عوامل اصلی مؤثر در وقوع فرسایش خندقی می باشد. Strunk (۲۰۰۳، ۱۸۵) رواناب سطحی مسبب خندق‌ها، به فرسایش خاک حاصل از چرای دام‌ها و لگدکوب شدن چراگاه‌ها مربوط است. جنس سنگ‌های مادری یک منطقه نیز در گسترش خندق‌ها مؤثر است.

Nasiri و همکاران (۲۰۰۸) در استان اصفهان در آبخیز مندرجان به ارزیابی فرسایش و آنالیز رسوب در فرسایش‌های شیبی و خندقی پرداختند و زمین‌شناسی و کاربری اراضی را به عنوان عوامل مهم معرفی کردند.

Imasuen و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که خندق‌ها توسط عوامل خاک شناختی و هیدرولوژیکی کنترل می‌شوند و پیشنهاد کردند که این ویژگی‌ها در احیاء اراضی و انتخاب روش‌های کاهش خسارت خندق‌ها مد نظر متخصصین قرار گیرد. بر اساس نتایج این مطالعه که در کشور نیجریه انجام شده است احیاء پوشش طبیعی و مدیریت اصولی اراضی زراعی بهترین روش کنترل خندق‌ها معرفی شده‌اند. در شرایط طبیعی ساختار ژئومورفولوژیکی و لیتولوژیکی محلی و ناحیه‌ای، نوع و ضخامت خاک و نوع و مساحت پوشش گیاهی، فراوانی و نوع خندق‌ها را کنترل می‌نمایند. (Topsa and Niacsu, 2012)

شهریور و حسن پور (۱۳۸۴، ۵۶۶) بررسی تأثیر درصد نمک‌های محلول در خاک، مساحت و شیب حوضه خندق را در ایجاد فرسایش خندقی در منطقه سوق استان کهگیلویه و بویراحمد انجام داده‌اند و در نتایج خود عنوان نموده‌اند

اثرگذارترین فاکتورها مشخص و با استفاده از عملگرهای منطق فازی پهنه های مختلف خطر در برابر فرسایش خندقی مورد شناسایی قرار گیرند. در جمع بندی باید گفت که از عملگرهای فازی در بررسی فرسایش خندقی تحقیقات چندانی صورت نگرفته است.

مواد و روش ها

حوزه آبخیز طرود از زیرحوزه های حبله رود بوده که در ۲۸° ۵۰' تا ۳۵° ۵۱' عرض شمالی و ۵۲° ۵۳' تا ۵۳° ۵۴' طول شرقی واقع شده است. طول بزرگ ترین آبراهه حوضه ۲۲ کیلومتر، محیط آن ۵۲ کیلومتر، ضریب گراویلیوس ۱/۵۶۹ و وسعت آن ۸۷۴۰/۵۰ هکتار می باشد. منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز و در دامنه جنوبی آن واقع شده است. از نظر زمین شناسی، قدیمی ترین سازند آن شمشک می باشد که سطح تماس سازند شمشک در همه جا از نوع دگرشیبی زاویه دار است و این مسئله نشان دهنده فاز کوهزایی مهمی است (سیمیرین پیشین) که قبل از پیش روی دریای ژوراسیک در البرز رخ داده است. اقلیم منطقه در سیستم دوما رتن اصلاح شده پنج اقلیم مختلف را نشان می دهد که شامل مدیترانه ای فراسرد، نیمه مرطوب فراسرد، مرطوب فراسرد، فراسرد خیلی مرطوب «الف» و فراسرد خیلی مرطوب «ب» می باشند. (نیک بین، ۱۳۷۴ و عرب قشقایی، ۱۳۸۹)

روش کار

متغیرهای مورد استفاده

در این تحقیق برای بررسی فرسایش خندقی منطقه، ۶ عامل مورد بررسی قرار گرفته است. این عوامل شامل شیب، سنگ شناسی، کاربری اراضی، آبراهه، جاده، کاربری و گسل می باشند. نقشه این عوامل توسط نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه و بررسی آنها با استفاده از عملگرهای منطق فازی صورت گرفته است.

میزان شیب دامنه: جهت تهیه نقشه شیب از نقشه مدل رقومی ارتفاع، با رقومی کردن خطوط تراز نقشه توپوگرافی

پرداخت. براساس نتایج تحقیق، ۸۸ درصد از محدوده خندقی در پهنه های با ریسک پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) در پهنه بندی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی با استفاده از شاخص همپوشانی در حوضه زواریان استان قم به این نتیجه رسیدند که سنگ شناسی، شیب، منابع و قابلیت اراضی، جهت شیب و کاربری اراضی عوامل اصلی مؤثر در وقوع فرسایش خندقی هستند. صبح زاهدی و همکاران (۱۳۹۱، ۵۷) با استفاده از عوامل سنگ شناسی، درصد شیب زمین، نوع خاک، متوسط بارندگی، سالیان، نوع استفاده از زمین و درصد حفاظ روی خاک، نقشه پهنه بندی خطر فرسایش خندقی حوضه علی آباد را با استفاده از مدل شاخص همپوشانی و عملگرهای جمع جبری فازی، ضرب جبری فازی و گامای فازی در محیط GIS تهیه کردند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل گامای فازی ۰/۸ مناسب ترین روش پهنه بندی فرسایش خندقی در حوزه آبخیز مورد مطالعه است.

فرج زاده و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به ارزیابی میزان حساسیت به فرسایش خندقی با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین سهم از نظر حساسیت به خندقی شدن به ترتیب به فاکتورهای لیتولوژی، خاک، شاخص رطوبت، توپوگرافی و کاربری زمین اختصاص دارد. براساس طبقه بندی در راستای میزان حساسیت به فرسایش خندقی بیشترین مساحت به طبقه فرسایش کم و کمترین سهم متعلق به طبقه فرسایش خیلی زیاد است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی قابلیت فرسایش خندقی با استفاده از مدل منطق فازی در حوزه آبخیز قراوه چای در استان گلستان پرداختند نتایج نشان داد که مدل منطق فازی کارایی خوبی در پهنه بندی اراضی به فرسایش خندقی دارد.

هدف تحقیق حاضر کاربرد عملگرهای منطق فازی در بررسی فرسایش خندقی می باشد تا با بررسی تعدادی از متغیرهای مؤثر مانند (میزان شیب دامنه، سنگ شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل و فاصله از آبراهه)،

به منظور بیان ارتباط بین فرسایش خندقی و فاصله از جاده به کار گرفته شد.

- نقشه مناطق دارای فرسایش خندقی

با بهره‌گیری از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی در محیط GIS، تهیه و با نقشه‌های عوامل مؤثر تلفیق گردید و در نهایت حوضه مورد بررسی، از لحاظ استعداد خندقی شدن با به کار بردن روش‌های جمع جبری فازی، ضرب جبری فازی، گامای فازی ۰/۵ و ۰/۸ به مناطق مختلف طبقه بندی گردید.

نتایج و بحث

بر اساس مطالعات سالیان اخیر، ساز و کار فرسایش خندقی جدا از سایر اشکال فرسایش آبی است و معمولاً در اراضی کم شیب (دشت‌ها) شدت فرسایش خندقی چندین برابر اراضی شیب‌دار است. (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶)

نتایج به دست آمده از تحلیل روابط بین طبقه‌های مختلف شیب و خندق‌های بوقوع پیوسته در منطقه نشان می‌دهد که طبقه شیب ۰ تا ۵ درصد بیشترین تأثیر را بر وقوع فرسایش خندقی دارد دلیل آن را می‌توان این طور بیان کرد که در شیب‌های پایین فرصت نفوذ آب در داخل خاک بیشتر و احتمال ایجاد حفره برای تشکیل خندق‌ها افزایش می‌یابد. (عباسی، ۱۳۸۷) ولی در شیب‌های تند نیز به دلیل ضعیف بودن فرآیند خاکساز و استحکام سازند، احتمال وقوع فرسایش خندقی کم می‌باشد. ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) شیب ۱۰-۰، نوحه‌گر و حیدرزاده (۱۳۹۰) شیب ۶-۰، مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) شیب ۲۰-۰، ملکی و همکاران (۱۳۹۱) شیب ۳-۰، یمانی و همکاران (۱۳۹۲) شیب ۳-۰ را مؤثرترین درصد شیب بر وقوع فرسایش خندقی در منطقه مطالعاتی خویش معرفی کردند که نتایج آنها با تحقیق حاضر در وقوع فرسایش خندقی در شیب‌های پایین مطابقت دارد. بررسی نتایج حاصل از واحدهای لیتولوژیکی نشان داد که بیشترین خندق‌ها در واحد سنگ شناسی Qt اتفاق افتاده‌اند که این امر نقش رسوبات سست آبرفتی کواترنر را در ایجاد

به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در محیط GIS تهیه گردید. نقشه شیب برای منطقه مورد مطالعه در ۴ کلاس ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰ و بیشتر از ۲۰ درصد طبقه‌بندی شده است. توزیع شیب در حوضه به این صورت است که شیب ۰-۵، ۱۴/۹۹ درصد، ۵-۱۰، ۱۳/۲۰ درصد، ۱۰-۲۰، ۱۸/۵۷ درصد و بیشتر از ۲۰، ۵۳/۲۰ درصد از منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند. **سنگ‌شناسی:** حوضه مورد بررسی از واحدهای سنگ شناسی متنوعی برخوردار می‌باشد. 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 حساسیت نسبت به فرسایش خندقی می‌باشند.

کاربری اراضی: کاربری اراضی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی تهیه و با عملیات میدانی تکمیل شده است. بر اساس مطالعه صورت گرفته کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی باغی، اراضی مرتعی و مناطق مسکونی در منطقه شناسایی شد. روش کار به این صورت است که در ابتدا عکس‌های هوایی، به صورت ارتوفوتو ژئورفرنس شده و سپس تفسیر گردیدند.

نقشه فاصله از گسل: در این تحقیق برای اینکه نقشه فاصله از گسل به عنوان یک عامل خطی اثر خود را نشان دهد به ۵ طبقه با فواصل ۱۰۰-۰، ۲۰۰-۱۰۰، ۵۰۰-۲۰۰، ۱۰۰۰-۵۰۰ و بیشتر از ۱۰۰۰ متر طبقه بندی شده است. **نقشه فاصله از آبراهه:** به منظور تهیه نقشه فاصله از آبراهه، شبکه آبراهه از روی نقشه توپوگرافی در محیط نرم افزار ArcGIS رقومی گردید. سپس نقشه مورد نظر به ۶ کلاس با فواصل ۵۰-۰، ۱۰۰-۵۰، ۲۰۰-۱۰۰، ۴۰۰-۲۰۰، ۶۰۰-۴۰۰ و بیشتر از ۶۰۰ متر تقسیم و به منظور بیان ارتباط بین فرسایش خندقی و فاصله از آبراهه به کار گرفته شد.

نقشه فاصله از جاده: به منظور تهیه نقشه فاصله از جاده، جاده‌ها از روی نقشه توپوگرافی در محیط نرم افزار GIS رقومی گردید. سپس نقشه مورد نظر به ۴ کلاس با فواصل ۱۰۰-۰، ۲۰۰-۱۰۰، ۳۰۰-۲۰۰ و بیشتر از ۳۰۰ متر تقسیم و

جدول (۱): درصد و مساحت طبقات نقشه فرسایش خندقی
 به روش جمع جبری فازی

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	خندق (درصد)
کم	۱۸۵/۸۳	۲/۱۳	۰
متوسط	۶۳۲/۶۶	۷/۲۴	۰
زیاد	۱۲۹/۳۳	۱/۴۸	۰
خیلی زیاد	۷۷۹۲/۷۲	۸۹/۱۶	۱۰۰

جدول (۲): درصد و مساحت طبقات نقشه فرسایش خندقی
 به روش ضرب جبری فازی

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	خندق (درصد)
کم	۸۵۵۳/۱۲	۹۷/۸۶	۸۳/۲۹
متوسط	۶۵/۷۱	۰/۷۵	۳/۰۸
زیاد	۶۲/۰۳	۰/۷۱	۴/۱۱
خیلی زیاد	۵۹/۶۴	۰/۶۸	۹/۵۱

جدول (۳): درصد و مساحت طبقات نقشه فرسایش خندقی
 به روش فازی گامای ۰/۵

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	خندق (درصد)
کم	۸۲۰۸/۹۴	۹۳/۹۲	۶۰/۹۳
متوسط	۳۴۴/۱۸	۳/۹۴	۲۲/۳۷
زیاد	۷۷/۶۱	۰/۸۹	۳/۳۴
خیلی زیاد	۱۰۹/۸۱	۱/۲۶	۱۳/۳۷

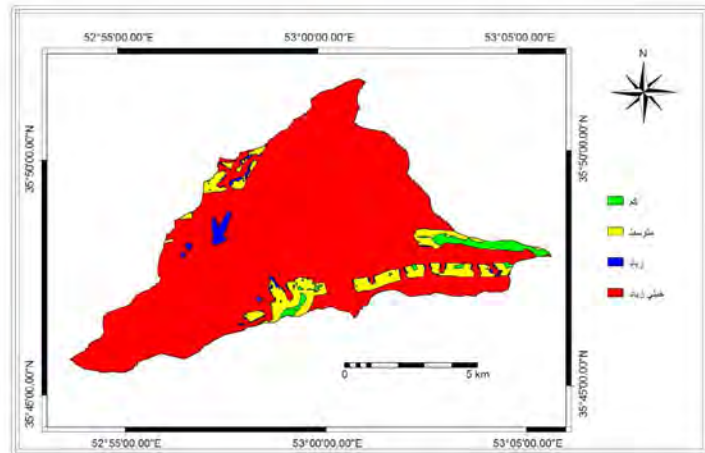
جدول (۴): درصد و مساحت طبقات نقشه فرسایش خندقی
 به روش فازی گامای ۰/۸

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد طبقات	خندق (درصد)
کم	۵۰۰۵/۸۰	۵۷/۲۷	۱/۵۴
متوسط	۲۶۷۵/۲۷	۳۰/۶۱	۳۷/۵۳
زیاد	۵۲۵/۲۴	۶/۰۱	۲۱/۸۵
خیلی زیاد	۵۳۴/۲۰	۶/۱۱	۳۹/۰۷

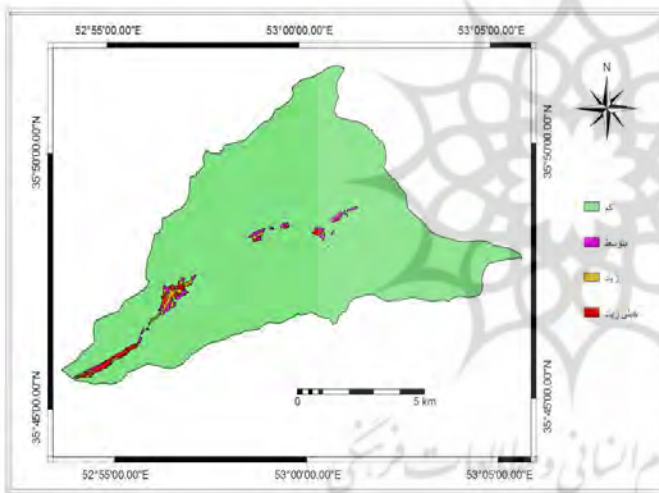
و رشد خندق نشان می‌دهد که با نتایج پژوهش زوکا و همکاران (۲۰۰۶)، یازن و همکاران (۲۰۰۳)، شادفر (۱۳۹۰) انطباق دارد. بررسی نتایج فاصله از جاده نشان می‌دهد که ۶۳/۲۴ درصد خندق‌ها در فاصله بیشتر از ۳۰۰ متر از جاده واقع شدند و فقط ۱۸ درصد از خندق‌ها در فاصله ۰-۱۰۰ متر از جاده قرار دارند. لذا جاده تأثیر کمی در ایجاد خندق در منطقه مورد مطالعه دارد و با نتایج پژوهش نیسن و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت ندارد. بررسی نتایج فاصله از آبراهه نشان می‌دهد که ۵۹/۱۳ درصد خندق‌ها در فاصله ۰-۵۰ متر و ۱۳/۱۱ درصد از خندق‌ها در فاصله ۵۰-۱۰۰ متری از آبراهه قرار دارند و این امر نشان دهنده تأثیر آبراهه در تشکیل خندق است. علت آن را می‌توان این‌طور بیان کرد رودخانه با عمل زیرشویی و فرسایش کناری تعادل دامنه‌های مشرف به آبراهه را بر هم زده و حساسیت به وقوع فرسایش خندقی در کناره رودخانه را افزایش می‌دهد. که نتایج این تحقیق با نتایج انتظاری و همکاران (۱۳۹۲) در نزدیکی وقوع خندق به آبراهه مطابقت دارد.

نوع کاربری به طور معنی‌داری فرآیندهای فرسایشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عموماً سطوح عریان و خالی از پوشش گیاهی در مقابل سطوح پوشیده شده از جنگل که قدرت فرسایش پذیری خاک را پایین می‌آورد فرسایش سریع‌تر و شدیدتری را تجربه می‌کند. (Dai, 2001) در منطقه مورد مطالعه حدود ۷۰ درصد از مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در کاربری مرتع رخ داده‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش مشخص شده است که در روش جمع جبری فازی ۱۰۰ درصد مناطق خندقی در پهنه خیلی زیاد و در ضرب جبری فازی، ۸۳/۲۹ درصد مناطق خندقی در پهنه کم قرار گرفته‌اند. (جدول ۱ و ۲) در فازی گامای ۰/۵ حدود ۶۰/۹۳ درصد خندق‌ها در طبقه کم و مجموعاً حدود ۱۷ درصد خندق‌ها در طبقات زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند ولی در روش گامای فازی ۰/۸ حدود ۱/۵ درصد مناطق خندقی در طبقه کم و حدود ۶۲ درصد خندق‌ها در طبقات زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. (جدول ۳ و ۴)

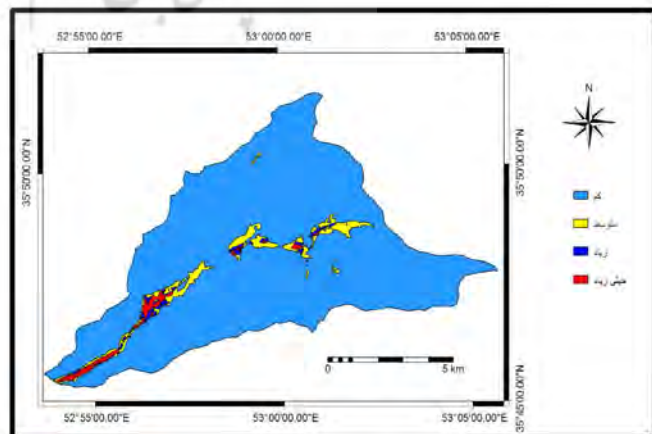
نگاره (۱): نقشه فرسایش خندقی به روش
 فازی جمع جبری فازی

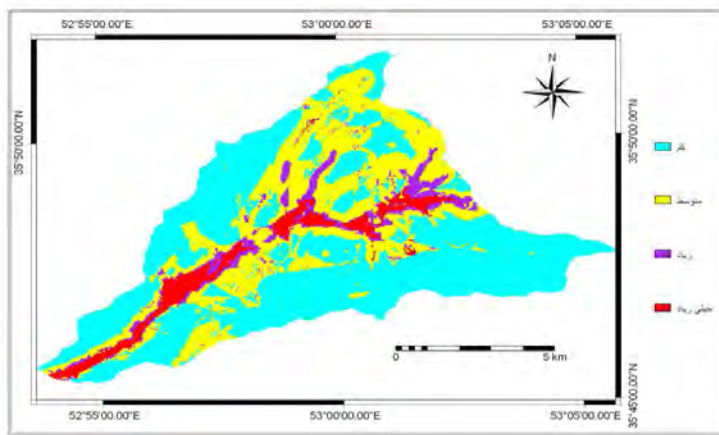


نگاره (۲): نقشه فرسایش خندقی به روش
 فازی ضرب جبری فازی



نگاره (۳): نقشه فرسایش خندقی به روش فازی
 گامای ۰/۵





نگاره (۴) نقشه فرسایش خندقی به روش فازی گامای ۰/۸

نگاره (۵): گسترش فرسایش خندقی در اراضی کشاورزی



روش تحلیل سلسه مراتبی در شهرستان رودبار استان گیلان، فصلنامه پژوهش‌های محیطی، سال اول، شماره سوم، دانشگاه هرمزگان، صص ۳۰-۱۶.

۶- شهریور، عبدال و بهروز حسن پور. ۱۳۸۴، بررسی تأثیر درصد نمک‌های محلول در خاک، مساحت و شیب حوزه آبخیز خندق در ایجاد فرسایش خندقی در منطقه سوق، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک، جلد ۲، صفحه ۵۶۶ تا ۵۶۹.

۷- صبح زاهدی، شهریار، صمد شادفر، مسعود علیدوست، محمدرضا پور نصرالله، علیرضا قدرتی و محمدعلی داداشی، ۱۳۹۱، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی: واسنجی، اعتباریابی و تکمیل مدل پیش بینی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی در حوزه های آبخیز خشک و نیمه خشک (استان گیلان)، وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۰ صفحه

۸- صوفی، مجید، ۱۳۸۳، بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک

منابع و مأخذ

- ۱- اسفندیاری درآباد، ف، بهشتی جاوید، ا، فتحی، م.ح.، ۱۳۹۲. بررسی قابلیت فرسایش خندقی با استفاده از مدل منطق فازی مطالعه موردی، حوضه سد گلستان- رودخانه قرناوه، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی مخاطرات محیطی، دانشگاه خوارزمی
- ۲- انتظاری، مژگان، ملکی، امجد، مرادی، خدیجه و الفتی، سعید، ۱۳۹۲، پهنه‌بندی فرسایش خندقی در حوضه آبریز دیره با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۷(۴): ۶۳-۸۶
- ۳- ثروتی م.ر.، قدوسی، ج.، دادخواه، م.، ۱۳۸۷. عوامل مؤثر در شکل گیری و گسترش فرسایش خندقی در لس ها، ۲۱(۱): ۲۰-۳۳.
- ۴- رامشت، م.ح.، گرجی، ل.، انتظاری، م.، ۱۳۸۸. روش‌های ریاضی ارزیابی گالی. مجله سپهر، ۱۶-۲۰.
- ۵- شادفر، صمد، ۱۳۹۰، بررسی فرسایش خندقی با استفاده از

- مناطق بیابانی، (۱): ۵۳-۸۴
- 19-Achten, W.M.J., Dondeyne, S., Mugogo, S., Kafiriti, E., Poesen, J., Deckers, J. and Muys, B., 2008. Gully erosion in South Eastern Tanzania: spatial distribution and topographic thresholds, *Zeitschrift für Geomorphology*, Vol. 52, No. 2, pp. 225-235(11).
- 20-Dai, F.C., Lee, C.F., Xu, Z.W., 2001. Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environment Geology* 40, 381-391.
- 21-Dube F., Nhapi I., Murwira A., Gumindoga W., Goldin J., Mashauri, D. A. 2014. Potential of weight of evidence modelling for gully erosion hazard assessment in Mbire District-Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 67, 145-152.
- 22-Imasuen, O.I., Omali, A.O., Ibrahim, I. 2011. Assessment of environmental impacts and remedies for gully erosion in Ankpa Metropolis and environs, Kogi State, Nigeria. *Advances in Applied Science Research* 2(5): 372-384.
- 23-Nasiri, M., Feiznia, S., Jafari, M., and Ahmadi, H. (2008) Using field indices of rill and gully GULTEM-The model to predict gully thermoerosion and erosion (Theoretical framework), 10th International soil conservation organization meeting, 966-972
- 24-Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Luyten, E., Veyret Picot, M., Deckers, J., Mitiku, H., Govers, G., 2002. Impact of road building on gully erosion risk, a case study from the northern Ethiopian highlands. *Earth Surface Processes and Landforms* 27 (12), 1267- 1283.
- 25-Poesen, J., Nachtergale, J., Vertstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and. Importance and research needs. *Catena* 50 (2-4), 91- 134.
- 26-Strunk, H., 2003. Soil degradation and overland flow as causes of gully erosion on mountain pastures and in forests. *Catena* 50:185- 198.
- 27-Topsa, G., Niacsu, L., 2012. Gully erosion within the Racal catchment (central Moldavian plateau, Romania). *Scientific Annals of "Al. I. Cuza" University of Iasi. Geography series LVII(II-c):* 79-87.
- 28-Zucca, C., Canu, A., Della Peruta, R., 2006. Effects of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gullies in an agro-pastoral area in Sardinia (Italy). *Catena* 88, 87-95.
- آبکندهای استان فارس، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۰ صفحه
- ۹- عرب قشقایی، زهرا، ۱۳۸۹، بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی با استفاده از GIS و RS و پهنه‌بندی آن در حوزه آبخیز طرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، ۸۰ صفحه.
- ۱۰- فرج زاده، منوچهر، عباسعلی افضلی، یاسرخلیلی، عباد الله قلیچی، 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، جلد ۲، شماره ۶، ۵۷-۴۲
- ۱۱- فیض‌نیا، سادات، مسیب حشمتی، حسن احمدی و جمال قدوسی، ۱۳۸۶، بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصر شیرین، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۴۰، ۷۴-۳۲
- ۱۲- گنجعلی، نرگس، ۱۳۸۸، بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خندقی و پهنه بندی آن در منطقه نیزار قم، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه زابل.
- ۱۳- مقصودی، مهران، صمدشادفر، محمد عباسی، ۱۳۹۰، پهنه‌بندی حساسیت اراضی به فرسایش خندقی در حوضه زواریان استان قم، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲: ۳۵-۵۲.
- ۱۴- ملکی، ا.، احمدی، م.، میلادی، ب.، ۱۳۹۱. شبیه سازی مناطق مستعد خندق‌زایی با استفاده از روش SPI در حوضه‌ی رودخانه‌ی مرگ، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳: ۲۳-۳۸.
- ۱۵- میلادی، ب.، ۱۳۹۰. شبیه سازی مناطق مستعد فرسایش خندقی در حوضه‌های آبریز مرگ و رازآور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، ۸۴ ص.
- ۱۶- نوحه‌گر، احمد و مریم حیدرزاده، ۱۳۹۰، مطالعه‌ی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و مورفومتری مناطق خندقی مطالعه موردی، گزیر، استان هرمزگان، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۱،
- ۱۷- نیکبین، م.ر. ۱۳۷۴. بررسی رابطه ژئومورفولوژی و خاک با جوامع گیاهی در منطقه طرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۶۳ ص
- ۱۸- یمانی، م.، زمان زاده، س.م.، احمدی، م.، ۱۳۹۲. تحلیل عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و توسعه فرسایش خندقی (مطالعه موردی: حوضه دشت کهور در استان فارس) (مجله کاوش‌های جغرافیایی