

اثر ویژگی‌های واحدهای زمین‌شناسی و شیب بر تولید رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران (مطالعه موردی: حوضه صنوبر، تربت حیدریه)

- ❖ پریسا فرضی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربت حیدریه، ایران.
- ❖ مریم آذرخشی*؛ استادیار دانشگاه تربت حیدریه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ایران.
- ❖ علی رسولزاده؛ دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، ایران.
- ❖ مهدی بشیری؛ استادیار دانشگاه تربت حیدریه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ایران.

چکیده

ویژگی‌های سنگ‌های تشکیل‌دهنده سطح زمین نقش بسیار مهمی بر تغییرات طبیعت از جمله فرایند فرسایش و جایجایی ذرات خاک دارد. این تحقیق با هدف بررسی اثر اصلی و متقابل واحدهای زمین‌شناسی و شیب بر تولید رواناب و رسوب در حوزه آبخیز صنوبر با استفاده از شبیه‌ساز باران صورت گرفت. بدین منظور نقشه زمین‌شناسی منطقه در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 تهیه شده و سه واحد زمین‌شناسی غالب منطقه به ترتیب توف سبز، ماسه سنگ، مارن (Et)، آهک اوربیتولین دار (Kl) و کنگلومرا-ماسه سنگ (Ngcs) شناسایی شد. همچنین به منظور بررسی اثر شیب، نقشه شیب حوزه در سه طبقه ۰-۱۰، ۱۰-۳۰ و بیشتر از ۳۰ درصد تهیه شد. سپس با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران اقدام به ایجاد بارش با شدت ۰/۹ میلی‌متر بر دقیقه شد که مربوط به دوره بازگشت ۱۰ سال است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین واحدهای زمین‌شناسی مختلف از نظر تولید رواناب، رسوب و غلظت رسوب تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. در مورد طبقات شیب مشخص شد بین شیب‌های مختلف در تولید رواناب و رسوب اختلاف معنی‌دار وجود دارد، اما در مورد غلظت رسوب تفاوت معنی‌دار نشد. نتایج مربوط به اثر متقابل واحدهای زمین‌شناسی و شیب از نظر حجم رواناب در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد، اما در مورد وزن رسوب و غلظت رسوب اثر متقابل معنی‌دار نبود. به‌طور کلی مشخص گردید نوع واحدهای زمین‌شناسی و شیب منطقه بر فرایند فرسایش خاک اثرگذار هستند و همچنین اثرپذیری متغیر رواناب بیشتر از رسوب است.

واژگان کلیدی: رسوب، رواناب، واحد زمین‌شناسی، شیب، شبیه‌ساز باران.

۱. مقدمه

تخریب خاک ناشی از فرسایش آبی یک مشکل اساسی در کاهش کیفیت خاک، زمین و منابع آبی محسوب شده که بشر جهت معاش بیش از هر چیزی به آن وابسته است [۸]. بنابراین مطالعه فرسایش و ارزیابی رسوبدهی از الزامات پروژه‌های آبخیزداری است. برنامه توسعه سازمان ملل [۱۵] فرسایش خاک در ایران را نزدیک به ۲۰ تن در هکتار تخمین زده است که نسبت به ده سال قبل از آن ۱۰ تن در هکتار افزایش یافته است. در طرح‌های مطالعات فرسایش و حفاظت خاک ویژگی‌های سنگ‌شناسی حوزه آبخیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در مناطقی مثل ایران که اغلب دارای ناهمواری‌های جوان است، ویژگی‌های خاک عمدتاً تابعی از ویژگی‌های سنگ و سازند منطقه است [۵]. رفتار سنگ‌ها در مقابل هوازدگی و فرسایش بستگی به عوامل چندی دارد که بعضی از عوامل مربوط به سرشت سنگ و برخی مربوط به محیط خارجی آن است. حساسیت سنگ‌ها (به‌عنوان بستر تولید خاک) به فرسایش، نقش مهمی در تولید رسوب حوزه آبخیز دارد و در بسیاری موارد تولید بخش اعظم رسوب از بخش کوچکی از حوزه که دارای سنگ‌های حساس‌تری به فرسایش است صورت می‌گیرد [۵]. در صورت یکسان بودن سایر شرایط، شیب‌های تند فرسایش بیشتری ایجاد می‌کند، شیب باعث افزایش سرعت آب‌های سطحی می‌شود و همچنین باعث لغزش و ریزش می‌شود؛ همچنین با افزایش شیب، پایداری خاک کاهش می‌یابد، به‌عبارت‌دیگر نیروی انتقال ذرات به‌طرف پایین افزایش می‌یابد [۱۱]. از طرفی، به دلیل محدودیت‌های مالی و زمانی، شرایط سخت فیزیکی آبخیزها و نیز نوسانات غیرقابل‌پیش‌بینی اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های درازمدت، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به جنبه‌های مختلف فرآیندهای هدر رفت خاک در پهنه‌های طبیعی دشوار است [۳]، از این‌رو، شبیه‌سازی و مدل‌سازی فیزیکی در شرایط تحت کنترل یکی از بهترین گزینه‌های

جایگزین به حساب می‌آید [۱۰] و شبیه‌ساز باران به‌عنوان ابزاری در پژوهش‌های هدر رفت خاک و فرآیندهای مربوط به آن، به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴]. پیشینه تحقیق در زمینه اثر ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی بر پدیده فرسایش خاک، نشان‌دهنده اهمیت این دسته متغیرها است. تجزیه مرکب، مربوط به بررسی اثر سازند، شیب و اثر متقابل سازند و شیب روی مقادیر هرز آب، رسوب و غلظت رسوب در سازندهای میثا و آجاجاری نشان داد که بین سازندهای آجاجاری و میثا از نظر مقادیر هرز آب و رسوب در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما شیب و اثر متقابل شیب و سازند بر روی پارامترهای بررسی شده، اثر معنی‌داری در سطح ۵٪ نداشته است. به‌عبارت‌دیگر مارن میثا در مقایسه با مارن آجاجاری از ضریب هرز آب بالاتر و حساسیت بیشتری به فرسایش برخوردار است [۹]. به‌منظور تعیین برخی خصوصیات اثرگذار در فرسایش و رسوب سازندهای حوزه آبخیز خضراباد یزد و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از باران‌ساز، تحقیقی انجام شد. نتایج نشان داد از بین خصوصیات فیزیکی سازندها درصد سنگریزه سطحی بیشترین تأثیر را در میزان تولید رواناب و ایجاد فرسایش دارد و از بین خصوصیات شیمیایی میزان Na و SAR بالا بیشترین حساسیت سازندها را برای تولید رواناب و رسوب ایجاد می‌کند [۷]. اهمیت واحدهای سنگ‌شناسی در مطالعات فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز زارم رود در استان مازندران بررسی شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد سازندهای با سنگ‌شناسی آهکی و مارنی نقش مهمی در ایجاد رسوب و فرسایش در حوزه دارند [۱۳]. پژوهشی به‌منظور بررسی اثر شیب بر هدر رفت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران انجام شد. با توجه به موقعیت منطقه، ۲ قطعه زمین، با شیب ۳۰ درصد و ۱۰ درصد انتخاب شد. نتایج نشان داد، میزان هدر رفت خاک در این دو طبقه شیب از نظر آماری کاملاً متفاوت بوده و بیش‌ترین میزان هدر رفت خاک در شیب ۳۰ درصد است [۱]. به‌منظور

داد، در دامنه‌های تند، میکروتوپوگرافی‌ها تمایل دارد به صورت میکروتراس‌های قبلی دربیابند و فرسایش‌پذیری کمتری نسبت به زبری‌های موج‌دار که در دامنه‌های ملایم شکل گرفته، دارند [۱۲].

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سازندها و همچنین شیب حوزه در ایجاد رسوب و رواناب تأثیر معنی‌دار داشته و به کار بردن دستگاه‌های شبیه‌ساز باران در این نوع بررسی‌ها و شبیه‌سازی بارندگی می‌تواند تا حد زیادی مفید باشد.

حوزه آبخیز صنوبر واقع در شهرستان تربت‌حیدریه از لحاظ اقتصادی، اکولوژیکی و تولید آب دارای اهمیت ویژه‌ای برای شهرستان بوده، که در سال‌های اخیر به دلیل بهره‌برداری نامناسب با فرسایش شدید مواجه شده است. لذا در این تحقیق سعی شده به بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش در واحدهای زمین‌شناسی اصلی حوزه پرداخته شود.

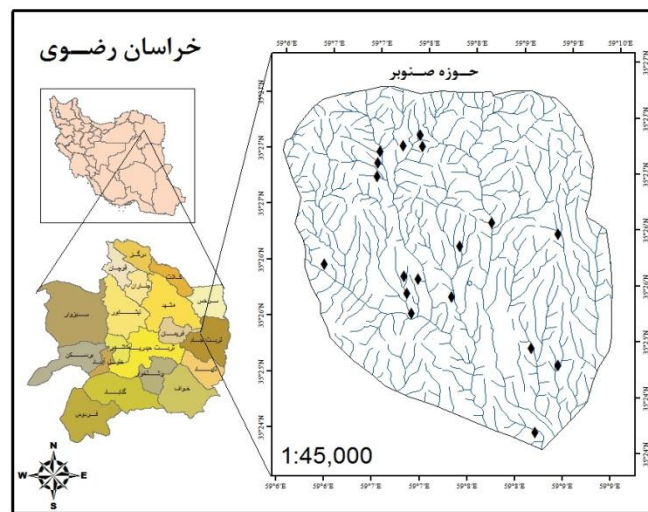
۲. روش‌شناسی تحقیق

۱۰۲. معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مطالعاتی بخشی از حوزه آبخیز صنوبر، واقع در شمال غرب شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی است. حوزه آبخیز صنوبر با وسعت ۲۳/۷۷ کیلومترمربع و محیط ۱۸/۶۱۶ کیلومتر در طول جغرافیایی $59^{\circ}6'57''$ تا $59^{\circ}8'18''$ شرقی و عرض جغرافیایی $35^{\circ}25'54''$ تا $35^{\circ}25'59''$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط این حوزه آبخیز ۲۰۵۷ متر از سطح دریا است، میانگین درجه حرارت سالانه در این منطقه ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد است و میانگین بارندگی سالانه، با توجه به آمار ایستگاه باران‌سنجی صنوبر که در خود منطقه مورد مطالعه واقع شده، ۳۳۲ میلی‌متر است. منطقه مطالعاتی تربت‌حیدریه به طور کامل منطبق بر زون ایران مرکزی است. با استفاده از اقلیم‌نمای دومارتن منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک است.

بررسی اثرات شیب و خصوصیات خاک بر رواناب و هدر رفت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران در حوزه آبخیز چهل چای استان گلستان، در هر واحد اراضی، ۳ طبقه شیب ۱۰-، ۳۰- و بیش‌تر از ۳۰ درصد تعیین شد. نتایج نشان داد که بین حجم رواناب و شیب، همبستگی کمی وجود دارد و در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی‌باشد. اما بین مقادیر خاک هدررفته و شیب، در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود دارد [۱۸]. تغییرات مقدار تلفات اولیه بارندگی با در نظر گرفتن تأثیر متغیرهای شیب، تراکم پوشش گیاهی، بافت خاک و رطوبت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران در حوزه آبخیز طالقان بررسی شد. بر اساس نتایج مشخص شد که درصد شیب کمترین درجه اهمیت را بین متغیرهای دیگر دارا می‌باشند [۱۷].

در مناطق نیمه‌خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه‌ی تولید و عوامل مؤثر بر رواناب در حوزه‌های کوچک، از دو گروه خاک با عکس‌العمل‌های هیدرولوژیکی متفاوت بررسی شد. بر این اساس خاک‌های ریزبافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم، ضریب رواناب بالاتر و آستانه شروع رواناب کمتری از خاک‌های درشت‌بافت با نفوذپذیری بیشتر و مواد آلی متوسط دارند [۱۷]. در شمال اتیوپی بررسی تولید رسوب و ارزیابی و مدل‌سازی نیمه کمی آن نشان داد که تغییرپذیری رسوب‌زایی به‌طور عمده به تفاوت در لیتولوژی، پوشش زمین و فعالیت‌های انسانی مربوط بوده است [۶]. بررسی نفوذ، رواناب و هدر رفت خاک، با استفاده از شبیه‌ساز باران در ۵ شیب مختلف و دو شدت بارش ۲۴ و ۶۰ میلی‌متر در ساعت نشان داد که هدر رفت خاک بیشتر از رواناب تحت تأثیر شیب است [۲]. با استفاده از شبیه‌ساز باران، رابطه زاویه شیب و سله سطح خاک بر رواناب و هدر رفت خاک در مناطق تپه‌ماهوری فلات لسی چین بررسی شد. نتایج بیانگر آن بود که با افزایش شیب، ۲۰-۳۰ درجه، رواناب و هدر رفت خاک افزایش و با شکستن سله سطح خاک، تولید رواناب و هدر رفت خاک کاهش می‌یابد [۴]. تأثیر درجه شیب در ویژگی‌های سطح خاک و نفوذ در دامنه‌های شیب‌دار در شمال لائوس بررسی شد. نتایج نشان



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و نقاط اندازه‌گیری

سه طبقه شیب و شدت بارندگی در یک دوره بازگشت انتخاب شده بود، در هر واحد کاری ۶ نمونه (در شش تکرار) برداشت شد که در مجموع ۵۴ نمونه به دست آمد. سپس با استفاده از شبیه‌ساز باران (شکل ۳)، اقدام به ایجاد بارش و اندازه‌گیری حجم رواناب و رسوب تولیدی در سه تکرار شد. از آنجا که اقدامات آبخیزداری معمولاً بر اساس بارش‌های با دوره بازگشت ۱۰ سال انجام می‌گیرد، شدت بارش ایجاد شده ۰/۹ میلی‌متر در دقیقه (بارش با دوره بازگشت ۱۰ سال) است. این شدت بارش از روی منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش منطقه به دست آمده است.

دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده در این تحقیق، شبیه‌ساز باران صحرایی شرکت Eijkelkamp، با مشخصات کت ۰/۰۹ مترمربعی (۳۰ سانتی‌متر در ۳۰ سانتی‌متر)، ارتفاع بارش ۴۰۰ میلی‌متری، قطر قطرات ۵/۹ میلی‌متر و انرژی جنبشی ۴ ژول بر مترمربع در میلی‌متر بوده که به راحتی قابل حمل است.

مدت زمان هر رخداد بارش با توجه به محدودیت ظرفیت مخزن باران ساز، ثابت و ۱۰ دقیقه از شروع شبیه‌سازی باران در نظر گرفته شد [۸]. به منظور حذف

۲.۲. روش تحقیق

در این مطالعه با توجه به اهداف پژوهش، به منظور بررسی اثر واحدهای زمین‌شناسی روی فرسایش و تولید رسوب، نقشه زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 تهیه شده و سه واحد غالب منطقه به ترتیب توف سبزه، ماسه سنگ، مارن (E^1)، آهک اوربیتولین دار (K^2) و کنگلومرا-ماسه سنگ (Ng^{CS3}) شناسایی شد (شکل ۲-الف) همچنین به منظور بررسی اثر شیب، نقشه شیب حوزه مورد مطالعه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در سه طبقه ۱۰-، ۳۰-، و بیشتر از ۳۰ درصد تهیه شد (شکل ۲-ب). برای تعیین محل‌های نمونه‌برداری، نقشه واحد کاری برای حوزه مورد مطالعه، با تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی و شیب در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10، به دست آمده و ۱۸ نقطه به طور تصادفی منظم انتخاب شد. جهت نمونه‌برداری، با توجه به اینکه سه نوع واحد زمین‌شناسی،

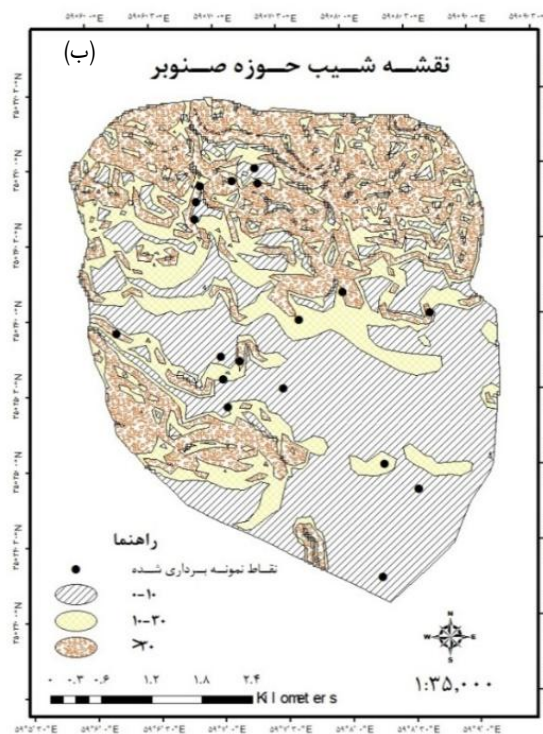
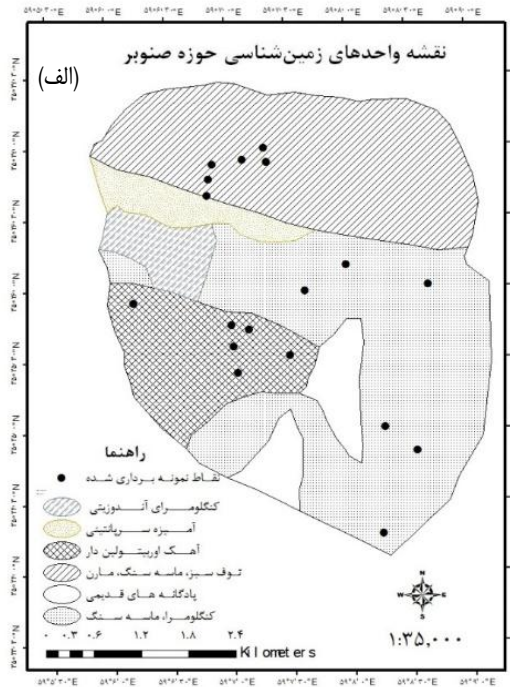
¹ Green tuff, Sand Stone, Marl

² Orbitolina Limestone

³ Conglomerate, Sand stone

خشکی کامل خاک منطقه (حداقل پنج روز پس از آخرین بارش) و در خردادماه ۱۳۹۳ صورت گرفت.

اثر رطوبت پیشین خاک، زمان اندازه‌گیری صحرایی با توجه به مساعد بودن شرایط آب و هوایی و در حالت



شکل ۲. نقشه واحدهای زمین‌شناسی (الف) و شیب (ب) و نقاط نمونه‌برداری شده حوزه صنوبر



شکل ۳. دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده و نحوه استقرار آن در عرصه

روی داده‌ها، بررسی اثرات اصلی و متقابل بین متغیرهای مختلف بر روی مقادیر حجم رواناب، رسوب تولیدی و غلظت رسوب به روش آنالیز واریانس یک طرفه انجام گرفت. با توجه به اهداف تحقیق و داده‌های موجود و همچنین برای تشخیص تفاوت بین گروه‌ها، آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD^2) انتخاب شده و برای اجرای تحلیل‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. نمونه‌برداری تصادفی از عمق ۰-۲۵ سانتیمتری خاک دست‌نخورده، در هر واحد کاری انجام شد. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری بایکوس^۳ استفاده شد. دانه‌بندی ذرات با استفاده از روش سری الک و نرم‌افزار GRADISTAT نسخه ۸ تعیین شد.

پس از هر رخداد بارش، حجم رواناب تولیدی با اندازه‌گیری مستقیم توسط استوانه مدرج تعیین شد. رسوب تولیدی نیز پس از انتقال به آزمایشگاه، با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲، به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، خشک و سپس توزین شد [۱۶ و ۱۸]. همچنین، از تقسیم میزان هدر رفت خاک بر حجم رواناب، غلظت رسوب بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها، برای نرمال‌سازی داده‌ها با توجه به اینکه داده‌های اصلی پارامترهای اندازه‌گیری شده، از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کردند، از روش‌های تبدیل داده‌ها استفاده شده طوری که داده‌های رواناب و تولید رسوب با روش جذرگیری و داده‌های غلظت رسوب با روش معکوس کردن، نرمال شدند. سپس مجدداً نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱ در سطح اطمینان ۵ درصد بررسی شد. در ادامه تحلیل آماری بر

¹ Kolmogorov- Smirnov

² Least Significant Difference

³ Bouyoucos Hydrometer Method

۳. نتایج

رسوب حاصل از سه واحد زمین‌شناسی شامل توف سبز، ماسه‌سنگ و مارن (E^1) (واحد ۱)، آهک اوربیتولین‌دار (K^1) (واحد ۲) و کنگلومرا، ماسه‌سنگ (Ng^{CS}) (واحد ۳)، سه کلاس شیب شامل ۰-۱۰، ۱۰-۳۰ و بالای ۳۰ درصد و نمودار اثر متقابل متغیرهای شیب و زمین‌شناسی به ترتیب در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است، در شکل (۶) خطوط متقاطع نشان‌دهنده وجود اثر متقابل متغیرها نسبت به هم و خطوط موازی و بدون انقطاع، نشان‌دهنده عدم وجود تأثیر متقابل بین متغیرهای شیب و زمین‌شناسی بر روی پارامترهای اندازه‌گیری شده، است. نتایج آنالیز بافت خاک نشان داد در ۲ واحد کاری بافت خاک لومی، در ۴ واحد رسی - شنی، در ۵ واحد شنی - لومی و در ۷ واحد لومی - شنی است.

در جدول (۱) نتایج بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها ارائه شده است. همچنین جدول (۲) مشخصات آماری مربوط به مقادیر حجم رواناب، رسوب و غلظت رسوب اندازه‌گیری شده در مجموع سه واحد زمین‌شناسی و سه شیب در شدت بارش ۰/۹ میلی‌متر در دقیقه را نشان می‌دهد.

برای بررسی تأثیرات اصلی و متقابل بین متغیرهای مختلف بر روی مقادیر حجم رواناب، رسوب تولیدی و غلظت رسوب آنالیز واریانس یک‌طرفه به کار برده شد که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. نمودار گروه‌بندی یا زیرمجموعه‌های همگن^۱ مربوط به مقایسه متوسط مقادیر رواناب، رسوب تولیدشده و غلظت

جدول ۱. نتایج بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

سطح معنی‌داری آزمون			
درجه آزادی	رواناب	تولید رسوب	غلظت رسوب
۵۴	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰

جدول ۲. مشخصه‌های آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده در حوزه مورد مطالعه

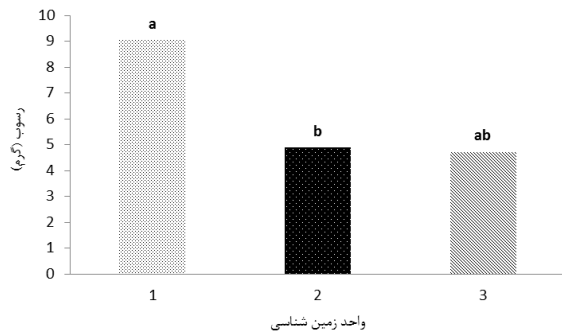
میانگین	حجم رواناب (میلی لیتر)	رسوب تولیدی (گرم)	غلظت رسوب (گرم بر لیتر)
۲۳۴/۰	۶/۲	۲۹/۴	
انحراف معیار	۱۷۱/۴	۵/۶	۲۶/۷
حداقل	۰	۰	۰
حداکثر	۶۴۳	۲۵/۰	۱۲۲/۳

جدول ۳. نتایج حاصل از تحلیل اثرات اصلی و متقابل متغیرهای تحقیق بر داده‌های حجم رواناب، رسوب تولیدی و غلظت رسوب

منابع تغییر	درجه آزادی	حجم رواناب (میلی لیتر)	جرم رسوب (گرم)	غلظت رسوب (گرم در لیتر)
زمین‌شناسی	۲	۰/۰۲۷**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۱*
شیب	۲	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	ns ۰/۰۷۴
زمین‌شناسی * شیب	۴	۰/۰۰۶*	۰/۰۱۷**	ns ۰/۳۹۹

ns, ** و * به ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌دار بودن اثرات در سطح اطمینان ۱۰ درصد و ۵ درصد

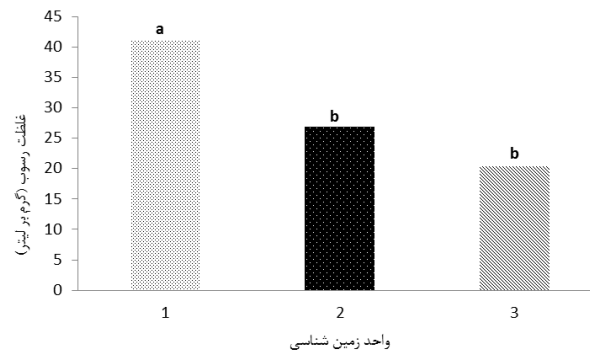
¹ Homogeneous Subsets



(ب)

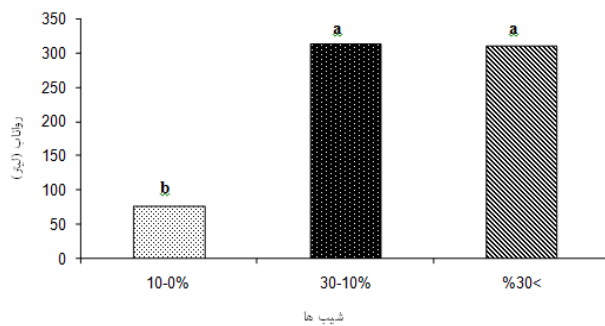


(الف)

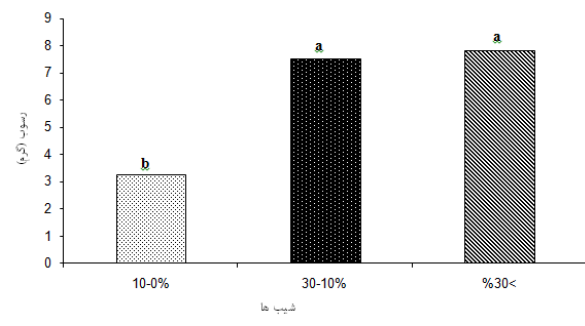


(ج)

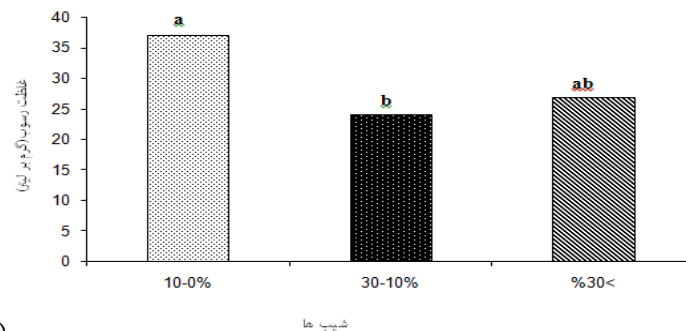
شکل ۴. نمودارهای (زیرمجموعه‌های همگن) مقایسه‌ی مقادیر رواناب (الف)، رسوب (ب) و غلظت رسوب (ج) در سه واحد زمین‌شناسی مورد بررسی



(ب)

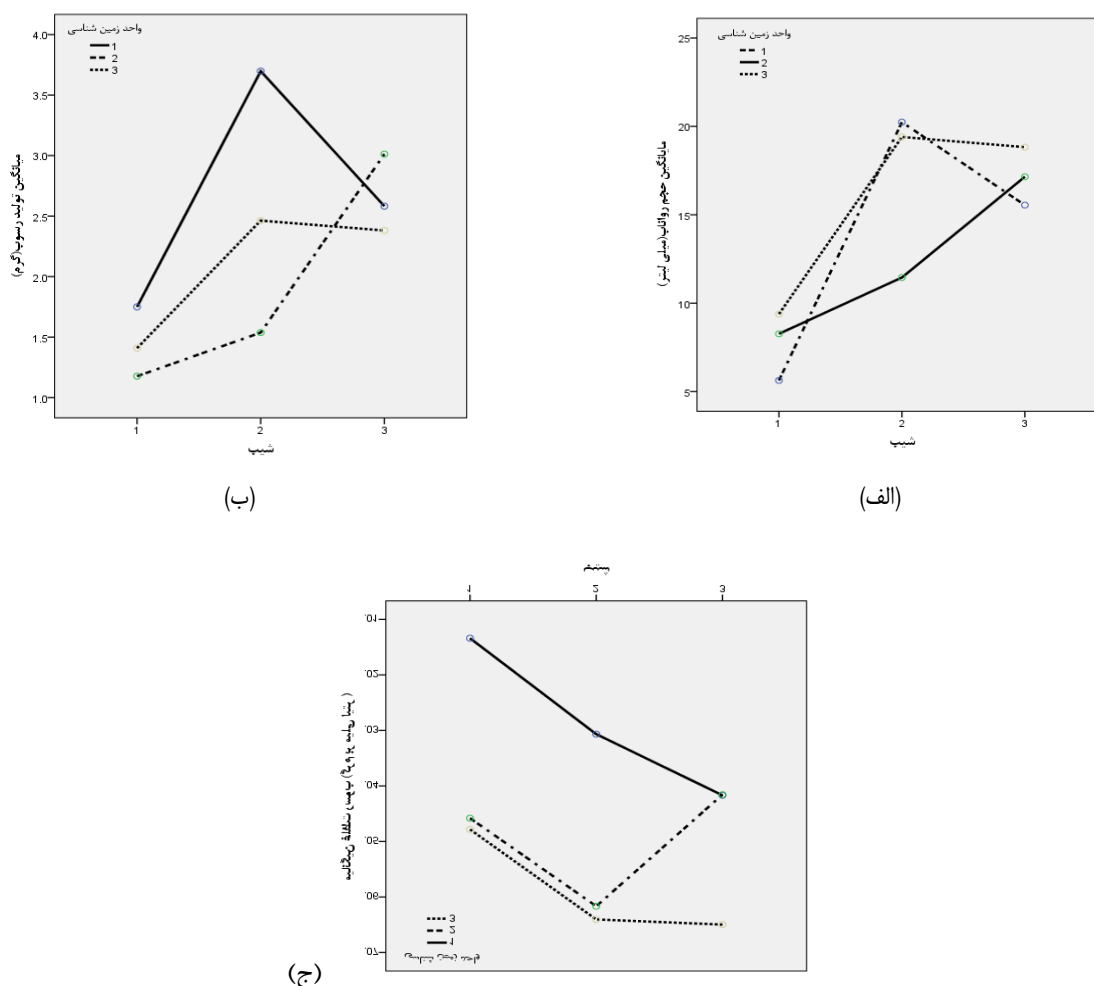


(الف)



(ج)

شکل ۵. نمودارهای (زیرمجموعه‌های همگن) مقایسه‌ی مقادیر رواناب (الف)، رسوب (ب) و غلظت رسوب (ج) در سه شیب مورد بررسی



شکل ۶. نمودارهای اثر متقابل متغیرهای شیب و زمین‌شناسی بر روی داده‌های رواناب (الف)، رسوب (ب) و غلظت رسوب (ج)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه در بخش نتایج ارائه شد (جدول ۳)، در بین واحدهای مختلف زمین‌شناسی انتخاب شده در حوزه صنوبر از نظر تولید رواناب، رسوب و غلظت رسوب تفاوت معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد وجود دارد که می‌تواند مربوط به اختلاف بین واحدها از لحاظ لیتولوژی و نفوذپذیری باشد این یافته، با نتایج کار انجام شده در خوزستان که به بررسی دو سازند آجاجاری و میشان پرداخت شده بود، از نظر پارامترهای رواناب و رسوب تولیدی مطابقت دارد [۹، ۶] ولی در مورد نتیجه به دست

آمده برای غلظت رسوب در سطح خطای ۵ درصد با نتایج این پژوهش گران مغایرت دارد [۹]. همان‌طور که در شکل (۴) نیز مشخص است بیشترین مقدار تولید رواناب مربوط به واحد Ng^{CS} است که می‌تواند به دلیل وجود لایه ضخیم کنگلومرای و سیمانی شدن آن و نفوذپذیری کم این واحد در مقابل بارش و نفوذ آب باشد و کمترین مقدار رواناب تولیدی مربوط به واحد K^1 به علت وجود آهک در ترکیب خود و دارا بودن نفوذ بالا، است. بیشترین مقدار تولید رسوب و غلظت رسوب هم مربوط به واحد E^t است که به دلیل ماهیت سنگ‌شناسی آن‌ها (عمدتاً توف

رواناب جاری شده مربوط به واحد کنگلومرا، ماسه‌سنگ (Ng^{CS}) است، که بخش میانی و بیشترین وسعت از حوزه را نیز پوشش می‌دهد و در شیب‌های بالا (بالای ۱۰ درصد) قرار می‌گیرد (شکل ۲-الف).

بیشترین مقدار هدر رفت خاک در واحد توف سبزه، ماسه‌سنگ و مارن (E^1) و شیب‌های بالای ۱۰ درصد مشاهده شد و با توجه به اینکه، پوشش این واحد بیشتر در بالادست حوزه بوده و دارای بافت لومی-شنی و چسبندگی کم بوده در نتیجه مقاومت کمی در برابر کنده شدن هنگام جاری شدن رواناب دارد.

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان گفت مطالعه خصوصیات واحدهای زمین‌شناسی در حوزه‌های آبخیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، همچنین، باید در نظر داشت که نقش شیب زمین در فرسایش برحسب خصوصیات خاک متفاوت است. اثرات شیب در خاک‌های قابل نفوذ کاهش می‌یابد زیرا آب پیش از سرعت گرفتن در داخل خاک نفوذ می‌کند [۱۱]. با توجه به تأثیر مستقیم ویژگی‌های سنگ‌شناسی در خصوصیات خاک تشکیل شده روی آن و تولید هرز آب و هدر رفت خاک، در نظر گرفتن عوامل مؤثر در تخریب آن‌ها و کنترل و جلوگیری از هم خوردن تعادل آن‌ها می‌تواند راهگشای مدیریت اراضی در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی باشد. با توجه به نیاز بالای منطقه، جهت مطالعه عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش، پیشنهاد می‌شود مطالعه مشابه دیگری با در نظر گرفتن جنبه‌های دیگری از عوامل مؤثر بر روی فرسایش مانند تأثیر پوشش گیاهی، سنگ و سنگریزه و ... در فصول دیگر سال، با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت آزمایش، انجام گیرد. در ضمن استفاده از شبیه‌سازهای بزرگ و باقابلیت بیشتر که شرایط ایجاد باران آن‌ها مشابه خصوصیات بارش منطقه باشد می‌تواند راه گشایی در جهت اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر فرسایش و عوامل مؤثر بر ایجاد آن باشد.

و مارن) است. این واحد دارای بافت منفصل و ریزدانه است که در جریان رواناب، رسوبات به راحتی حمل شده در نتیجه فرسایش از سطح خاک بالا می‌رود [۱۳].

در مورد طبقات شیب در نظر گرفته شده در تحقیق حاضر، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مورد رواناب و رسوب تولیدی در شیب‌های مختلف در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار است زیرا افزایش شیب باعث افزایش سرعت رواناب شده که در پی آن پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافته و قدرت حمل آن بالا رفته، در نتیجه مقدار هدر رفت خاک در شیب‌های بالا بیشتر می‌شود. اما در مورد غلظت رسوب بین طبقات مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. که این یافته‌ها با نتایج تحقیقی که به بررسی اثر شیب بر میزان جریان رواناب و هدر رفت خاک در اراضی کشاورزی در شهرستان نکا در دو شیب ۱۰ و ۳۰ درصد پرداخته بودند منطبق است [۱،۴،۲]. اما با نتایج کار انجام شده در حوزه چهل چای، در مورد هدر رفت خاک مغایرت دارد [۱۸]، زیرا در این حوزه از شدت بارش ۲ میلی‌متر در دقیقه استفاده شده که با توجه به بالا بودن شدت بارش اثر شیب در تولید رواناب کمتر می‌شود.

نتایج مربوط به اثر متقابل زمین‌شناسی و شیب از نظر حجم رواناب در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار شد و نشان داد در هر واحد که از نظر جنس سنگ‌های تشکیل دهنده و به طبع آن مقدار نفوذپذیری آن‌ها در مقابل بارش متفاوت می‌باشد؛ با افزایش شیب مقدار رواناب جاری شده، افزایش می‌یابد، اما در مورد تولید رسوب و غلظت رسوب اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵)، که با نتایج تحقیقی که به بررسی این پارامترها در دو سازند آغاچاری و میشان در حوزه رامهرمز، علی‌رغم داشتن بافت ریزتر انجام گرفت هم‌خوانی دارد. زیرا با افزایش شدت بارش و کاهش میزان شیب میزان حمل مواد از خاک‌های ریزدانه مشابه خاک‌های با بافت متوسط اما روی شیب بیشتر می‌باشد [۹].

با توجه به نتایج به دست آمده در این منطقه، بیشترین

References

- [1] Asgarian, R., Kavian, A. and Jafarian, Z. (2012). Investigation effect of slope on soil loss using rainfall simulator. Third National Conference on Student rangeland, watershed management and desert. Karaj, Iran.
- [2] Assouline, s. and Ben-Hur, M. (2006). Effects of rainfall intensity and slope gradient on dynamics of inter rill erosion during soil surface sealing, *catena*, 66, 211-220.
- [3] Barthes, B., and Roos, E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47, 133-149.
- [4] Cheng, Q., Ma, W., and Cai, Q. (2008). The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: A case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China. *GeoJournal*, 71, 117-125 .
- [5] Feiznia, S., 1995. Resistance to erosion of rocks in different climates of Iran, Iranian Journal of Natural Resources, Issue 47, page 116: 95.
- [6] Haregeweyn, N., Poesen, J., Nyssen, J., Verstraeten, G., Vente, J., Govers, G., Deckers, S. and Moeyersons, J. (2005). Specific Sediment Yield in Tigray-Northern Ethiopia: Assessment and Semi-Quantitative Modeling, *Journal of Geomorphology*, 69, 315-331.
- [7] Hasanzadeh nofoti, M., Morovati Sharifabad, A. and Ezabadi, M. (2012). Factors affecting the erosion of formations and prioritize them to the sustainable management in arid and semi-arid (Case Study: Khezrabad watershed in Yazd). First National Conference on Sustainable Development in Arid and Semi-Arid. Abarkouh, Iran.
- [8] Lai, R., Bium, W., Valentine, H., and Stewart, B.A. (1998). Methods for assessment of soil degradation. Advances in soil Sciences, CRC Press LLC.
- [9] Orsham, A., M. Feiznia and A. Talvari. (1996). Comparison of different geological formations sediment-runoff using rainfall simulator (in the watershed Abolfars Ramhrmz- Khuzestan). Master thesis of Watershed Management, University of Tehran, 228 p.
- [10] Parsons, J. & Lascells, B. 2000. Rainfall simulation in geomorphology. *Earth Surface Processes & L&forms*. Vol. 25, no.7, 679 p.
- [11] Refahi, H. (2000). Water erosion and conservation. Tehran University Press.
- [12] Ribolz, O. Patin, J. Bresson, L.M. Latsachack, K.O. Mouche, E Sengtaeuanghoung, O. Silvera, N. Thiebaut, JP. Valentin, C. (2011). Impact of slope gradient on soil surface features and infiltration on steep slopes in northern Laos. *Geomorphology*, 127, 53-63.
- [13] Roshun, H., Vahabzadeh, Gh., Soleimani, K. and Darvishan, A. (2011). Lithologic unit's importance of the erosion and sediment studies (case study: Zaremrod watershed). Fifteenth Congress of the Geological Society. Tehran, Iran.
- [14] Sadeghi, S.H.R. (2010). Study and measurement of water erosion. Tarbiat Modares University Press. 76- 91 p. 180.
- [15] UNDP. (1999). United Nations Development Programme, Human Development Report of the Islamic Republic of IRAN. PP. 109-121.
- [16] Seeger, M. 2007. Uncertainty of factors determining runoff & erosion processes as quantified by rainfall simulations. *Catena*. 71: 56-67.
- [17] Vahabi J. and Nikkami D. (2008). Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *International Journal of Sediment Research*, 23, 376-386.
- [18] Zare Khormizi, M., Najafinejad, A., Noura, N. and Kavian, A. (2012). Effects of slope and soil properties on runoff and soil loss using rainfall simulator, Chehel-chai watershed, Golestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(2), 165-178