

ارزیابی رابطه‌ی عوامل ژئومورفولوژی با اشکال فرسایش با استفاده از طرح LADA و آزمون آماری کروسکال والیس : مطالعه موردی آبخیز مارگون در استان فارس

بهروز سعدین (نویسنده مسئول)

مریی گروه جغرافیا واحد لارستان ، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان ، ایران

محمد ابراهیم عقیفی

استاد یار گروه جغرافیا واحد لارستان ، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان ، ایران

چکیده

آبخیز بررسی شده یکی از منطقه‌های مستعد دام‌پروری در استان فارس است که با بهره‌گیری بیش‌ازحد و نامناسب از زمین ، در خطر پیدایش و پیشرفت شکل‌های مختلف فرسایش آبی می باشد . بنابراین ضروری است که عامل‌های مؤثر بر تشدید شرایط فرسایش آبی در آن‌ها برای مدیریت و مهارکردن آن‌ها بررسی شود. در این تحقیق رابطه‌ی عامل‌های مهم زمین‌ریختی با تغییر شکل‌های فرسایش آبی سطحی، شیاری، خندقی و زمین (بدلند) در بخشی از آبخیز مارگون به‌دست آورده شد. طبقه‌های مختلف جنس سنگ، شیب، جهت و ارتفاع با هر یک از شکل‌های فرسایش در منطقه ارتباط داده شد تا ایجاد شدن انواع آن‌ها و شکل فرسایشی غالب در طبقه‌های هر یک از عامل‌ها مشخص گردد . با کمک‌گرفتن از پژوهش ارزیابی تخریب زمین در منطقه‌های خشک (LADA) به شکل‌های فرسایش منطقه برحسب شدت و ضعف آن‌ها رتبه داده شد ، و برپایه‌ی ماهیت داده‌ها و متغیرهای بررسی شده آزمون آماری کروسکال والیس به‌کار برده شد. نتیجه‌های به‌دست آمده بیانگر آن است که بیش‌ترین فراوانی شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی یعنی فرسایش خندقی و بدلند به‌ترتیب در سازندهای آهک‌رس و سنگ گچ و نمک (۴/۸٪ و ۸/۱۵٪) ، بلندی‌های ۱۰۰۰-۱۲۰۰ متر (۶/۷٪ و ۳/۲۱٪) ، شیب‌های ۱۰-۲۰٪ (۷/۸٪ و ۱۵٪) ، و جهت دامنه‌ی جنوبی (۷/۵٪ و ۵/۹٪) است. نتیجه‌ی آزمون آماری برای جنس سنگ، شیب و جهت دامنه در تراز ۰/۰۱ و برای ارتفاع در تراز ۰/۰۵ معنی‌دار به‌دست آمد ، که نشان می‌دهد شکل‌های فرسایش آبی در طبقه‌ی عامل‌های بررسی شده تفاوت مشخصی دارد. بنابراین می‌توان این عامل‌های ژئومورفولوژی را برای ارزیابی کردن شکل‌های فرسایش آبی و شدت آن در منطقه‌های مشابه به‌کار برد.

واژگان کلیدی: شکل‌های فرسایش، طرح ارزیابی ، **LADA** مارگون ، ژئومورفولوژی ، کروسکال والیس

مقدمه

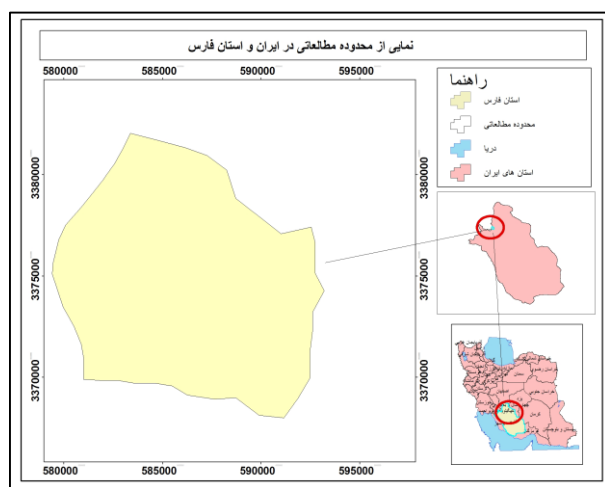
فرسایش آبی سطحی، خندقی و حرکت توده‌ای در بیش از ۱۲۰۰۰۰۰۰ هکتار از منطقه‌های کوهستانی و دشت های میان آن‌ها در ایران غالب است (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۶). فرسایش شیاری یکی از فرآیندهای فرسایش ناشی از آب در زمین‌های شیب‌دار و مرتع‌ها در بسیاری از منطقه‌های جهان است که باعث ازدست‌رفتن مقدار زیادی خاک می‌شود (رجبی و همکاران ۲۰۱۶). از میان شکل‌های مختلف فرسایش آبی، فرسایش خندقی رخداد مهم و مؤثری در نابودشدن خاک، تغییرکردن منظم زمین و آب، و پسر رفت زمین‌ها است. فرسایش خندقی نقش اساسی در تولیدکردن رسوب در منطقه‌های حساس حوزه‌های آبخیز دارد (روستایی و همکاران ۲۰۱۵). از جمله اثرهای مخرب این شکل فرسایش پرشدن مخزن سدها بر اثر تولیدشدن حجم زیاد رسوب، ازبین‌رفتن زمین‌های کشاورزی، کاهش‌یافتن حاصل خیزی خاک، گسترش‌یافتن زمین‌های بدخیم، هدررفتن آب بر اثر کاهش ظرفیت نگه‌داری خاک است (رحیم پور و همکاران ۲۰۱۷). هدر رفتن خاک در این نوع فرسایش چندین برابر بیش‌تر از فرسایش شیاری و سطحی است، و هرگاه تعداد خندق‌ها در هر کیلومترمربع از زمین بیش از ۷۰ یا طول آن‌ها در هر کیلومترمربع زمین بیش از ۱۰ کیلومتر باشد، فرسایش خندقی به فرسایش بدخیم تبدیل می‌شود. در زمین‌های بدلند معمولاً شکل‌های مختلف فرسایش نیز یافته می‌شود (فلاحی و منشادی ۲۰۱۶). در بیش‌تر منطقه‌هایی که گسترش طبیعی زمین بدخیم در آن زیاد است، ویژگی‌های سنگ‌شناسی و آب‌وهوایی در ایجادکردن آن دخالت مستقیم دارد. در واقع نقشه‌ی سنگ‌شناسی است که اساس واحدهای زمین ریختی را تشکیل می‌دهد. همین واحدهای سنگ‌شناسی برحسب اثر عامل‌های تخریب و فرسایش، نوع ها (تیپ‌ها) و رخساره‌های متفاوتی را در هر واحد مشخص می‌کنند (نظم فر و بهشتی ۲۰۱۶). اختلاف ارتفاع، شیب دامنه‌ها و پستی‌بلندی سطحی اغلب به اختلاف مقاومت سنگ‌ها و ساختمان زمین‌شناسی وابسته است. از این‌رو اولین عاملی که در توجیه‌کردن اختلاف شکل‌های سطحی ناشی از فرسایش به آن توجه می‌شود، ویژگی‌های چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی است. هر قدر سنگ‌ها سست‌تر باشد فرسایش آن‌ها بیش‌تر است (احمدی ۲۰۱۲). از طرفی، درک این‌که چگونه آب‌وهوا، پستی‌بلندی، و پوشش زمین بر فرآیندهای فرسایش خاک اثر می‌کند ضروری است (امیری و همکاران ۲۰۱۹). پستی‌بلندی نه‌تنها به خودی‌خود نقش مهمی در تشکیل و تکامل خاک دارد، بلکه سنجه‌های حساس نیواری مانند دما و رطوبت را تغییر می‌دهد؛ پس تغییردهنده‌ی آب‌وهوا در تراز ناحیه‌ی دانسته می‌شود. جهت دامنه‌ها نیز بسیار مهم است، به طوری که فرآیند خاک‌سازی در دامنه‌ی شمالی و جنوبی با هم تفاوت دارد (عرب قشقایی و همکاران ۲۰۱۱). ارتفاع در آب‌وهوای منطقه و به همراه آن در تشکیل و توسعه‌ی خاک و نوع تراکم پوشش گیاهی اثر دارد، و بنابراین آگاهی از ویژگی‌های پستی‌بلندی به‌ویژه نحوه‌ی توزیع سطح با ارتفاع در شناخت سازوکارهای آبخیزها اهمیت فراوان دارد (امیدوار ۲۰۱۱) پستی‌بلندی مدل USLE به‌دلیل حساسیت زیاد نتیجه‌های مدل به آن، و به‌دلیل پیچیدگی اثرهای آن بر فرسایش خاک عامل مهمی در این مدل دانسته می‌شود (درانی نژاد ۲۰۱۱). پژوهش اسمیت و ویشمایر (۱۹۶۲) نشان داد که اثر فرسایش بر سطح‌های شیب‌دار بسیار پیچیده است. بودوکو و دزهیریرو (۲۰۰۵) با بررسی عامل

های مختلف محیطی، شیب، جهت، و بافت خاک را مهم ترین عامل های مؤثر در فرسایش دانستند. (رضایی و همکاران ۲۰۱۱) عامل های مؤثر بر فرسایش را معرفی کردند و میزان فرسایش را در رخساره های مختلف فرسایشی متفاوت دانستند که باید در تعیین کردن میزان فرسایش به آن توجه شود. (عالمی ۲۰۰۲) نشان دادند که ریخت شناسی (شیب و جهت) از عامل های مهم در فرسایش پذیری خاکها است باید در برآورد کردن فرسایش خاک به آن توجه شود. (عباس نژاد ۱۹۹۸) در ارزیابی تخریب زمین در منطقه های خشک (LADA) روش شناسی جامعی را برای تعیین و تهیه کردن نقشه ی تخریب زمین پایه ریزی و اجرا کردند. در این ارزیابی در سه مقیاس فضایی (محلی، ملی و جهانی) وضعیت، عامل ها و اثرهای تخریب زمین در نظام کاربری بررسی شد. شکل های فرسایش با آب و باد بررسی، و به هر یک از آن ها بر حسب شدت تخریب ارزش و رتبه داده شد. نتیجه های آنان درک بهتری از پدیده های تخریب زمین به دست داد و عمل کرد مناسب در همه ی سطح ها را نشان داد. بررسی رابطه ی پستی و بلندی و فرسایش خاک در فلات لسی چین با ترکیب کردن تحلیل بخش پایه یی (PCA) و وایازی خطی (wang et all . ۲۰۰۱) نشان داد که الگوی ویژگی های پستی بلندی آبخیز و شاخص پستی بلندی فرسایش مشابه است. در ایران نتیجه های بررسی اثر شیب بر شدت فرسایش و ایجاد رخساره های فرسایشی در آبخیز لتیان (عباس نژاد ۱۹۹۸) نشان داد که درصد رخساره های فرسایشی در هر رده از شیب ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می کند، که دلیل آن را افزایش رخساره های توده سنگی و بیرون زدگی سنگی در بلندی ها و مقاوم تر بودن جنس سنگ در شیب های زیادتر دانستند. نتیجه های بررسی آستانه ی پستی بلندی و عامل های مؤثر بر رسوب زایی و گسترش خندق ها در منطقه ی نیریز استان فارس (عرب قشقایی و همکاران ۲۰۱۲) غالب بودن روان آب سطحی را در جایگاه فرآیند آب شناختی عمده در گسترش آن ها نشان داد. بررسی آستانه ی پستی بلندی نیز نشان داد که فرآیند روان آب سطحی به علت منفی شدن توان (b) غالب است. بررسی ارتباط بین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آهک رس حساس با فرسایش در آبخیز تلخه رود با نوع های مختلف فرسایش نشان داد که در میانگین داده ها در بین فرسایش های توده یی و هزاردره یی (بدلند)، اسیدپته تفاوت معنی دار دارد (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۶). نتیجه های رابطه ی فرسایش پذیری، شکل های فرسایش و از میان رفتن خاک های حاصل از سه نوع آهک رس در آذربایجان غربی (روستایی و همکاران ۲۰۱۵) نشان داد که با آن که به طور کلی وضعیت فرسایش سطحی در طبقه ی متوسط است، در منطقه های قره تپه قره آغاج فرسایش خندقی امتیاز بیش تری گرفته است. ارزیابی فرسایش پذیری خاک در آبخیز سد طرق مشهد (رحیم پور و همکاران ۲۰۱۷) نشان داد که در جهت شمالی کم ترین فرسایش پذیری در شیب کم تر از ۱۰٪ مشاهده شد، که با سایر درجه های شیب تفاوت معنی داری دارد. در جهت جنوبی بین درجه های مختلف از نظر مقدار شاخص فرسایش پذیری تفاوت معنی داری مشاهده نشد. (فلاحی و همکاران ۲۰۱۶) در تحلیل عامل های مؤثر بر تشکیل و گسترش زمین های بدلند در آبخیز ماملو نشان دادند که زمین های بدلند در منطقه های با گل سنگ، آهک-رس، گچ و جوش سنگ قرمز ارتفاع کم تر از ۱۴۰۰ متر و شیب ۵-۱۰٪ بیش ترین تراکم را دارد. (رجبی و همکاران ۲۰۱۶) در مدل سازی مکانی فرسایش خندقی آبخیز مهارلو نشان دادند که طبقه های ارتفاعی کم و جهت های جنوبی نقش مؤثری در وقوع فرسایش خندقی داشته است. (درانی نژاد و همکاران ۲۰۱۱) در بررسی روابط ریخت سنجی خندق ها

در بخش نیمه‌خشک استان ایلام به این نتیجه رسیدند که عامل‌های پستی‌بلندی بر شکل نهایی خندق‌ها تاثیرگذار است. بیش‌تر پژوهش‌ها بر یک شکل از فرسایش به‌ویژه فرسایش خندقی بوده است. در ارتباط با شکل‌های فرسایش آبی برخی از بررسی‌ها به شیب یا جهت دامنه، و برخی دیگر صرفاً به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک یا فرسایش پذیری آن پرداخته‌اند. منطقه‌ی بررسی‌شده با سازندهای زمین‌شناسی حساس آهک‌رس، پلمه‌سنگ و سنگ‌های تبخیری، آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک تنوع ریخت‌شناسی، شرایط طبیعی را برای ایجادشدن نوع‌های مختلف فرسایش آبی از فرسایش سطحی تا فرسایش خندقی و بدلند دارد. برای مبارزه با، و به‌تبع آن موفقیت در، مهارکردن فرسایش خاک بررسی‌کردن کمی عامل‌ها و شکل‌های فرسایش و شدت آن‌ها در منطقه ضروری است. تاکنون نقش عامل‌های زمین ریختی در تشکیل و توسعه‌ی شکل‌های فرسایش آبی در ایران با توجه به طرح LADA و آمار استنباطی بررسی نشده است. این پژوهش برای شناخت علمی ارتباط عامل‌های جنس سنگ و ریخت‌شناسی با شکل‌های فرسایش آبی منطقه انجام شد.

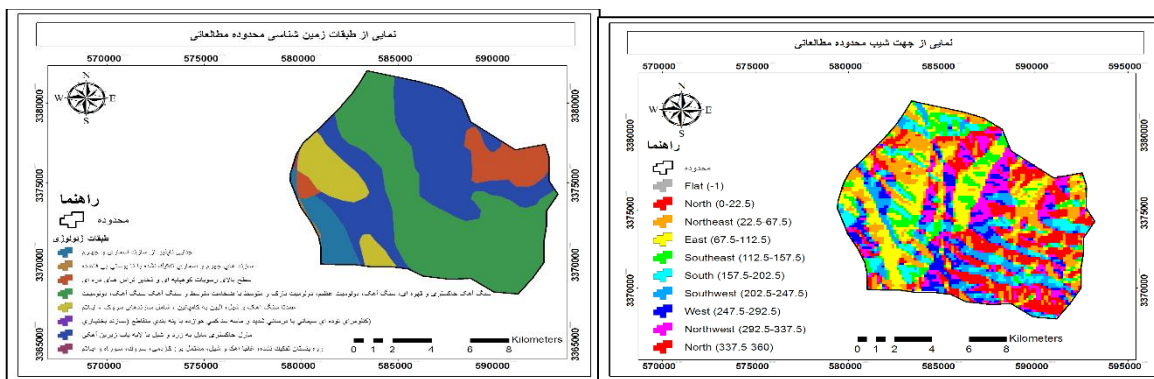
مواد و روش‌ها

محدوده و قلمرو پژوهش حوضه مارگون است که منطقه حفاظت شده آبشار مارگون در آن واقع شده است. این منطقه در در شمال غربی استان فارس و ۱۲۸ کیلومتری شهرستان شیراز بین ۳۰" تا ۳۱" درجه عرض شمالی و ۵۱" تا ۵۲" درجه طول شرقی واقع شده است. دارای پوشش گیاهی و جانوری متنوعی است که با توجه به آشفتگی‌های بروز یافته (اعم از طبیعی و غیرطبیعی) هم اکنون با مشکلاتی متفاوت نظیر کاهش کیفیت اکولوژیکی، تنزل کارایی اکوسیستم‌های طبیعی، فرسایش خاک، و غیره مواجه است (شکل ۱)



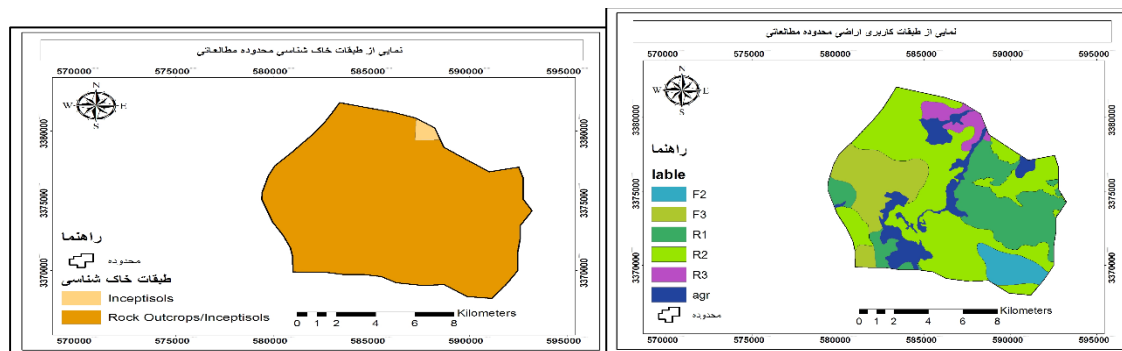
شکل ۱: نمایی از محدوده مطالعاتی در ایران و شیراز

برای تهیه کردن لایه‌ی جنس سنگ نقشه‌ی زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) سازمان زمین‌شناسی کشور به‌کار برده شد و لایه‌های ریخت‌شناسی منطقه شامل ارتفاع، شیب و جهت دامنه از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه‌ی خانه‌های ۳۰ متری به دست آمد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی نوع فرسایش منطقه تصویر گوگل ارث ۲۰۱۴ و عکس‌های هوایی ۲۰۰۱ (۱:۲۰۰۰۰) سازمان نقشه‌برداری کشور به‌کار برده شد، و از آن‌جا که تشخیص شکل‌های فرسایش در صحرا به راحتی امکان‌پذیر است، برای تکمیل کردن و بازنگری نقشه، بازدیدهای صحرایی و تطبیق اطلاعات با دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) انجام شد. به این ترتیب شکل‌های مختلف فرسایش در منطقه شامل فرسایش سطحی، شیاری، خندقی و بدلدن شناسایی شد.



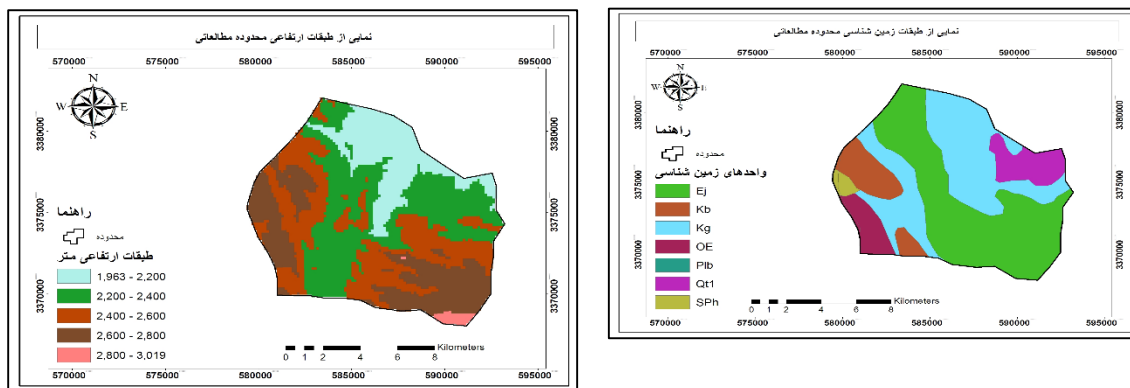
شکل ۳: نقشه جهت شیب محدوده مطالعاتی

شکل ۲: نقشه طبقات زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی



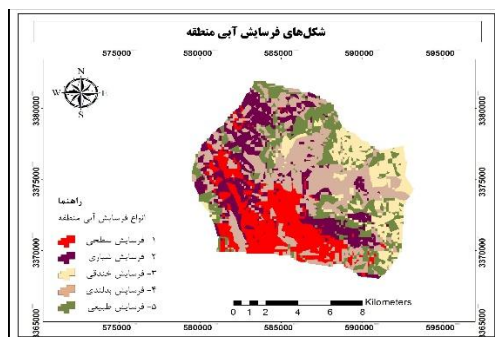
شکل ۵: نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی

شکل ۴: طبقات خاک‌شناسی محدوده مطالعاتی



شکل ۶: نقشه ارتفاعی محدوده مطالعاتی

شکل ۶: واحدهای زمین شناسی محدوده مطالعاتی



شکل ۸: شکل های فرسایش آبی منطقه مطالعاتی

لایه‌ی نوع فرسایش آبی با لایه‌های متغیرها در ArcGIS هم‌پوشانی داده ، و برای تعیین کردن رابطه‌ی عامل‌های زمین ریختی با شکل‌های مختلف فرسایش آبی آزمون آماری به‌کار برده شد. بر پایه‌ی داده‌های طرح ارزیابی تخریب زمین در منطقه‌های خشک (LADA) به شکل‌های فرسایش آبی منطقه برحسب شدت و ضعف آن‌ها رتبه داده شد. به فرسایش سطحی و شیاری که از مرحله‌های ابتدایی تخریب خاک است و شدت آن‌ها کم‌تر است به‌ترتیب رتبه‌ی ۱ و ۲، و به فرسایش خندقی و بدخیم که مرحله‌ی نهایی ازمیان‌رفتن و هدررفتن خاک است رتبه‌ی ۳ و ۴ داده شد (berhe et all ۲۰۱۲). با در نظر گرفتن ماهیت متغیرها و داده‌های بررسی‌شده آزمون کروسکال والیس به کار برده شد. این آزمون که با مجموع رتبه‌های مشاهده‌ها کار می‌کند به تحلیل پراش شبیه است، اما به فرض بهنجار بودن جامعه‌ها نیازی ندارد و به جای داده‌ها، رتبه‌ی آن‌ها به‌کار برده می‌شود. در کروسکال والیس فرض برابر بودن میانگین‌های K جامعه آزموده می‌شود (نصیری ۲۰۱۵). توزیع آماری این آزمون مجذور کای با $K-1$ درجه‌ی آزادی است و مقدار آن از رابطه‌ی ۱ به دست می‌آید:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{n_i (R_i - \frac{n(n+1)}{2})^2}{n(n+1)}}{n}$$

رابطه‌ی ۱

میانگین رتبه‌ها در

نمونه‌ی i

تعداد

ام

$\leq I \leq k$

n_i ، (۱) i

مشاهده‌ها در نمونه‌ی i ام، و $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$ تعداد کل مشاهده‌ها است.

نتایج

با تفکیک و تعیین کردن حد فرسایش آبی در بخشی از آبخیز مارگون، شکل‌های مختلف آن شامل فرسایش سطحی، شیبی، خندقی و بدلدن تشخیص داده شد. نقشه‌ی به‌دست‌آمده (شکل ۶) نشان می‌دهد که فرسایش سطحی در ۱۵۱۹ هکتار، شیبی در ۱۳۹۸ هکتار، خندقی در ۴۴۵۱ هکتار و بدلدن در ۶۶۷۹ هکتار از مساحت منطقه است. شکل فرسایش غالب در منطقه فرسایش بدلدن با بیش‌ترین فراوانی ۴۲/۳٪ است. به‌علاوه حدود ۱۷۴۲ هکتار از سطح منطقه از برون زدهای سخت و یکپارچه‌ی سنگی تشکیل شده است که هیچ‌کدام از فرسایش‌های آبی در آن نیست سطح فرسایش طبیعی شناخته شد. در این منطقه‌ها فرسایش ساختمانی غالب است و میزان فرسایش کم و طبیعی است. نتیجه‌های هم پوشانی‌دادن لایه‌های جنس سنگ، ارتفاع، شیب جهت دامنه با شکل‌های مختلف فرسایش آبی منطقه با کاربرد ArcGIS در جدول‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. نتیجه‌ی آزمون آماری کروسکال والیس برای بررسی معنی‌داری تغییر شکل‌های فرسایش آبی با عامل‌های زمین‌ریختی در جدول ۵ نشان داده شده است. بررسی رابطه‌ی جنس سنگ با نوع‌های مختلف فرسایش آبی منطقه بیانگر آن است که شکل‌های پیشرفته و بحرانی آن یعنی فرسایش بدلدن و خندقی در سازندهای حساس منطقه بیش‌ترین فراوانی را دارد. فراوانی بدلدن در سازند آهک‌رس و گچ ۱۵/۸٪ و در سنگ نمک ۷/۳٪ است. این میزان برای فرسایش خندقی به‌ترتیب ۸/۴٪ و ۶/۹٪ مشاهده شد (جدول ۱). در مقابل، فراوانی شکل‌های کم‌تر توسعه‌یافته مانند فرسایش سطحی در سنگ آهک توده‌یی بیش‌تر است (۵/۳٪).

جدول ۱- مساحت (هکتار) و درصد مساحت شکل‌های مختلف فرسایش آبی در سازندهای منطقه.

جنس سنگ									
شکل های فرسایش	EOsa	MURm	MURmg	MURsh	OMql	PLcs	PLQc	PLc	Qft۲
سطحی	۳۰۸ ٪ ۱/۹	۳۲ ٪ ۰/۲	۱۰۷ ٪ ۰/۷	۷۰ ٪ ۰/۴	۸۴۰ ٪ ۵/۳	۰ ٪ ۰	۵۶ ٪ ۰/۴	۰ ٪ ۰	۱۰۹ ٪ ۰/۷
شیبی	۲۲۱ ٪ ۱/۴	۱۵۷ ٪ ۱	۴۶۹ ٪ ۳	۷۴ ٪ ۰/۵	۲۰۲ ٪ ۱/۳	۲۰ ٪ ۰/۱	۱۱۴ ٪ ۰/۷	۴۱ ٪ ۰/۳	۱۴۳ ٪ ۰/۹
خندقی	۱۰۹۳ ٪ ۶/۹	۸۷۲ ٪ ۵/۵	۱۱۵۶ ٪ ۷/۳	۳۹۰ ٪ ۲/۵	۱۶۶ ٪ ۱	۴۳۲ ٪ ۲/۷	۱۸ ٪ ۰/۱	۸۲۱ ٪ ۵/۲	۲۹۰ ٪ ۱/۸
بدلدن	۱۳۳۶ ٪ ۸/۴	۱۳۲ ٪ ۰/۸	۲۵۰۵ ٪ ۱۵/۸	۹۲ ٪ ۰/۶	۲۹۱ ٪ ۱/۸	۸۴۹ ٪ ۵/۴	۶۹ ٪ ۰/۴	۰ ٪ ۰	۵۹۴ ٪ ۳/۸
فرسایش طبیعی	۵۷۲ ٪ ۳/۶	۶۹۰ ٪ ۴/۴	۳۴ ٪ ۰/۲	۱۲۷ ٪ ۰/۸	۲۴۶ ٪ ۱/۶	۷۸ ٪ ۰/۵	۰ ٪ ۰	۰ ٪ ۰	۰ ٪ ۰
مجموع	۳۵۳۰ ٪ ۲۲/۳	۱۸۸۳ ٪ ۱۱/۹	۴۲۷۱ ٪ ۲۷	۷۵۳ ٪ ۴/۸	۱۷۴۵ ٪ ۱۱	۱۳۷۹ ٪ ۸/۷	۲۵۷ ٪ ۱/۶	۸۶۲ ٪ ۵/۵	۱۱۳۶ ٪ ۷/۲

EOsa^۳: سنگ نمک گنبدی و لایه‌یی، MURm: آهک‌رس قرمز همراه با ماسه‌سنگ، MURmg: آهک‌رس و سنگ‌گچ، MURsh: پلمه‌سنگ، آهک‌رس و ماسه‌سنگ، OMql: سنگ آهک توده‌یی ضخیم، PLcs: جوش‌سنگ توده‌یی و ماسه‌سنگ، PIQc: جوش‌سنگی قرمز با جورشدگی متوسط، Plc: جوش‌سنگ و ماسه‌سنگ، Qft^۲: مخروط افکنه و پادگانه‌های آبرفتی.

بررسی رابطه‌ی لایه‌ی ارتفاع با شکل‌های مختلف فرسایش آبی منطقه (جدول ۲) نشان می‌دهد که فراوانی شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی در طبقه‌ی ارتفاعی ۱۰۰۰-۱۲۰۰ متر بیش‌تر است (فرسایش بدخیم ۲۱/۳٪ و فرسایش خندقی ۶/۷٪). این فراوانی تا ارتفاع ۱۶۰۰ متر نیز دیده می‌شود (فرسایش بدلند ۶/۴٪ و فرسایش خندقی ۵/۶٪)، اما در بلندی‌های بیش‌تر از ۱۶۰۰ متر نوع‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی کاهش چشمگیری نشان داد و در بلندی‌های بیش‌تر از ۲۰۰۰ متر هیچ فرسایش خندقی و بدلند ثبت نشد. در مقابل، بیش‌ترین فراوانی در سطح فرسایش طبیعی با رخ‌نمون سنگی در طبقه‌ی ارتفاعی ۱۸۰۰ - ۱۶۰۰ متر بود. در منطقه‌های مرتفع (در مقایسه با بلندی‌های ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ متر) فراوانی نسبی شکل‌های کم‌تر توسعه‌یافته‌ی فرسایش آبی مثل فرسایش سطحی و شیب‌اری بیش‌تر بود.

جدول ۲- مساحت (هکتار) و درصد مساحت شکل‌های مختلف فرسایش آبی در طبقه‌های ارتفاعی منطقه.

ارتفاع (متر)							شکل‌های فرسایش
>۲۰۰۰	۲۰۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۱۶۰۰	۱۶۰۰-۱۴۰۰	۱۴۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۱۰۰۰	<۱۰۰۰	
۴۱	۸۶	۵۹	۱۱	۶	۳۹۲	۹۲۳	سطحی
٪۰/۳	٪۰/۵	٪۰/۴	٪۰/۱	٪۰	٪۲/۵	٪۵/۸	
۵۰	۱۴۸	۴۵	۲۶	۲۸	۱۱۰۲	۰	شیب‌اری
٪۰/۳	٪۰/۹	٪۰/۳	٪۰/۲	٪۰/۲	٪۰/۷	٪۰	
۰	۵۶۴	۵۷۱	۸۷۹	۱۱۱۰	۱۰۵۹	۲۶۸	خندقی
٪۰	٪۳/۶	٪۳/۶	٪۵/۶	٪۰/۷	٪۶/۷	٪۱/۷	
۰	۹۵	۲۶۵	۱۰۰۸	۱۵۹۲	۳۳۶۵	۳۵۴	بدلند
٪۰	٪۰/۶	٪۱/۷	٪۶/۴	٪۱۰/۱	٪۲۱/۳	٪۲/۲	
۰	۷۸	۲۴۶	۱۲۷	۳۴	۶۹۰	۵۷۲	فرسایش طبیعی
٪۰	٪۰/۵	٪۱/۶	٪۰/۸	٪۰/۲	٪۴/۴	٪۳/۶	
۱۵۴	۱۱۷۴	۱۵۳۹	۲۳۷۱	۳۰۱۸	۵۹۸۸	۱۵۴۵	مجموع
٪۱	٪۷/۴	٪۹/۷	٪۱۵	٪۱۹/۱	٪۳۷/۹	٪۹/۸	

نتیجه‌های هم‌پوشانی لایه‌های شیب و شکل‌های مختلف فرسایش آبی منطقه (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیش‌ترین

فراوانی در فرسایش سطحی و شیاری در طبقه‌ی شیب ۰-۱۰٪ و فرسایش خندقی و بدلند در طبقه‌ی شیب ۱۰-۲۰٪ بود، و با افزایش شیب از سطح آن‌ها کاسته می‌شد. اما سطح فرسایش طبیعی با رخ‌نمون سنگی در طبقه‌ی شیب بیش‌تر از ۶۰٪ (۳/۱٪) غالب است. به‌طورکلی در شیب‌های کم‌تر از ۱۰٪ میزان فرسایش کم‌تر است؛ ازاین رو فراوانی نوع‌های کم‌تر توسعه‌یافته‌ی فرسایش سطحی و شیاری در این طبقه بیش‌تر است (فرسایش سطحی ۷/۴٪ و فرسایش شیاری ۶/۱٪). فرسایش در شیب‌های بیش‌تر از ۱۰٪ افزایش یافت و بیش‌تر شکل‌های پیشرفته‌تر فرسایش آبی دیده شد (بدلند ۱۵٪ تا ۶/۴٪ و خندقی ۸/۷٪ تا ۵/۲٪).

جدول ۳- مساحت (هکتار) و درصد مساحت شکل‌های مختلف فرسایش آبی در طبقه‌های شیب منطقه.

شیب (درصد)							شکل‌های فرسایش
>۶۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	
۵۰	۷	۱۶	۴۰	۶۸	۱۶۶	۱۱۷۲	سطحی
٪۰/۳	٪۰	٪۰/۱	٪۰/۳	٪۰/۴	٪۱/۱	٪۷/۴	
۱۰۴	۳۳	۲۰	۳۹	۷۹	۱۵۷	۹۶۶	شیاری
٪۰/۷	٪۰/۲	٪۰/۱	٪۰/۲	٪۰/۵	٪۱	٪۶/۱	
۵۹۶	۱۶۹	۲۰۰	۴۵۳	۸۲۵	۱۳۷۲	۸۳۵	خندقی
٪۳/۸	٪۱/۱	٪۱/۳	٪۲/۹	٪۵/۲	٪۸/۷	٪۵/۳	
۳۲۸	۹۵	۲۶۵	۱۰۰۸	۱۵۹۲	۳۳۶۵	۲۲۱۰	بدلند
٪۲/۱	٪۰/۴	٪۱/۵	٪۲/۹	٪۶/۴	٪۱۵	٪۱۴	
۴۸۹	۱۳۴	۱۴۸	۲۸۱	۳۲۷	۲۸۳	۸۰	فرسایش طبیعی
٪۳/۱	٪۰/۸	٪۰/۹	٪۱/۸	٪۲/۱	٪۱/۸	٪۰/۵	
۱۵۶۷	۴۰۹	۶۲۸	۱۲۷۳	۲۳۰۷	۴۳۴۱	۵۲۶۳	مجموع
٪۹/۹	٪۲/۶	٪۴	٪۸/۱	٪۱۴/۶	٪۲۷/۵	٪۳۳/۳	

نتیجه‌های هم‌پوشانی لایه‌های جهت دامنه و شکل‌های مختلف فرسایش آبی منطقه (جدول ۴) نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی شکل‌های فرسایش بررسی‌شده به‌ویژه بدلند و خندقی در جهت دامنه‌ی جنوبی است، درحالی‌که در منطقه‌های مسطح و در جهت‌های شمال شرقی و شمالی به کم‌ترین مقدار بود. تفاوت در آفتاب‌گیری جهت‌های مختلف دامنه‌ها، شرایط دمایی متفاوت خاک در نتیجه هوا را به وجود می‌آورد. تابش آفتاب بر هر واحد سطح زمین در دامنه‌های جنوبی بیش از شیب‌های شمالی است (عالمی ۲۰۰۲). در نتیجه رطوبت و پوشش گیاهی کم‌تر است و فرسایش بیش‌تری رخ می‌دهد. ازاین‌رو، شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی در دامنه‌های جنوبی گسترش بیش‌تری نشان می‌دهد (فرسایش بدلند ۹/۵٪ و فرسایش خندقی ۵/۷٪). پس از آن، شیب‌های جنوب غربی گرم‌تر از شیب‌های جنوب شرقی است (همان)؛ ازاین‌رو، گسترش این فرسایش‌ها به‌ترتیب در دامنه‌های جنوب غربی و سپس جنوب شرقی نیز دیده شد. در مقابل در دامنه‌های شمالی که تابش کم‌تر و رطوبت و پوشش گیاهی بیش‌تر است، شدت فرسایش کاسته شده و شکل

های پیشرفته‌ی فرسایش آبی در آن کم‌تر از دامنه‌های دیگر است (فرسایش بدلند ۲/۷٪ و فرسایش خندقی ۱/۸٪).

جدول ۴- مساحت (هکتار) و درصد مساحت شکل‌های فرسایش آبی در جهت‌های مختلف دامنه.

جهت دامنه									
شکل های فرسایش	مسطح	شمال	شمال شرقی	جنوب شرقی	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	
سطحی	۳۵	۴۲	۶۷	۱۵۲	۲۸۲	۳۸۳	۳۲۸	۱۸۱	۴۹
	٪ ۰/۲	٪ ۰/۳	٪ ۰/۴	٪ ۱	٪ ۱/۸	٪ ۲/۴	٪ ۲/۱	٪ ۱/۱	٪ ۰/۳
شیاری	۹	۳۴	۱۰۲	۲۸۲	۲۱۵	۲۶۲	۱۹۱	۲۱۹	۸۴
	٪ ۰/۱	٪ ۰/۲	٪ ۰/۶	٪ ۱/۸	٪ ۱/۴	٪ ۱/۷	٪ ۱/۲	٪ ۱/۴	٪ ۰/۵
خندقی	۱	۲۷۸	۱۷۳	۴۰۹	۵۵۲	۹۰۵	۸۸۲	۷۹۷	۴۵۴
	٪ ۰	٪ ۱/۸	٪ ۱/۱	٪ ۲/۶	٪ ۳/۵	٪ ۵/۷	٪ ۵/۶	٪ ۵	٪ ۲/۹
بدلند	۵	۴۲۵	۴۲۹	۶۸۱	۱۰۷۹	۱۴۹۵	۱۰۴۰	۹۹۴	۵۳۲
	٪ ۰	٪ ۲/۷	٪ ۲/۷	٪ ۴/۳	٪ ۶/۸	٪ ۹/۵	٪ ۶/۶	٪ ۶/۳	٪ ۳/۴
فرسایش طبیعی	۱	۱۰۸	۴۳	۸۱	۱۴۰	۴۳۰	۴۰۷	۳۳۵	۱۹۸
	٪ ۰	٪ ۰/۷	٪ ۰/۳	٪ ۰/۵	٪ ۰/۹	٪ ۲/۷	٪ ۲/۶	٪ ۲/۱	٪ ۱/۳
مجموع	۵۱	۸۸۷	۸۱۴	۱۶۰۵	۲۲۶۸	۳۴۷۵	۲۸۴۸	۲۵۲۶	۱۳۱۷
	٪ ۰/۳	٪ ۵/۶	٪ ۵/۲	٪ ۱۰/۲	٪ ۱۴/۴	٪ ۲۲	٪ ۱۸	٪ ۱۶	٪ ۸/۳

در بررسی درستی تفسیر نتیجه‌ها و تعیین کردن معنی داری تغییر شکل‌های فرسایش آبی در طبقه‌های بررسی شده (جدول ۵) از آنجائیکه تراز معنی داری متناظر با آماری آزمون کروسکال والیس برای جنس سنگ، شیب و جهت دامنه کوچک‌تر از ۰/۰۱ و برای ارتفاع کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، تفاوت شکل‌های فرسایش آبی در این متغیرها معنی دار است و بین شکل‌های مختلف فرسایش آبی در طبقه‌های این عامل‌ها تفاوت مشخصی وجود دارد.

جدول ۵- نتیجه‌ی آزمون کروسکال والیس برای عامل‌های زمین‌ریختی

ردیف	عامل	Chi-square	df	sig	تفاوت
۱	جنس سنگ	۲۳/۲۹۷	۸	۰/۰۰۳	دارد
۲	ارتفاع	۱۴/۲۸۸	۶	۰/۰۲۷	دارد
۳	شیب	۸۳/۷۷۰	۶	۰/۰۰۰	دارد
۴	جهت دامنه	۴۷/۲۸۲	۸	۰/۰۰۰	دارد

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، تغییر نوع‌های فرسایش آبی موجود در بخشی از آبخیز مارگون و رابطه‌ی بین عامل‌های زمین ریختی با شکل‌های فرسایش بررسی شد. نتیجه نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی معنی‌دار جنس سنگ و ریخت‌شناسی با شکل‌های فرسایش آبی است. نتیجه‌ی مقابل فرسایش دانست. به‌علاوه میزان فرسایش را در رخساره‌های مختلف فرسایشی متفاوت دانست، که باید در تعیین کردن میزان فرسایش به آن توجه شود.

سطح شکل‌های اولیه‌ی فرسایش آبی یعنی فرسایش سطحی در سنگ‌های مقاوم آهک توده‌یی با فراوانی ۳/۵٪ در منطقه بیش‌ترین بود، در حالی که فراوانی شکل‌های پیشرفته و بحرانی فرسایش خندقی و بدخیم در سازندهای آهک رس و گچ که حساسیت زیادی به فرسایش دارند، به‌ترتیب با ۸/۴٪ و ۱۵/۸٪ بیش‌ترین بود. (امیری و همکاران ۲۰۱۹) در تحلیل عامل‌های مؤثر بر گسترش بدلدها در آبخیز ماملو به این نتیجه رسیدند که بدلدها در منطقه‌های با گل‌سنگ، آهک‌رس، گچ و جوش‌سنگ قرمز بیش‌ترین فراوانی را نشان می‌دهند. آزمودن آماری عامل شیب در تراز اطمینان ۹۹٪ نشان داد که شکل‌های فرسایش در طبقه‌های آن تفاوت مشخصی دارد شیب یکی از عامل‌های مهم است که می‌تواند بر شکل‌های فرسایش آبی اثر بگذارد. به نظر شینجو (۲۰۰۲) نیز شیب یکی از خصوصیت‌هایی است که همبستگی زیادی با فرسایش و انواع آن دارد. نتیجه‌های تحقیق کوثری و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که تغییر جزئی شیب به‌ویژه شیب‌های کم تأثیر زیادی بر افزایش زمان تمرکز دارد، و با افزایش یافتن شیب آب‌راه تأثیر سنجه‌هایی مانند طول آب‌راه اصلی یا شماره‌ی منحنی بر زمان تمرکز افزایش می‌یابد. در شیب کم‌تر از ۱۰٪، شکل‌های ابتدایی کم‌تر توسعه‌یافته‌ی فرسایش سطحی و شیاری فراوانی بیش‌تری دارد، و با افزایش یافتن شیب شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی یعنی فرسایش خندقی و بدخیم گسترده می‌شود. در شیب‌های زیاد سطح فرسایش طبیعی برون‌زدهای سنگی غالب می‌شود و فرسایش به‌دلیل نبود خاک کاهش می‌یابد. (عرب قشقایی و همکاران ۲۰۱۱) نیز با دیدن همبستگی بین شیب و شدت فرسایش در آبخیز لتیان، طبقه‌های شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد را در حد بیشینه‌ی فرسایش دانستند. در موقعیت‌های شیب تند، فرسایش منجر به حذف شدن خاک سطحی می‌شود (فلاحی و همکاران ۲۰۱۶) ازاین‌رو فراوانی شکل‌های مختلف فرسایش آبی در شیب‌های زیاد کاهش می‌یابد. بررسی ارتفاع نشان داد که تفاوت مشخصی در نوع‌های فرسایشی طبقه‌های ارتفاعی منطقه است، و ارتفاع در تراز اطمینان ۹۵٪ ممکن است یکی از عامل‌های تأثیرگذار در ایجاد شدن شکل‌های فرسایشی باشد. در بلندی‌ها هوا سرد و شیب زیاد است و تشکیل و تجمع خاک کند است. به سبب زمان رویش کوتاه گیاهان و سردی هوا در بلندی‌ها، ریززیندگان خاک نمی‌توانند به‌خوبی فعالیت کنند، خاک‌زایی به‌کندی انجام می‌گیرد، و فرسایش بیش‌تر زمین‌شناختی و طبیعی است (امیدوار ۲۰۱۰). شکل بارش پژوهش (رضایی و همکاران ۲۰۱۱) نیز نشان داد که بیش‌ترین میزان فرسایش در آبخیز بررسی شده در سازندهای آهک‌رسی است و درصد ماسه بین شکل‌های مختلف فرسایش خندقی و بدلدها، و مقدار گچ بین فرسایش شیاری، خندقی و هزاردره‌یی تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهد. سادیکی (۲۰۰۷) نیز جنس سنگ را از عامل‌های مؤثر بر فرسایش معرفی کرد و علت آن را مقاومت متفاوت سنگ‌ها در نیز اغلب برف است که فرساینده‌ی آن با فرسایش کاوشی باران تفاوت دارد. ازاین‌رو، بیش‌ترین

فراوانی سطح فرسایش طبیعی در طبقه‌ی ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر مشاهده شد. در بلندی‌های کم‌تر، گسترش شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش آبی یعنی فرسایش خندقی و بدخیم بیش‌تر است، و در طبقه‌ی ارتفاعی ۱۰۰۰-۱۲۰۰ متر به حد بیشینه می‌رسد. نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که عامل‌های پستی‌بلندی بر شکل نهایی خندق‌ها تاثیرگذار است. جهت دامنه نیز یکی از متغیرهای مؤثر بر شکل‌های فرسایش آبی منطقه است و رابطه‌ی معنی‌داری با تغییر شکل‌های فرسایش آبی منطقه در تراز اطمینان ۹۹٪ نشان داده شد. پژوهش‌های پیشین ارتباط جهت دامنه را با شدت فرسایش آبی تأیید می‌کند (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۶) جهت‌های جنوبی و جنوب غربی گرم‌تر است (عباس نژاد و همکاران ۱۹۹۸) عامل‌های تخریب و فرسایش فعال‌تر عمل می‌کند. در جهت دامنه‌ی جنوبی و جنوب غربی بیش‌ترین رخداد فرسایش از نوع خندقی و بدخیم است، اما در دامنه‌های شمالی و شمال شرقی فراوانی آن‌ها کم‌تر است. (عرب قشقایی و همکاران ۲۰۱۱) نیز در پهنه‌بندی فرسایش خندقی در آبخیز طرود فیروزکوه نشان دادند که بیش‌ترین فرسایش خندقی در جهت‌های جنوب شرقی و جنوبی است. در واقع دامنه‌های شمالی حساسیت کم‌تری به فرسایش آبی دارد و پایداری بیش‌تری نشان می‌دهد. با شناختن میزان گسترش هر یک از شکل‌های فرسایش آبی و ارتباط آن‌ها با عامل‌های زمین‌ریختی، و معرفی کردن حساس‌ترین طبقه‌های هر یک از عامل‌ها در این تحقیق می‌توان راه‌کارهای اجرایی مناسبی برای مقابله با آسیب‌های فرسایش آبی را متمرکز و بهتر کرد. پیشنهاد می‌شود که در طبقه‌های بحرانی عامل‌های بررسی شده، که فرسایش پیشرفته‌ی خندقی و بلند بیش‌ترین فراوانی را دارد، کارهای حفاظتی و قرق کرده شود، زیرا هزینه‌ی اصلاح کردن آن‌ها بیش‌تر از سود حاصل از انجام آن‌ها است، اما لازم است طبقه‌هایی که در آن‌ها فراوانی و حساسیت شکل‌های پیشرفته‌ی فرسایش کم‌تر است (داده‌های پژوهش) در اولویت اجرایی سایر کنش‌های آبخیزداری و سازه‌ای گذاشته شود. در طبقه‌هایی که فرسایش سطحی و شیاری غالب است می‌توان با انجام دادن کارهای اصلاحی و زیستی سرعت روان‌آب‌ها را کاهش داد و به تثبیت نوع‌های فرسایش کمک کرد. بهره‌وری در منطقه باید بر اساس شرایط زمین ریختی و توان سرزمین باشد، و اگر متناسب با ویژگی‌های هر یک از طبقه‌های عامل‌های بررسی شده نباشد منجر به گسترش یافتن بیش‌تر شکل‌های فرسایش در منطقه می‌شود.

منابع

- اسفندیاری درآباد، فریبا، بهشتی جاوید، ابراهیم، (۱۳۹۵)، پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل هیبریدی قضیه بیز ANP (مطالعه موردی: گردنه حیران)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸.
- رجبی، معصومه، ولی زاده کامران، خلیل، عابدی قشلاق، حسن، (۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوضه آذرشهر چای)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۱.
- روستایی، شهرام، مختاری، داود، حسینی، زهرا، اطمانی حقویران، مهدی، (۱۳۹۴) بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز رودخانه میمه در استان ایلام به روش تحلیل شبکه، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴.

رحیم پور، توحید، روستایی، شهرام، نخستین روحی، مهسا، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و GIS مطالعه موردی حوضه آبریز سردول چای استان اردبیل، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، دوره چهارم شماره ۱۳ زمستان ۱۳۹۶

فلاحی، غلامرضا، دهقان منشادی، (۱۳۹۵)، کاربرد منطق فازی و الگوریتم شبکه مصنوعی در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه رودخانه چالوس، نشریه علمی- ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دوره هفتم، شماره ۲. نظم فر، حسین، بهشتی، ابراهیم، (۱۳۹۵)، کاربرد ترکیبی فرایند تحلیل شبکه و منطق فازی در پهنه بندی حساسیت وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبریز چلی چای)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۷، شماره ۱. احمدی حسن، ۲۰۱۲. ژئومورفولوژی کاربردی، (فرسایش آب)، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ص. امیری مهدیس، پورقاسمی حمیدرضا، قنبریان غلام عباس فخرالدین، افضلی س. مدل سازی فضایی فرسایش رودخانه ای در حوزه آبخیز مهارلو با استفاده از سناریوهای مختلف و الگوریتم وزن شواهد، مجله مهندسی و مدیریت آبخیزداری، ۱۱ (۴): صص ۱۰۱۶-۱۰۳۲، ۱۳۹۸، جلد ۱۱ شماره ۴.

عرب قشقای زهرا، نیکامی داود، شادفر صمد، معینی ابوالفضل، ۲۰۱۱. پهنه بندی فرسایش جالب در حوضه طرود فیروزکوه، مجله تحقیقاتی زمین جغرافیایی زمین، ۸ (۳۱): ۱۰۷-۱۱۸.

امیدوار، کمال (۱۳۹۰)؛ مخاطرات طبیعی؛ انتشارات دانشگاه یزد.

درانی نژاد، محمدصادق (۱۳۹۰)؛ گزارش بررسی فرونشست منطقه داراب؛ سازمان آب منطقه ای فارس.

رضایی، عبدالعلی؛ موسوی، نعمت...؛ (۱۳۹۰)؛ گزارش پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت سیدان فاروق با مدل سری های زمانی؛ سازمان آب منطقه ای فارس.

عالمی. افشین، (۱۳۸۱)؛ بررسی علل نشست در دشت یزد - اردکان؛ سومین همایش بین المللی ژئوتکتونیک و مکانیک خاک ایران، تهران.

عباس نژاد. احمد، (۱۳۷۷)، بررسی شرایط و مسائل زمین شناسی محیط زیست دشت رفسنجان، فشرده مقالات دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

Wang J, Qiu B, Fu Y, Chen LL. ۲۰۰۱. Soil nu-trients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess Plateau in China, Journal of Arid Environments, ۴۸(۴): ۵۳۷-۵۵۰

Rif, Morocco, Catena, ۷۱(۱): ۱۳-۲۰. Salmasi R, Peyrowan HR. ۲۰۱۲. Study of the relation between physico-chemical proper-ties and erosional features of marly sedi-ments in the Talkheh Rood watershed, Wa-tershed Engineering and Management, ۴(۳): ۱۶۰-۱۶۹. (In Persian)

Shinjo H, Hirata M, Konga N, Kosak T. ۲۰۰۲. Evaluation of water erosion risk and recom-mendation for su ainable landuse northea- ern Syria. ۱۷th WCSS, Thailand, ۱۱۷۵.

Smith DD, Wischmeier WH. ۱۹۶۲. Rainfall erosion, advances in agronomy, New York, Academic Press, ۱۴: ۱۰۹-۱۴۸.

Wang J, Qiu B, Fu Y, Chen LL. ۲۰۰۱. Soil nu-trients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess Plateau in China, Journal of Arid Environments,

۴۸(۴): ۵۳۷-۵۵۰.

Berhe A, Harden JW, Torn MS, Kleber M, Burton SD, Harte J. ۲۰۱۲. Persistence of soil organic matter in eroding versus depositional landform positions, *Journal of Geophysical Research*, ۱۱۷(۲): ۱-۱۶.

Carminati, E., & Martinelli, G., (۲۰۰۲), Subsidence rates in the Po Plain, northern Italy: The relative impact of natural and anthropogenic causation. *Engineering Geology*, ۶۶: ۲۴۱-۲۵۵.

Murayama S., Shibata T.Y (۱۹۶۱) An experimental research on the Subsidence of ground (I), (Japanese), *Annals of Disaster Prevention Research Inst.. Kyoto Univ.*:No. ۴, pp. ۱۱-۲۰.

Poland, J.F., (۱۹۸۱), The occurrence and control of land subsidence due to withdrawal with special reference to the San Joaquin and Santa Clara Valleys, California, ph.D Dissertation, Stanford University, Palo Alto, California.

Pacheco, J., Arzate, J., Rojas, E., Arroyo, M., Yutsis, V., & Ochoa, G., (۲۰۰۶), Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Queretaro valley, Mexico. *Engineering Geology*, ۸۴:۱۴۳-۱۶۰.

Evaluation of Geomorphological Factors with Erosion Forms Using LADA Design and Kruskal-Wallis Statistical Test: A Case Study of a Watershed in Fars Province

Abstract

Forms of erosion demonstrate its intensity. The study area is one of the suitable rangelands for animal husbandries in the Province of Semnan, which is subjected to a plethora of water erosion forms due to an overuse of the land. Therefore, it is necessary to investigate the effective factors in an aggravation of water erosion conditions in this area to manage and control it. Erosion in arid and semi-arid regions is intense; therefore, it is necessary to take action to inhibit or reduce it. As the forms of erosion are identifiable, we tried to determine the relationships between geomorphology and forms of water erosion, namely: sheet, rill, gully and badland in a sub-watershed of the Margon catchment.

Different classes of lithology, slope, aspect and elevation were correlated with any of forms of erosion in the area to determine their variety in the development and dominant erosion on each of the classes and each factor. Using the guidelines of the Land Degradation Assessment in Drylands (LADA), the forms of erosion in terms of its intensity was ranked and was used according to the typology of the variables. The Kruskal-Wallis test was used. The results indicated that the highly developed forms of water erosion, gullies and badlands, marl, gypsum and salt formations (۸.۴ and ۱۵.۸%), an elevation of ۱۰۰۰-۱۲۰۰ meters, the slope of ۱۰-۲۰% (۸.۷ and ۱۵%) and the southern aspects domain (۵.۷ and ۹.۵%) respectively. The result of Kruskal-Wallis test for the slope and aspect at ۰.۰۱ and elevation at ۰.۰۵, respectively, were found to be significant, which indicated that there were specified differences in the forms of water erosion at the specified classes of geomorphology factors of the area. Therefore, geomorphology factors may be used to assess forms of water erosion and its intensity in similar regions.

keywords : erosion forms , assessment design , LADA , Margon , geomorphology , Kruskal-Wallis