

مقایسه اثر متقابل کاربری اراضی، شدت بارش و فرسایش در سازندهای گچساران و آغاچاری (مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه)

حمزه سعیدیان^{۱*} و حمیدرضا مرادی^۲

۱- استادیار مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور، ایران

نویسنده مسئول: Hamzah.4900@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

نوع استفاده از اراضی یکی از مهم‌ترین روش‌های جلوگیری از فرسایش خاک است. تغییرات کاربری اراضی به دلیل توسعه در حوزه‌های آبخیز امری اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش به منظور تعیین اثر متقابل کاربری اراضی، شدت بارش و فرسایش در نهشته‌های سازندهای آغاچاری و گچساران، بخشی از حوزه‌های آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه با مساحت ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار انتخاب گردید. نمونه‌برداری میزان رواناب، رسوب و میزان نفوذپذیری و شروع آستانه رواناب و فرسایش در هر دو سازند در ۱۳ نقطه و با سه بار تکرار در سه کاربری مرتع و کشاورزی و مسکونی سازندهای آغاچاری و گچساران در شدت‌های مختلف بارش ۰/۷۵ و ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با استفاده از دستگاه باران‌ساز کامفورست انجام شد. نتایج نشان داد که به طور کلی، در هر دو سازند میزان اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش وجود تفاوت معنی‌داری را در میزان رواناب، رسوب و میزان نفوذپذیری و شروع رواناب و فرسایش نشان می‌دهند. به طور کلی در سازندهای آغاچاری و گچساران اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در همه مولفه‌های فرسایش در هشت مورد و کاربری اراضی در دو مورد و شدت بارش در سه مورد دارای اثر معنی‌داری می‌باشند. بنابراین به طور کلی همه مولفه‌های فرسایش بیشترین تاثیرپذیری را از اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش می‌پذیرند و کمترین تاثیرپذیری را هم مولفه‌های مختلف فرسایش از کاربری اراضی می‌پذیرند.

واژگان کلیدی: شدت بارش، سازند گچساران، کاربری اراضی، سازند آغاچاری

پیشگفتار

انباشتگی مواد غذایی در آب که موجب کاهش سطح اکسیژن در منابع آب می‌شود و حمل رسوبات به پشت سدهای بزرگ به بار آورده است. این روند فرسایش در ایران موجب شده است که فرسایش آبی به مرز نگران‌کننده دو میلیارد تن در سال رسیده (نصرتی، ۲۰۰۹) و حدود ۴۵ میلیون هکتار از نواحی مرکزی ایران در معرض فرسایش بادی قرار گیرد که بخشی از آن به عوامل انسانی در این نواحی مربوط می‌شود (آذر بار و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین، حدود ۱۶ تا ۲۳ میلیون هکتار از اراضی آبی کشاورزی در معرض خطر شوری ناشی از کشاورزی غلط (آبیاری نامناسب) قرار دارد (سیادت و همکاران، ۱۹۹۷). کاربری اراضی، یکی از اصلی‌ترین راه‌های دخالت انسان در فرایندهای طبیعی و بهبود یا تخریب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است (زنگ و همکاران، ۲۰۱۱). انسان قادر است از طریق تبدیل کاربری اراضی،

فرسایش و تولید رسوب به عواملی زیادی از جمله عناصر اقلیمی، وضعیت خاک و شرایط زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، مخازن مصنوعی و طبیعی، آب، فعالیت‌ها و مدیریت انسانی و عوامل ژئومورفولوژیک مرتبط است که مهمترین آن‌ها فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی نسبت به انواع فرسایش است (فتحی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ و ضیایی، ۲۰۰۱). فرسایش خاک فرایندی طبیعی است که برخی فعالیت‌های انسانی مانند جاده‌سازی، تغییر کاربری اراضی (غریب‌رضا و همکاران، ۲۰۱۳؛ نصرتی و همکاران، ۲۰۱۷) و بهره‌برداری از جنگل (ویجن برنر و همکاران، ۲۰۱۶) موجب تشدید آن می‌شود. تغییر کاربری اراضی به دلیل فعالیت‌های انسانی اعم از کشاورزی، عمرانی و توسعه نامتعارف شهرها، پیامدهای متعدد و روز افزونی چون فرسایش آبی و بادی، شوری خاک، بیابانزایی،

آن، در مسیر جاده امیدیه به میدان نفتی آغاچاری، ضخامت آن ۲۹۶۵ متر اندازه‌گیری شده است. سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر ضخامت داشته و از نظر سنگ‌شناسی مشتمل بر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی است (احمدی، ۲۰۰۷). تحقیقات بسیار معدودی به نقش اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش بر روی فرسایش پرداختند و این پژوهش یکی از تحقیقات ارزشمند در زمینه نقش کاربری اراضی و شدت بارش و تاثیر همزمان کاربری اراضی و شدت بارش در فرسایش‌پذیری سازندهای آغاچاری و گچساران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

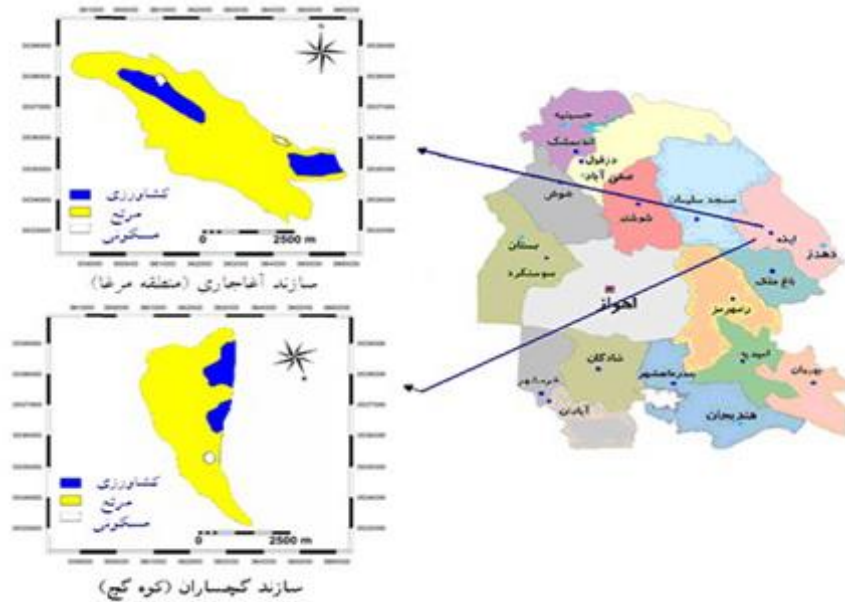
مناطق مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که به ترتیب دارای مساحت ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشد. منطقه مرغا در محدوده طول جغرافیایی $31^{\circ} 30' 49''$ تا $31^{\circ} 35' 35''$ خاوری و عرض جغرافیایی $31^{\circ} 55' 58''$ تا $31^{\circ} 27' 45''$ شمالی و منطقه کوه گچ دارای محدوده جغرافیایی $31^{\circ} 27' 45''$ تا $31^{\circ} 45' 49''$ خاوری و عرض جغرافیایی $31^{\circ} 27' 45''$ تا $31^{\circ} 50' 32''$ شمالی می‌باشد (مرادی و سعیدیان، ۲۰۱۰). (شکل ۱) بررسی‌های آماری در منطقه‌های مذکور نشان می‌دهد که حداکثر مطلق درجه حرارت هوا ۴۶ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق درجه حرارت ۶/۷ - درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالانه ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارندگی سالانه بالغ بر ۶۳۶ میلی‌متر است. میانگین رطوبت نسبی سالانه ۴۱ درصد می‌باشد. طول دوره خشک ۱۸۴ روز، که شروع آن فروردین و پایان آن مهر ماه است.

برای انجام این تحقیق، نقشه‌های مورد نیاز، نظیر نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب و داده‌های بارش از سازمان‌های مربوطه تهیه گردید. سازند گچساران فاقد یک برش سطح الارضی کامل است و این به علت داشتن خواص پلاستیکی ناشی از وجود لایه‌های ضخیم نمک و مارن است. با استفاده از برش‌های تلفیقی در میدین نفتی مختلف، این سازند به هفت بخش تقسیم شده است که از نمک، انیدریت، مارن‌های رنگین، میان لایه‌هایی از سنگ

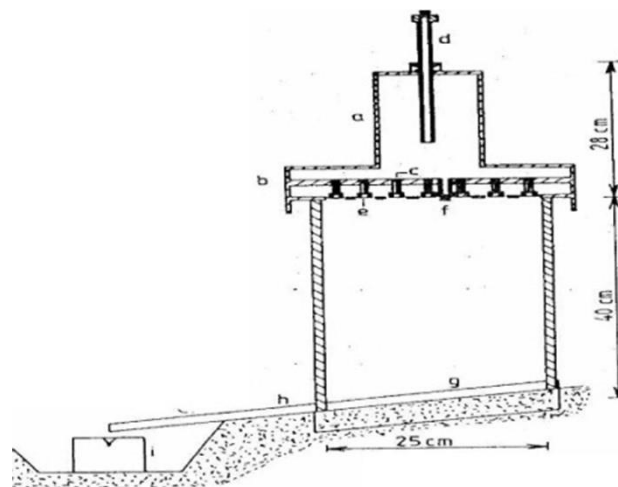
خاکدانه‌سازی، پایداری خاکدانه و فرسایش‌پذیری خاک را تحت تاثیر قرار دهد (لی و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو استفاده از کاربری‌هایی که ضمن افزایش تولید و کیفیت محصول، بهبود کیفیت ساختمانی خاک و پایداری محیط زیست را نیز در پی داشته باشد ضروری است (ممدو و همکاران، ۲۰۱۳). فرسایش خاک بر روی زمین‌های کشاورزی ناشی از برهم‌کنش بین طبیعت و فعالیت‌های انسانی است (زن و همکاران، ۲۰۲۱) که در سال‌های اخیر تشدید شده است. پژوهش رومرو و همکاران (رومرو و همکاران، ۲۰۰۱) در مورد اثر سه کاربری بوته‌زار، علفزار و لکه‌های سنگی بر نفوذپذیری، تولید رواناب، غلظت رسوب در پلات ۰/۲۵ مترمربعی با شدت ۵۶ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۳۰ دقیقه در اسپانیا نشان داد که اثر پوشش گیاهی زمین بر پاسخ‌های هیدرولوژیک و فرسایش ضعیف بود ولی جدا شدن ذرات رسوب همبستگی منفی با پوشش گیاهی زمین و همبستگی مثبت با لکه‌های سنگی داشت. با بررسی شاخص‌های رسوبزایی در چهار کاربری نتیجه گرفتند که میزان این شاخص در مرتع بیش از جنگل و در کشاورزی و بایر بیش از مرتع و جنگل می‌باشد. کرونا و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تخمین رواناب سطحی با استفاده از باران‌ساز پرداختند و نتیجه گرفتند که باران‌سازها می‌توانند بارش‌های واقعی را در شدت‌های بالا و پایین ایجاد کنند. مو و همکاران (۲۰۱۵) اثر شدت بارش و درجه شیب را بر رواناب و محتوی رطوبت خاک با استفاده از باران شبیه‌ساز بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضریب رواناب با افزایش شدت بارش و شیب در هر مرحله‌ی رویشی افزایش یافت. آن‌ها همچنین رابطه بین ضریب رواناب و رطوبت اولیه‌ی خاک را به صورت چند متغیره و غیرخطی به دست آوردند. نتایج پژوهش زو و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دستگاه باران‌ساز نشان داد که شدت بارش با تأثیر بر حجم رواناب در کنترل مقدار هدر رفت خاک مؤثر است. هدف این پژوهش مقایسه اثر متقابل کاربری اراضی، شدت بارش و فرسایش سازندهای گچساران و آغاچاری می‌باشد. ضرورت انجام تحقیق به فرسایش‌پذیری بالای سازندهای آغاچاری و گچساران و نقش پیچیده‌ای که کاربری اراضی و شدت بارش بر روی فرسایش ایجاد می‌کند، بر می‌گردد. سازند آغاچاری شامل ماسه‌سنگ آهکی قهوه‌ای، خاکستری و مارن قرمز ژئپس‌دار و سیلت‌سنگ است و در مقطع اصلی

تشکیل می‌دهد. به منظور بررسی اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در نهشته‌های سازندهای گچساران و آغاچاری در منطقه مورد مطالعه از یک دستگاه باران‌ساز صحرایی استفاده شد. باران‌ساز مورد استفاده برای اندازه پلات ۰/۰۶۲۵ متر مربع طراحی شده، کاملاً استاندارد بوده و به راحتی قابل حمل است. این باران‌ساز برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب و استفاده از آن به منظور تعیین فرسایش‌پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد (کامفورست، ۱۹۸۷) (شکل ۲).

آهک و مقدار کمی شیل بیتومینه‌دار تشکیل شده است. سازند آغاچاری در زاگرس با دو رخساره مشخص می‌شود که هر کدام در ناحیه‌ای توسعه دارند. رخساره اول، رخساره‌ای ماسه‌ای است که در فارس داخلی، بندرعباس و در قسمتی از فارس ساحلی گسترده است و تا شمال باختری فرو افتادگی دزفول و حواشی مرز ایران و عراق پیش می‌رود. در این مناطق، رخساره غالب سازند آغاچاری ماسه‌سنگی است. رخساره دوم یا مارنی آغاچاری در قسمت‌هایی از نواحی نزدیک به سواحل خلیج فارس و بخش‌های جنوبی و میانی فروافتادگی دزفول و نواحی باختری و مرزی استان ایلام گسترش دارد. در این نواحی اکثریت تشکیل دهنده سازند آغاچاری را مارن‌های قرمز



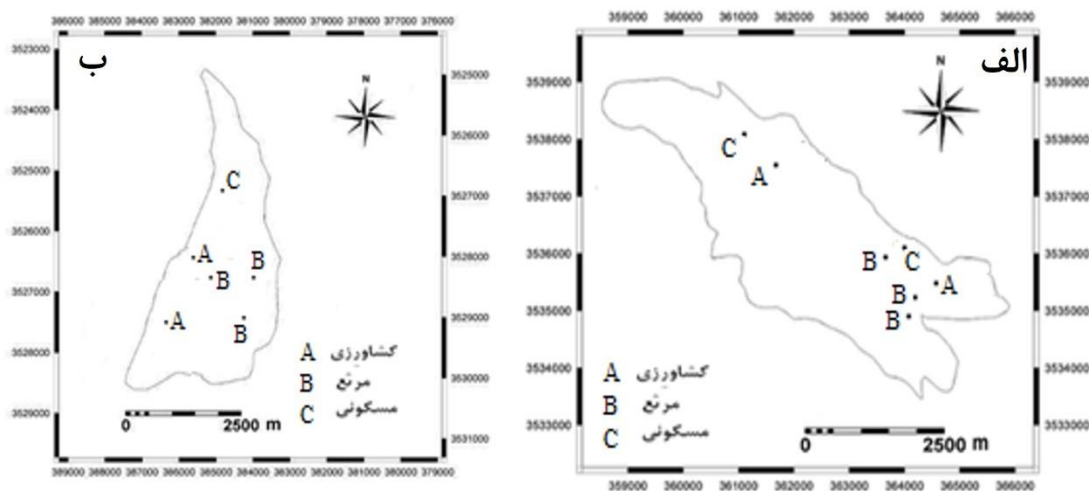
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران



شکل ۲. مقطع عمودی باران‌ساز مورد استفاده

مسکونی (به علت وجود دو کاربری مسکونی جداگانه) و سه سطح مربوط به کاربری مرتع (به علت وجود سطح زیاد کاربری مرتع) می‌باشد. در سازند گچساران نیز در مجموع ۶ سطح انتخاب شد که دو سطح مربوط به کاربری زراعی (به علت وجود دو کاربری زراعی جداگانه)، یک سطح مربوط به کاربری مسکونی (به علت وجود یک کاربری مسکونی) و سه سطح مربوط به کاربری مرتع (به علت وجود سطح زیاد کاربری مرتع) می‌باشد (شکل ۳). در نحوه نمونه‌برداری کاربری‌های مسکونی دو سازند نقاطی انتخاب شدند که محل رفت و آمد روستاییان می‌باشد و در عین حال جاده نیز نباشد که بتوان اثرات رفت و آمد انسان و احشام مورد نظر در این پژوهش به صورت مشهود به دست آورده شوند.

در این تحقیق از شدت‌های بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد که بر اساس داده‌های هواشناسی و بارش متوسط منطقه و دوره بازگشت ده ساله و مدت زمان یک ساعته انتخاب شدند. در این تحقیق، نمونه‌ها به صورت تصادفی مشخص و برداشت شد. همچنین از کلیه اطلاعات مربوط مانند اقلیم و زمین‌شناسی حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه استفاده شد. با توجه به هزینه و زمان، در ۱۳ سطح و در هر سطح ۳ بار تکرار در سازندهای آغاچاری و گچساران برای به‌کارگیری باران‌ساز مشخص و به همین تعداد نمونه رسوب برداشت شد. در سازند آغاچاری در مجموع ۷ سطح انتخاب شد که دو سطح مربوط به کاربری زراعی (به علت وجود دو کاربری زراعی جداگانه)، دو سطح مربوط به کاربری



شکل ۳. موقعیت نمونه‌برداری با استفاده از باران‌ساز، الف) سازند گچساران (منطقه کوه گچ) و ب) سازند آغاچاری (منطقه مرغا)

رواناب محاسبه شد. آستانه شروع همزمان رواناب و فرسایش نیز به محض وارد شدن اولین قطرات محلول رواناب و رسوب به ظرف نمونه‌گیری ثبت شد. سپس برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL استفاده گردید. اثرات متقابل کاربری اراضی و شدت بارش به کمک کدگذاری سه نوع کاربری‌های اراضی که شامل کاربری‌های مرتع، کشاورزی و مسکونی می‌باشد و همچنین کدگذاری سه نوع شدت بارش که شامل شدت‌های ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه می‌باشد به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شدند و در نهایت به کمک آزمون‌های آماری مربوط به اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش، تجزیه و تحلیل‌های آماری انجام شدند.

در این تحقیق پس از آماده‌کردن محل آزمایش و نصب و تنظیم باران‌ساز، شیر مخزن باز کرده و با دیدن ریزش باران از صفحه‌ی ریزش باران‌ساز، زمان سنج روشن می‌شد. در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای، پس از پایان آزمایش، نمونه‌ها آماده و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند (مرادی و سعیدیان، ۲۰۱۰). پس از اندازه‌گیری مقدار کل نمونه‌ها و پس از ته‌نشینی رسوبات، آب روی رسوبات تخلیه و رسوبات باقی مانده در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از خشک شدن توزین شده و مقدار رولناب و رسوب برای هر آزمایش تعیین شد (مصطفی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸). سپس میزان نفوذپذیری خاک نیز در هر پلات با توجه به حجم بارش و میزان

نتایج و بحث

و بیشتر نام‌گذاری می‌شوند. در این پژوهش از سه سطح کاربری‌های مختلف (مرتع، کشاورزی و مسکونی) و سه سطح شدت بارش (۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه) استفاده شده است. نتایج اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در سازندهای گچساران و آغاچاری در جدول‌های ۱ تا ۸ و همچنین نتایج مولفه‌های مختلف فرسایش در شکل‌های ۴ تا ۷ نشان داده شده است.

اثر متقابل موقعی اتفاق می‌افتد که اثر یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته بسته به سطح یک متغیر مستقل دیگر تغییر کند. این اصطلاح بیشتر برای روش‌های طراحی آزمایش به کار می‌رود. اثر متقابل بر حسب تعداد متغیرهای اصلی برهم‌کنش‌ها به دو سطحی و سه سطحی

جدول ۱. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان رسوب سازند گچساران

متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان رسوب	کاربری اراضی	۳۱۲/۴	۱۵۶/۲	۱۱/۰۹	۰/۰۰۰
	شدت بارش	۸/۹۷	۴/۴۸	۰/۳۱	۰/۷۲۹
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	خطا	۶۹۰/۲	۱۴/۰۸	-	-

جدول ۲. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان رواناب سازند گچساران

متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان رواناب	کاربری اراضی	۲۲۷۳۴/۷	۱۱۳۶۷/۳۶	۲/۴۵	۰/۰۹۷
	شدت بارش	۳۰۵۰۱/۸	۱۵۲۵۰/۹	۳/۲۸	۰/۰۴۶
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	خطا	۲۲۷۳۱۶/۶	۴۶۳۹/۱	-	-

جدول ۳. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان نفوذپذیری سازند گچساران

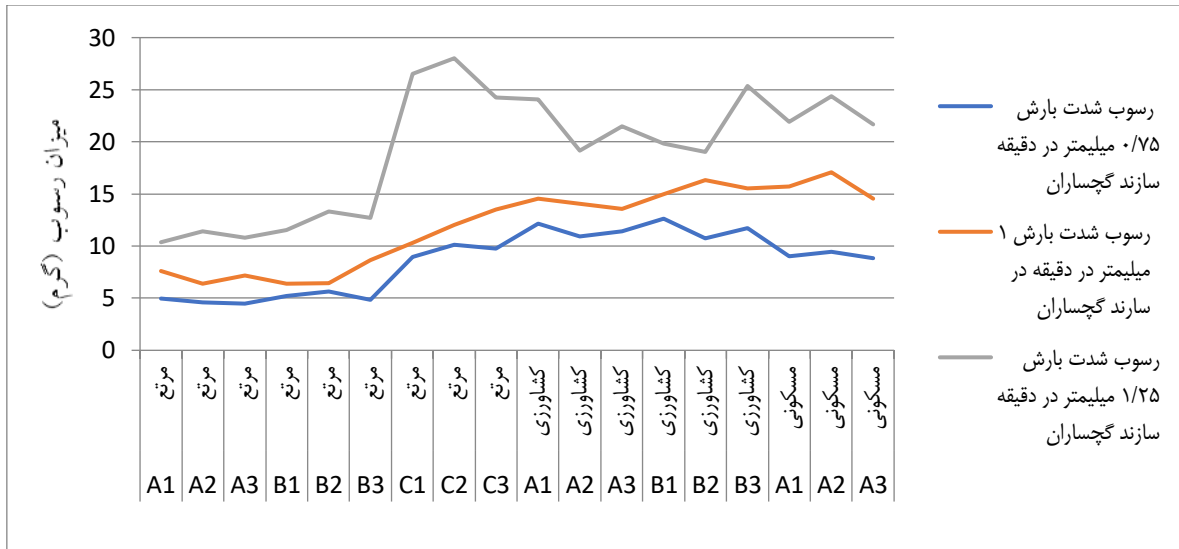
متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان نفوذپذیری	کاربری اراضی	۱۲۹۸۳۵/۱	۶۴۹۱۷/۵	۱۳/۹۹	۰/۰۰۰
	شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	خطا	۲۲۷۳۱۶/۶	۴۶۳۹/۱	-	-

جدول ۴. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان شروع رواناب و فرسایش سازند گچساران

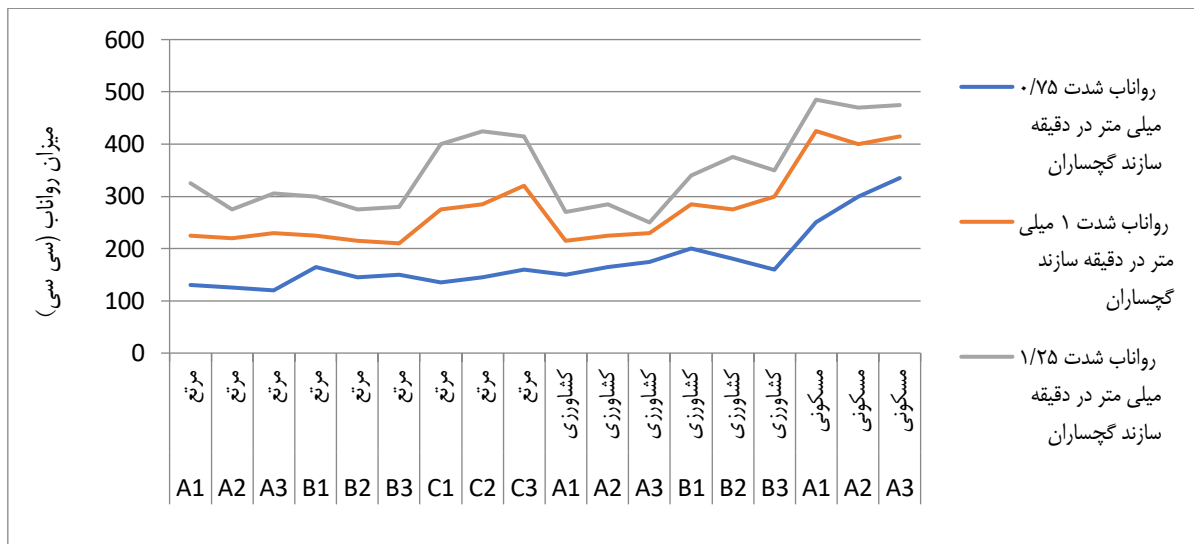
متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان شروع رواناب و فرسایش	کاربری اراضی	۰/۰۳۶	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۹۸۲
	شدت بارش	۲/۰۹	۱/۰۴۵	۱/۰۷۱	۰/۳۵۱
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	خطا	۴۷/۸۱	۰/۹۷۶	-	-

جدول ۵. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان رسوب سازند آغاچاری

متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان رسوب	کاربری اراضی	۷۶/۶۶	۳۸/۳۳	۶/۱۹	۰/۰۰۴
	شدت بارش	۰/۸۴۶	۰/۴۲۳	۰/۰۶۸	۰/۹۳۴
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰	۰	۰/۰۰۰
	خطا	۳۵۸/۸	۶/۱۸	-	-



شکل ۴. مقایسه رسوب در کاربری‌های مختلف سازند گچساران



شکل ۵. مقایسه رواناب در کاربری‌های مختلف سازند گچساران

جدول ۶. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان رواناب سازند آغاچاری

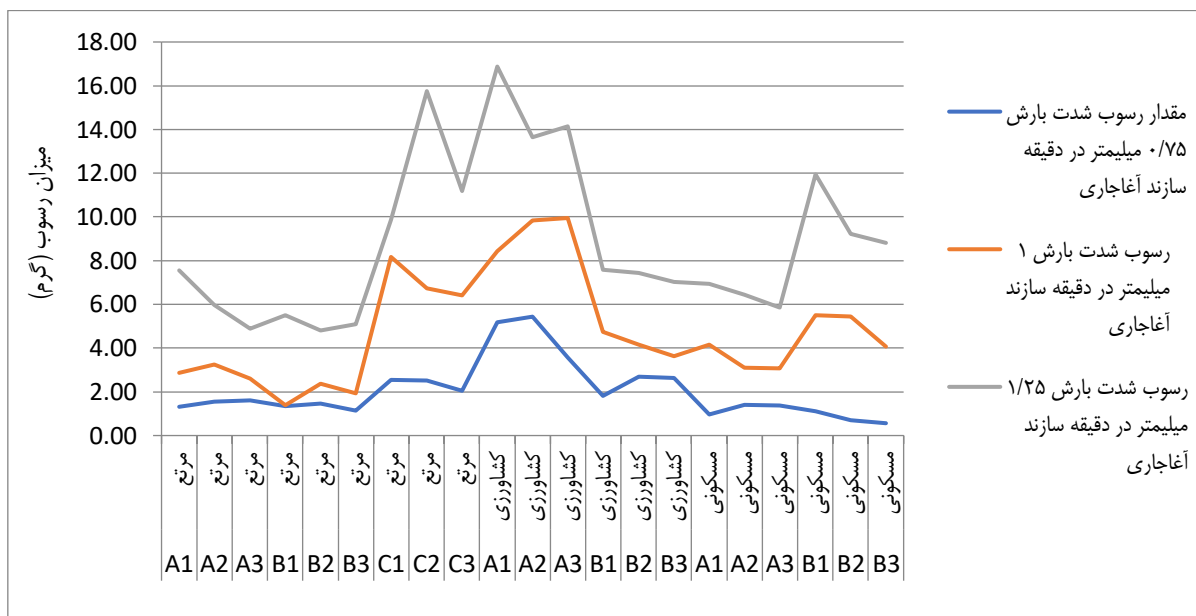
منبع تغییرات	مجموع مربعات میانگین مربعات مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
کاربری اراضی	۶۳۸۲/۵	۰/۴۳۰
شدت بارش	۲۲۴۰۹/۶	۰/۰۵۷
کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰
خطا	۲۱۶۱۲/۵	۳۷۲۶/۳

جدول ۷. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان نفوذپذیری سازند آغاچاری

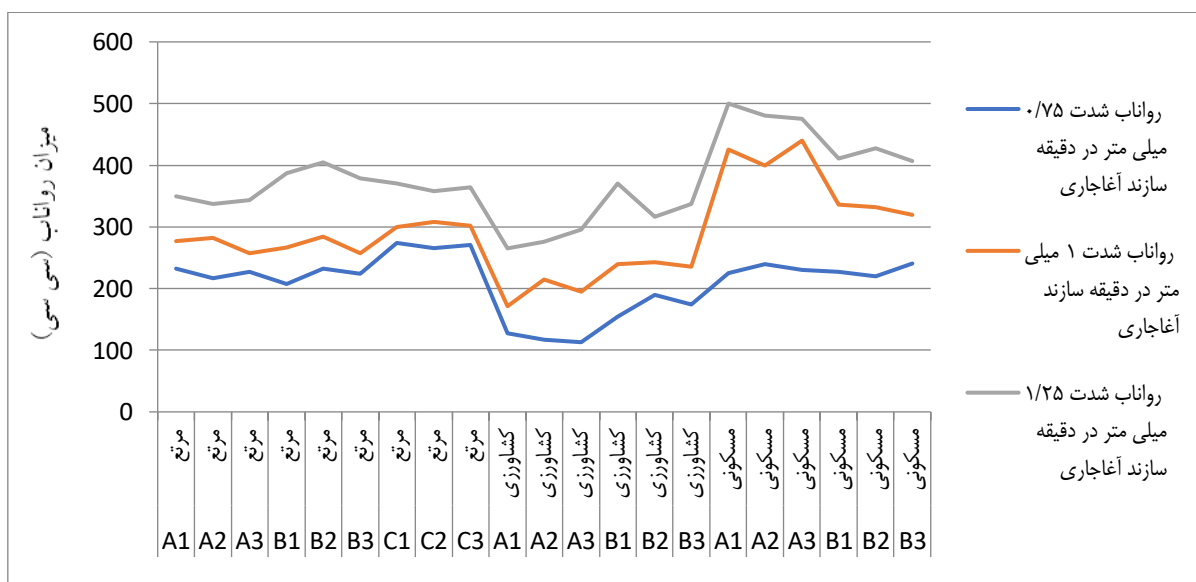
منبع تغییرات	مجموع مربعات میانگین مربعات مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
کاربری اراضی	۶۳۲۱/۳	۰/۴۳۳
شدت بارش	۹۸۷۳۳/۸	۰/۰۰۰
کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰
خطا	۲۱۵۸۵۴/۰۸	۳۷۲۱/۶

جدول ۸. اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در میزان شروع رواناب و فرسایش سازند آغاچاری

متغیرهای مطالعاتی	منبع تغییرات	مجموع مربعات میانگین مربعات مقدار F محاسبه‌ای	سطح معنی‌داری
میزان شروع رواناب و فرسایش	کاربری اراضی	۰/۹۰	۰/۴۵
	شدت بارش	۴/۳	۰/۱۰۸
	کاربری اراضی و شدت بارش	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	خطا	۵۴/۱۷	-



شکل ۶. مقایسه رسوب در کاربری‌های مختلف سازند آغاچاری



شکل ۷. مقایسه رواناب در کاربری‌های مختلف سازند آغاچاری

رسوب اثر معنی‌داری از خود نشان نداد ولی اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثر معنی‌داری در تولید رسوب می‌باشند. نقش موثر کاربری‌های مختلف در تولید رسوب به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در

پژوهش‌های اندکی در ارتباط با اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در کاربری‌های مختلف انجام شده است. در سازند گچساران، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در تولید رسوب از خود نشان دادند ولی شدت بارش در تولید

رسوب از خود نشان دادند. ولی شدت بارش در تولید رسوب اثر معنی‌داری از خود نشان نداد. ولی اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثر معنی‌داری در تولید رسوب می‌باشند. در این سازند نیز کاربری‌های مختلف به علت وجود سیلت بالا در تولید رسوب موثر می‌باشند. ولی شدت بارش به علت اینکه دامنه تغییرات نزدیک بهمی داشت بنابراین اثر قابل ملاحظه‌ای از خود نشان نداد. خاک‌هایی که دارای سیلت می‌باشند به علت اینکه در اثر مرطوب شدن خاکدانه‌های آن به سهولت شکسته، جدا و منتقل می‌شوند و چسبندگی ندارند، نسبت به فرسایش و تولید رواناب از حساسیت بیشتری برخوردار هستند که با پژوهش‌های میر و هارمن (۱۹۸۴) و داکر و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد. در سازند آجاجاری، کاربری‌های مختلف و شدت بارش اثر معنی‌داری در تولید رواناب از خود نشان ندادند. ولی اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌داری در تولید رواناب می‌باشند. به علت اینکه تولید رواناب بیشتر تحت تاثیر خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشد، بنابراین در این سازند دامنه تغییرات کم خصوصیات شیمیایی خاک می‌تواند علت آن باشد. در سازند آجاجاری، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در میزان نفوذپذیری خاک از خود نشان نداد. ولی شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک اثر معنی‌داری از خود نشان داد. اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌داری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. علت اینکه کاربری‌های مختلف اثر کمی در میزان رواناب از خود نشان دادند، می‌تواند به وجود میزان سیلت بالا در هر سه کاربری برگردد که باعث می‌شود خلل و فرج خاک پر شده و میزان نفوذپذیر را کاهش یابد. ولی شدت بارش می‌تواند با تاثیری که در شکستن خاکدانه‌ها می‌گذارد در میزان نفوذپذیری موثرتر باشد. در سازند گچساران، کاربری‌های مختلف و شدت بارش اثر معنی‌داری در شروع رواناب و فرسایش از خود نشان نداد. ولی اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثر معنی‌داری در شروع رواناب و فرسایش می‌باشند. شروع رواناب و فرسایش در سازند گچساران نشان داد که تاثیرپذیری خیلی زیادی نسبت به کاربری‌های مختلف و شدت بارش ندارد که به جنس سازند گچساران و وجود تغییرپذیری گچ در آن بر می‌گردد. در سازند گچساران به طور کلی و در همه مولفه‌های فرسایش مانند رسوب، رواناب، نفوذپذیری خاک و شروع رواناب و فرسایش، کاربری اراضی در یک مورد و شدت بارش در دو مورد و اثر متقابل شدت بارش و کاربری اراضی در چهار مورد اثرگذاری معنی‌داری از خود نشان دادند. در سازند آجاجاری، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در تولید

کاربری‌های مختلف بر می‌گردد که دارای تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌باشد که با تحقیقات مرادی و سعیدیان (۲۰۱۰) مطابقت دارد. تولید رسوب در دامنه تغییرات شدت بارش اثر قابل ملاحظه‌ای می‌پذیرد ولی چون در این تحقیق دامنه تغییرات شدت بارش نزدیک بهم بودند عملاً تاثیر معنی‌داری شدت بارش در تولید رسوب از خود نشان نداد. در سازند گچساران، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در تولید رواناب از خود نشان ندادند. ولی شدت بارش در تولید رواناب اثر معنی‌داری از خود نشان داد که با نتایج تحقیقات مو و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌داری در تولید رواناب می‌باشند. میزان رواناب نسبت به شدت بارش عکس‌العمل سریع‌تر و قابل ملاحظه‌تر از خود نشان می‌دهد حتی اگر دامنه تغییرات شدت بارش نیز نزدیک بهم باشند. در سازند گچساران، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در میزان نفوذپذیری خاک از خود نشان نداد. ولی شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک اثر معنی‌داری از خود نشان داد. اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌داری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. علت اینکه کاربری‌های مختلف اثر کمی در میزان رواناب از خود نشان دادند می‌تواند به وجود میزان مناسب گچ در هر سه کاربری برگردد که باعث می‌شود در اوایل بارندگی به علت چسبندگی زیاد گچ نفوذپذیری کاهش یابد. ولی شدت بارش می‌تواند با تاثیری که در شکستن خاکدانه‌ها می‌گذارد در میزان نفوذپذیری موثرتر باشد. در سازند گچساران، کاربری‌های مختلف و شدت بارش اثر معنی‌داری در شروع رواناب و فرسایش از خود نشان نداد. ولی اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثر معنی‌داری در شروع رواناب و فرسایش می‌باشند. شروع رواناب و فرسایش در سازند گچساران نشان داد که تاثیرپذیری خیلی زیادی نسبت به کاربری‌های مختلف و شدت بارش ندارد که به جنس سازند گچساران و وجود تغییرپذیری گچ در آن بر می‌گردد. در سازند گچساران به طور کلی و در همه مولفه‌های فرسایش مانند رسوب، رواناب، نفوذپذیری خاک و شروع رواناب و فرسایش، کاربری اراضی در یک مورد و شدت بارش در دو مورد و اثر متقابل شدت بارش و کاربری اراضی در چهار مورد اثرگذاری معنی‌داری از خود نشان دادند. در سازند آجاجاری، کاربری‌های مختلف اثر معنی‌داری در تولید

سازند می‌باشد. همچنین بیشترین تاثیرپذیری نفوذپذیری خاک در سازندهای آجاجاری و گچساران مربوط به اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش و همچنین شدت بارش به طور جداگانه می‌باشد که دو مورد اثر معنی‌داری مربوط به شدت بارش و دو مورد اثر معنی‌داری مربوط به اثر متقابل کاربری و شدت بارش در هر دو سازند می‌باشد. همچنین بیشترین تاثیرپذیری شروع رواناب و فرسایش در سازندهای آجاجاری و گچساران مربوط به اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش می‌باشد که دو مورد اثر معنی‌داری مربوط به اثر متقابل کاربری و شدت بارش در هر دو سازند می‌باشد. به طور کلی در سازندهای آجاجاری و گچساران اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش در همه مولفه‌های فرسایش در هشت مورد و کاربری اراضی در دو مورد و شدت بارش در سه مورد دارای اثر معنی‌داری می‌باشند. بنابراین به طور کلی همه مولفه‌های فرسایش بیشترین تاثیرپذیری را از اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش می‌پذیرند و کمترین تاثیرپذیری را هم مولفه‌های مختلف فرسایش از کاربری اراضی می‌پذیرند. در سازند آجاجاری در همه مولفه‌های فرسایش، کاربری اراضی در یک مورد و شدت بارش در یک مورد و اثر متقابل شدت بارش و کاربری اراضی در چهار مورد اثرگذاری معنی‌داری از خود نشان دادند. در سازند گچساران در همه مولفه‌های فرسایش، کاربری اراضی در یک مورد و شدت بارش در دو مورد و اثر متقابل شدت بارش و کاربری اراضی در چهار مورد اثرگذاری معنی‌داری از خود نشان دادند. در نهایت این پژوهش نشان داد که اثر متقابل کاربری و شدت بارش در مولفه‌های مختلف فرسایش تاثیرگذاری بیشتری نسبت به کاربری‌ها و شدت بارش به صورت جداگانه دارد و باید پژوهش‌های بیشتری در این زمینه و در شدت‌های بارش مختلف با دامنه تغییرات بیشتر و جنس متفاوت خاک‌های مختلف انجام شود.

منابع

- Ahmadi, H (2007) Applied Geomorphology, Volume 1 (Blue Erosion), Fifth Edition, Tehran, Tehran University Press, 714 p.
- Azarbar, S. M., Ahmadi, H., Khorasani, N. and Karami, M (2006) Investigation relationship between wind erosion and value of animal habitats in desert area. Journal of Desert Research, 12: 4-13.
- Corona, R., Wilson, T., Adderio, L., Porcu, F., Montaldo, N., Albertson, J (2013) On the

اراضی در یک مورد و شدت بارش در یک مورد و اثر متقابل شدت بارش و کاربری اراضی در چهار مورد اثرگذاری معنی‌داری از خود نشان دادند. به طور کلی در هر دو سازند میزان اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثرات معنی‌داری در میزان رواناب، رسوب و میزان نفوذپذیری و شروع رواناب و فرسایش می‌باشد. البته خصوصیات تنشی ذرات خاک در فرایند انتقال موثر نیز با اهمیت است (زن و همکاران، ۲۰۲۱) و اثرات خود را در مولفه‌های مختلف فرسایش می‌گذارد.

تحلیل فرسایش‌پذیری کاربری‌های مختلف سازند آجاجاری در شدت‌های بارش مذکور نشان داد که بیشترین رسوب مربوط به کاربری کشاورزی می‌باشد و کمترین رسوب مربوط به کاربری مسکونی در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه است ولی در شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه کمترین رسوب مربوط به کاربری مرتع می‌باشد. کاربری مسکونی از لحاظ رسوب‌زایی مابین این دو مسکونی قرار گرفت. در کاربری‌های مختلف سازند گچساران از نظر میزان رواناب، کاربری مسکونی در هر سه شدت بارش یاد شده بیشترین رواناب را دارا می‌باشد. حداقل رواناب در هر سه شدت یاد شده مربوط به کاربری کشاورزی می‌باشد که تقریباً دارای اختلاف جزئی با کاربری مرتع می‌باشد و بیشترین مقدار رسوب نیز مربوط به کاربری کشاورزی و مسکونی می‌باشد. به طور کلی کمترین مقدار رسوب در سازندهای گچساران و آجاجاری مربوط به کاربری‌های مسکونی و مرتعی و بیشترین مقدار رسوب مربوط به کاربری کشاورزی است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، در هر دو سازند آجاجاری و گچساران میزان اثر متقابل کاربری‌های مختلف و شدت بارش دارای اثرات معنی‌داری در میزان رواناب، رسوب و میزان نفوذپذیری و شروع رواناب و فرسایش می‌باشد. کاربری‌ها و اثر متقابل کاربری و شدت بارش بیشترین تاثیر را در تولید رسوب در هر دو سازند گچساران و آجاجاری دارا می‌باشند که دو مورد اثر معنی‌داری مربوط به کاربری و دو مورد اثر معنی‌داری مربوط به اثر متقابل کاربری و شدت بارش در هر دو سازند می‌باشد. بیشترین تاثیرپذیری رواناب در سازندهای آجاجاری و گچساران مربوط به اثر متقابل کاربری اراضی و شدت بارش می‌باشد که دو مورد اثر معنی‌داری در دو

- and sediment production under different land cover in abandoned farmland fields in a Mediterranean mountain environment. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55: 303-323.
- Sadeghi, S. H. R., Bashari seh ghaleh, M., and Rangavar, E (2008) Comparison of sediment changes with slope aspect and plot length in the estimation of soil erosion due to rainfall, soil and water journal (agriculture industries and sciences), 22(2): 230-239.
- Siadat, H., Bybordi, M., and Malakouti, M. J (1997) Salt affected soils of Iran. A country report.
- Singh, M. J. and Khera, K. L (2008) Soil erodibility indices under different land uses in Lower Shiwaliks. *Tropical Ecology*, 49(2): 113-119. Tehran, Iran.
- Wagenbrenner, J. W., Robichaud, P. R., and Brown, R. E (2016) Rill erosion in burned and salvage logged western mountain forests: effects of logging equipment type, traffic level, and slash treatment. *Journal of Hydrology*, 541: 889-901.
- Zhao, B., Zhang, L., Xia, Zh., Xu, W., Xia, L., Liang, Y. & Xia, D (2019) Effects of rainfall intensity and vegetation cover on erosion characteristics of a soil containing rock fragments slope, *Hindawi Advances in Civil Engineering*, 1-14.
- Zheng, Z., He, S., and Li, T (2011) Fractal dimensions of soil structure and soil anti erodibility under different land use patterns. *African Journal of Agricultural Research*, 6(24): 5496-5504.
- Zhen, H., Jiangwen, I., Yanhai, Li., Xiaojie, Gu., Xiaoyan, Ch., Chaofu, W (2021) Eroded sediment in a partially saturated sandy loam soil using scouring experiments, *CATENA*, 201, 105234.
- Zhen, W, Yi, Zeng., Cai, L., Hua, Y., Shuxia, Y., Ling, W., Zhihua, Shi (2021) Telecoupling cropland soil erosion with distant drivers within China, *Journal of Environmental Management*, 288, 112395.
- Ziaei, H. A (2001) Principles of watershed management engineering. University of Imam Reza (AS), 542 pages.
- estimation of surface runoff through a new plot scale rainfall simulator in sardinia, Italy, *Procedia Environmental Sciences*, 19: 875 – 884.
- Duiker, S. W., Flanagan, D. C., and Lal, R (2001) Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain, *Catena*, 45(2): 103-121.
- Fathizade, H., Karimiand, H., Tavakoli, M (2016) The role of sensitivity to erosion of geological formations in erosion and sediment production, case study: Douyrej RiverSub-basin, Ilam Province. *Journal of Watershed Management Research*, 13(7): 193-208 (in Persian).
- Gharibreza, M. R., Kuna Raj, J., Yusoff, I., Othman, Z., Wan Muhamad Tahird, W, Z., and Aqeel Ashraf, M (2013) Land use changes and soil redistribution estimation using ¹³⁷Cs in the tropical Bera Lake catchment, Malaysia. *Soil & Tillage Research*, 131: 1-10.
- Kamphorst, A (1987) A Small Rainfall Simulator for the Determination of Soil Erodibility, *Journal of Agricultural Science Netherlands*, 35: 407-415.
- Li, Z., Zhang G., Geng R., and Wang H (2015) Rill erodibility as influenced by soil and land use in a small watershed of the Loess Plateau, China, *Biosystems Engineering*, 129: 248-257.
- Mamedov, A. I., Mamedov G. S., and Mikailsoy, F (2013) An effective aggregate stability method for soil management and quality evaluation. *Soil-Water Journal* 2, Number 2(1).
- Meyer, L. D., and Harmon, W. C (1984) Susceptibility of agricultural soil to interrill erosion, *Journal Soil Science Society of America*, 48: 1152-1157.
- Morady, H. R., and Saidian, H (2010) Comparing the Most Important Factors in the Erosion and Sediment Production in Different Land Uses, *Journal of Environmental Science and Engineering*, 4: (11): 1-11.
- Mostafazadeh, R., Sadeghi, S. H. R. and Sadoddin, A (2014) Sediment graph analysis and storm sediment rings in Golaz Oshnavieh watershed, West Azarbaijan, *Water and Soil Conservation Research*, 21(5): 175-191.
- Mu, W. F. Yu, C. Li, Y. Xie, J. Tian, J., and Zhao, N (2015) Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and soil moisture content on different growing stages of spring maize *Water*, 7(6): 2990- 3008.
- Nosrati, K (2009) Iran has highest rate of soil erosion in world. *Tehran Times*.
- Nosrati, K., Jalali, S., Zare, M. R., & Shirzadi, L (2017) Estimation of erosion and sediment in the Ziarat watershed of Gorgan using cesium 137. *Journal of Environment and Water Engineering*, 3(2): 118-109.
- Romero, N. E., Lasanta, T., Regúés, D., Renault, L. N. and Creda, A (2001) Hydrological response