دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

اثر قرق و جهت دامنه بر مقادیر رواناب و رسوب (مطالعه موردی: حوزه‌های زوجی خامسان)

جبار هادی قورقی[1] و خالد اوسطی[2]

۱- کارشناس ارشد، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، سرجنگلبانی موچش
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، (نویسنده مسوول: K.Osati@uok.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۶

چکیده

فرسایش خاک به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های زیست محیطی دنیا، سلامت اکوسیستم‌ها و امنیت غذایی را تهدید می‌نماید. پژوهش حاضر در حوزه‌های زوجی خامسان انجام شده و به مقایسه مقادیر رواناب و رسوب ناشی از ۵۱ واقعه بارش طبیعی در ۱۸ کرت استاندارد فرسایش خاک مستقر در شرایط متفاوت از نظر قرق و جهت دامنه پرداخته است. با توجه به اعمال دو حالت قرق و عدم قرق در چهار وضعیت جهت دامنه (شمالی، شرقی، غربی و شمال غربی) و احتمال وجود اثرهای متقابل، از آزمون آماری فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی استفاده گردید. نتایج حاصله نشان داد که متوسط ضریب رواناب رگبارهای مورد بررسی در حوزه نمونه ٤/٢١ درصد و در حوزه شاهد ٤/٧١ درصد بود و متوسط رسوب تولیدی کرت‌ها در حوزه شاهد حدود ۱۷ درصد بیشتر از حوزه نمونه بود. براساس نتایج آزمون فاکتوریل، قرق و جهت دامنه اثر معنی‌داری بر تولید رواناب داشتند و اثرات متقابل قرق و جهت دامنه بر مقادیر میانگین حجم رواناب، ضریب رواناب و مقدار رسوب در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین رواناب تولیدی مربوط به کرت‌های شاهد نصب شده در دامنه شمالی بود. نتایج تحقیق نشان داد که اعمال قرق با احیای پوشش گیاهی و افزایش نفوذپذیری، باعث کاهش هدررفت آب و فرسایش خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: وقایع بارش - رواناب، کرت استاندارد فرسایش، آزمون فاکتوریل، حوزه‌های زوجی

مقدمه

در بیشتر مراتع تحت چرا، فقر مراتع ناشی از مدیریت ناپایدار چرا می‌باشد. این امر بازده مراتع و در نتیجه تولید فرآورده‌های دامی را کاهش داده و باعث افزایش تلفات آب، رسوب و مواد مغذی می‌گردد (۴،۱۹). یکی از راهکارهای اصلاحی مراتع و بهبود وضعیت پوشش گیاهی، اعمال قرق می‌باشد. احیای پوشش گیاهی بیلان آبی حوزه را تغییر داده و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد و باعث کاهش هدررفت خاک و احیای تنوع زیستی خاک و خدمات اکوسیستم می‌گردد (۶،۷،۲۱). موریتی و همکاران (۲۱) بیان کردند که مراتع قرق در قیاس با مراتع تخریب شده تحت چرا دارای خاک با مواد آلی بیشتر و با کیفیت‌تری می‌باشند. همچنین افزایش رسوبات و مواد مغذی می‌تواند بر کیفیت آب، اکولوژی رودخانه‌های مجاور (۱۸،۲۸) و اکوسیستم مناطق پایین‌دست (۸،۹،۱۷) تاثیرگذار باشد. هولت و همکاران (۱۳) نشان دادند که نرخ نفوذپذیری و جمعیت کنه و موریانه‌ها در مناطق تحت چرای شدید کمتر از مناطق تحت چرای سبک می‌باشد. از این رو قرق می‌تواند با افزایش نفوذپذیری (۱) باعث کاهش تولید رواناب گردد. جیسلز و همکاران (۱۱) نشان دادند که با افزایش پوشش گیاهی، نرخ فرسایش خاک بصورت نمایی کاهش می‌یابد.

مطالعات داخلی متعددی در زمینه اثر قرق و تغییر پوشش گیاهی بر مقادیر رواناب و رسوب انجام شده است. احمدی ایلخچی و همکاران (۲) در مطالعه‌ای در منطقه دوراهان استان چهارمحال و بختیاری نشان دادند که تولید رواناب حاصل از یک واقعه بارش مصنوعی (۶۰ میلی‌متر بر ساعت با تداوم یک ساعته) در موقعیت پشت شیب و شانه شیب زمین کشاورزی به ترتیب ۳ و ۱۱ برابر پلات‌های با جهت دامنه مشابه در اراضی مرتعی بود. همچنین مقادیر رسوب حاصله برای موقعیت پشت شیب و شانه شیب زمین کشاورزی به ترتیب ۸ و ۵۵ برابر پلات‌های با جهت دامنه مشابه در اراضی مرتعی گزارش شد. همت‌زاده و همکاران (۱۲) به بررسی نقش قرق ۵ ساله در تغییر وضعیت پوشش گیاهی و میزان رواناب سطحی در حوزه‌های معرف زوجی کچیک استان گلستان پرداختند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که خصوصیات گیاهی و میزان رواناب حاصل از رگبارهای مورد بررسی در خروجی حوزه‌های شاهد و قرق از نظر آماری اختلاف معنی‌داری داشتند. آنها همبستگی بالایی بین تاج پوشش گیاهی و شدت بارندگی با تولید رواناب را گزارش نمودند و بر نقش قرق در افزایش تولیدات گیاهی و کاهش رواناب سطحی به عنوان شیوه‌ای مناسب در مدیریت حوزه‌های آبخیز تاکید داشتند. صادقی و همکاران (۲۵) با پایش دوازده واقعه بارش طبیعی و مقادیر رواناب حاصل از کرت‌های آزمایشی استاندارد ایجاد شده در کاربری‌های مختلف در حوزه خسبیجان استان مرکزی بیان کردند که رابطه بارش و رواناب با مقادیر رسوب در کاربری‌های مختلف متفاوت است. صادقی و همکاران (۲۴) در تحقیقی در حوزه آبخیز سنگانه استان خراسان رضوی تاثیر جهت دامنه بر مقادیر رسوب و لزوم بهینه‌سازی ابعاد کرت – جهت تعمیم نتایج به سطح حوزه– را گزارش نمودند. آنها بیان کردند که برآورد پارامترهای رواناب و رسوب با افزایش طول کرت بهبود یافت و ترجیحا استفاده از کرت‌های با طول بیش از ۲۰ متر را در دامنه جنوبی پیشنهاد دادند. در دامنه شمالی اختلاف معنی‌داری بین نتایج کرت‌های متعدد نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در خروجی حوزه گزارش نشد. همچنین آندرئو و همکاران (۳) هوانگ و همکاران (۱۴) یوانشو و همکاران (۳۰) خو و همکاران (۲۹) گارسیا–استرینگانا و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

همکاران (۱۰) و ژوا و ژو (۳۱) نشان دادند که تقویت پوشش گیاهی در کاهش رواناب و رسوب موثر است. هوانگ و همکاران (۱۴) یکی از اثرات اعمال عملیات اصلاحی را کاهش تعداد وقایع بارش تولید کننده رواناب و رسوب گزارش کردند. همچنین دبی پیک سیلاب و حداکثر غلظت مواد معلق در اثر بهبود پوشش گیاهی کاهش یافته بود. یوانشو و همکاران (۳۰) تفاوت در تولید رواناب و رسوب ناشی از انواع بارش اعم از بارندگی، برف و اسلیت را مورد بحث و بررسی قرار دادند. آنها فرم مایع بارش (بارندگی) را مهم‌ترین عامل در تولید رسوب معرفی نمودند. مینگو و همکاران (۲۰) در مطالعه‌ای در حوزه فلات لسی چین بیان کردند که پوشش گیاهی در مقیاس پلات ضمن کاهش حجم رواناب، از طریق تغییر در رابطه رواناب- رسوب، نرخ کاهش تولید رسوب را بطور مضاعف کاهش می‌دهد. بارتلی و همکاران (۵) براساس نتایج تحقیق ۶ ساله صحرایی بیان کردند که مدیریت چرا باعث افزایش پوشش گیاهی شده و ضریب رواناب را خصوصا در اولین بارش فصل مرطوب سال کاهش می‌دهد و در کل آورد رسوب سالانه را کاهش می‌دهد. آنها قطعات مرتعی دارای خاک لخت را مهمترین منبع تولید رواناب و رسوب گزارش کردند و کاهش رواناب و رسوب بیشتر را منوط به اعمال فعالیت‌های مدیریتی دانستند که پوشش گیاهی و بیوماس این مناطق را افزایش دهد. بارتلی و همکاران (۵) در بین مناطق خاک لخت نیز، مناطق نزدیک به آبراهه‌ها و محل تمرکز جریان را دارای اولویت بالاتری دانستند.

تنها حوزه معرف زوجی استان کردستان، ایستگاه تحقیقاتی فرسایش و رسوب اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان است که به نام حوزه معرف زوجی خامسان، سالانه بالغ بر ۶۵۰ هزار داده شامل پارامترهای مختلف اقلیمی، فرسایش خاک و عوامل محیطی را ثبت می‌نماید (۲۲). در تحقیقی در حوزه معرف زوجی خامسان (۱۶)، تأثیر الگوهای بارش بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس کرت‌های استاندارد بررسی شده است. این محققین از وقایع ثبت شده طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ استفاده نمودند و با توجه به شاخص الگوی بارش، کلیه رگبارهای ثبت شده را به دو الگوی زمانی تفکیک نمودند. براساس نتایج حاصله، تفاوت معنی‌داری بین مقدار رواناب، ضریب رواناب، بار رسوب و غلظت رسوب در دو الگوی مختلف بارش گزارش شد.

علی‌الرغم هزینه بالا برای ایجاد و داده‌برداری از ۱۸ کرت فرسایشی در حوزه معرف زوجی خامسان، تاکنون مطالعات دقیقی در مورد اثرات قرق و جهت دامنه بر مقادیر رواناب و رسوب اندازه‌گیری شده در کرت‌ها انجام نشده است. بر این اساس، هدف از این تحقیق مقایسه مقادیر رواناب و رسوب ناشی از وقایع بارش ثبت شده بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ در کرت‌های نصب شده و مورد پایش حوزه معرف زوجی خامسان تحت تاثیر شرایط قرق و تیمارهای متعدد جهت دامنه‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر بر روی داده‌های ۱۸ کرت (دارای ابعاد مشابه کرت استاندارد معادله جهانی هدررفت خاک) واقع در زیرحوزه‌های نمونه و شاهد حوزه معرف زوجی خامسان در جنوب استان کردستان انجام گرفت. حوزه آبخیز معرف خامسان با مساحت ۴۳۳۷/۲۷ هکتار در ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان کامیاران- استان کردستان قرار دارد. زیرحوزه‌های نمونه و شاهد به ترتیب با مساحت‌های حدود ۹۶/۰۸ و ۱۰۳/۴۹ هکتار در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز معرف خامسان قرار گرفته‌اند. اوسطی (۲۳) به بررسی میزان تشابه فیزیوگرافی حوزه‌های زوجی خامسان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته است و بیان نمود که تشابه بسیار بالایی بین دو حوزه شاهد و نمونه وجود دارد. این تشابه در مورد خصوصیات ارتفاعی حوزه بی‌نظیر بوده و مساحت و محیط حوزه همانند ضرایب شکل و طول حوزه اندک اختلافی را نشان دادند. هر دو حوزه در سیستم رتبه بندی استراهلر، حوزه‌های رتبه سه بوده و نسبت انشعاب در حوزه نمونه ۳/۵ و در حوزه شاهد ۳/۱۷ است. همچنین تراکم زهکشی و ضریب ناهمواری در حوزه شاهد اندکی بزرگتر از حوزه نمونه می‌باشد. در جدول ۱ برخی از مشخصات فیزیوگرافی زیرحوزه‌های نمونه و شاهد و حوزه آبخیز خامسان ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی زیرحوزه‌های نمونه و شاهد

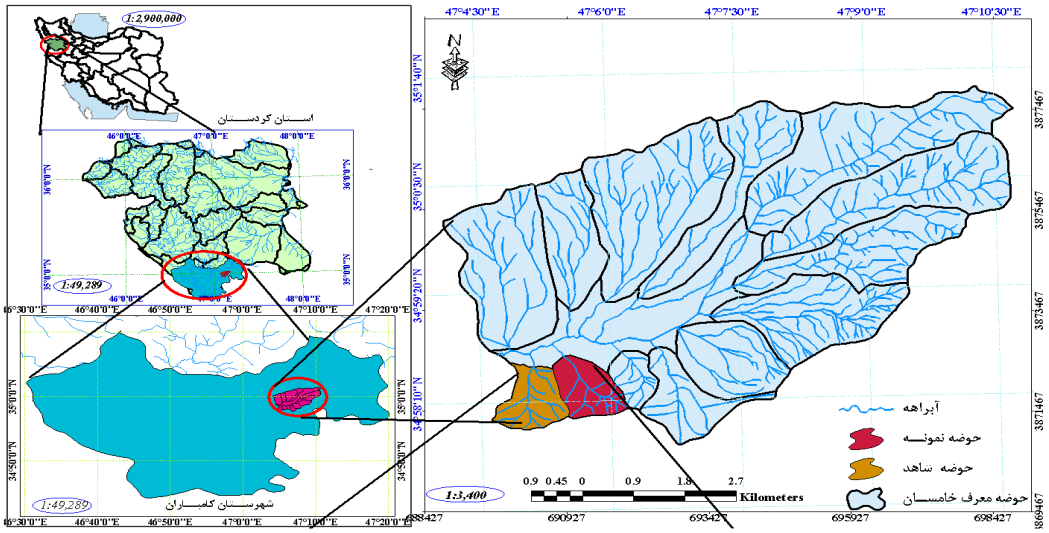
Table 1. Physiographical characteristics of sample and control subwatersheds

ویژگی‌های فیزیوگرافی	حوزه معرف خامسان	زیرحوزه نمونه (قرق)	زیرحوزه شاهد (غیرقرق)
مساحت (km^2)	۴۳/۳۷	۰/۹۶	۱/۰۳
محیط (km)	۳۰/۲۵	۴/۲۶	۴/۳۹
ارتفاع حداکثر (m)	۲۳۷۸	۱۸۲۶	۱۸۲۳
ارتفاع حداقل (m)	۱۵۸۰	۱۶۱۷	۱۶۱۰
ارتفاع متوسط (m)	۱۹۳۶/۲۷	۱۷۰۵	۱۷۰۲

زیرحوزه نمونه تحت شرایط قرق و انجام دیگر اقدامات آبخیزداری در دامنه‌ها و آبراهه‌ها بوده در حالیکه در زیرحوزه شاهد هیچ‌گونه عملیات حفاظت آب و خاک انجام نشده است و صرفاً برای مقایسه اثر اقدامات آبخیزداری با زیرحوزه نمونه مورد پایش قرار گرفته است. موقعیت دو زیرحوزه نمونه و شاهد و موقعیت کرت‌های استاندارد معادله جهانی هدررفت خاک در زیرحوزه‌های نمونه و شاهد به ترتیب در اشکال ۱ و ۲ ارائه شده است. در هر یک از زیرحوزه‌های نمونه و شاهد، ۹ کرت (واقع در سه جهت دامنه متفاوت و با سه تکرار در هر جهت) قرار گرفته است و اعمال قرق در کرت‌های زیرحوزه نمونه از سال ۱۳۸۶ آغاز شده است.

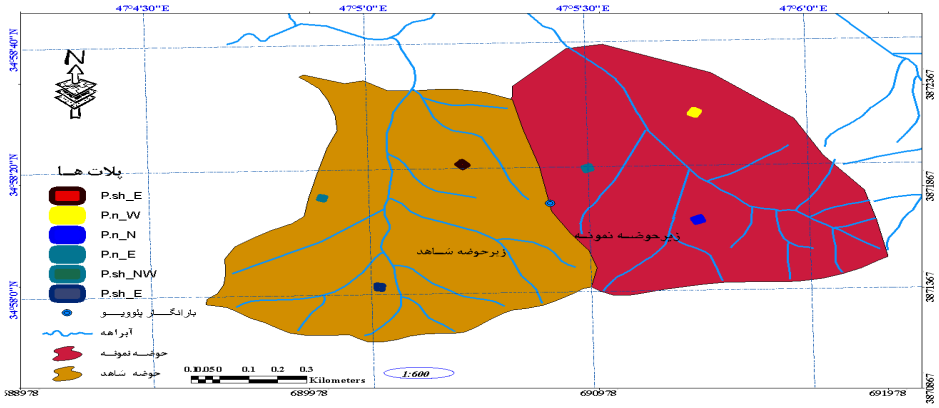
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]



شکل ۱- موقعیت حوزه معرف زوجی خامسان و زیرحوزه‌های نمونه و شاهد آن در استان کردستان، ایران (اعداد مختصات در حاشیه‌های بالا و راست براساس سیستم مختصات UTM و اعداد مختصات در حاشیه‌های پایین و چپ براساس سیستم مختصات جغرافیایی می‌باشد)

Figure 1. Geographical location of the Khamsan paired watershed and its sample and control subwatersheds in Kurdistan province, Iran (coordinates values in the top and right sides of the map are based on Universal Transverse Mercator while the coordinate's values in the bottom and left sides are based on Geographic Coordinate System)



شکل ۲- موقعیت کرت‌های استاندارد معادله جهانی هدررفت خاک در زیرحوزه‌های نمونه و شاهد (اعداد مختصات در حاشیه‌های بالا و راست براساس سیستم مختصات UTM و اعداد مختصات در حاشیه‌های پایین و چپ براساس سیستم مختصات جغرافیایی می‌باشد)

ملاحظات: در هر زیر حوزه ۹ کرت (بصورت سه تکرار در سه جهت دامنه مختلف) مورد پایش قرار گرفته است.

Figure 2. Location of USLE standard plots in sample and control subwatersheds (coordinates values in the top and right sides of the map are based on Universal Transverse Mercator while the coordinate's values in the bottom and left sides are based on Geographic Coordinate System)

Notes: Nine plots (triple plots in three different aspects) monitored in each subwatershed



(b) (ب) (a) (الف)

شکل ۳- نمایی از کرت‌های استاندارد فرسایش (الف) و نمایی از تجمع رواناب و رسوب در مخزن کرت (ب)

Figure 3. A view of USLE standard plots (a) and sediment and runoff collection by the reservoir

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

داده‌برداری و روش‌های آماری آنالیز داده‌ها

در این تحقیق، داده‌های ثبت شده بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ مورد پایش قرار گرفت. مقادیر رواناب و رسوب حاصل از وقایع متعدد بارش، در انتهای کرت‌های استاندارد مستقر در هر دو زیرحوزه شاهد و نمونه اندازه‌گیری شده است. در هر زیرحوزه، نه کرت استاندارد به تفکیک در سه تکرار و در تیمارهای سه گانه جهت دامنه نصب شده‌اند. با توجه به محدودیت‌های محیطی، کرت‌های نمونه در راستاهای غربی، شمالی و شرقی و کرت‌های شاهد در راستاهای شمالغربی، شمالی و شرقی احداث شده‌اند. بنابراین پس از هر واقعه بارش، در مجموع داده‌برداری از ۱۸ کرت صورت گرفت. طول کرت‌ها ۲۲/۱۳ متر و عرض آن‌ها ۱/۸۳ متر است که برابر با ابعاد کرت‌های استاندارد معادله جهانی هدررفت خاک می‌باشد و شیب طولی کرت‌ها بین ۲۹ تا ۴۲ درصد متغیر بود. مخازن تعبیه شده برای جمع‌آوری رواناب و رسوب در خروجی کرت‌ها دارای ۱/۵ متر طول، ۱ متر عرض و ۰/۵ متر ارتفاع بودند و در نتیجه حجم کل هر مخزن ۷۵۰ لیتر بود (شکل ۳). رواناب سطحی و ذرات خاک شسته شده با آن در جهت شیب حرکت نموده و در مخازن انتهای کرت‌ها تجمع می‌یابند (شکل ۳). پس از خاتمه هر واقعه بارندگی، ارتفاع رواناب تجمع یافته در مخزن هر کرت اندازه‌گیری شده و سپس حجم رواناب و ارتفاع رواناب حاصل از بارش محاسبه شد. ضریب رواناب هر واقعه بارش نیز براساس تقسیم حجم رواناب آن واقعه در انتهای کرت به حجم بارش وارده به آن کرت محاسبه شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری مقادیر غلظت رسوب، رواناب و رسوب درون مخازن کاملا بهم‌زده شده و نمونه رواناب و رسوب برداشت گردید. نمونه‌های برداشت شده در اولین فرصت به آزمایشگاه انتقال داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در حال سکون قرار گرفتند. سپس با استفاده از روش تخلیه (۲۴)، آب اضافی از نمونه‌های رسوب جداسازی شد. ذکر این نکته ضروری است که نمونه‌های رسوب تغلیظ شده به روش کاغذ صافی و ترازوی با دقت کمتر از ۰/۰۰۱ گرم آنالیز شدند. در نهایت، مقدار رسوب هر کرت با توجه به حجم نمونه، حجم رواناب و غلظت رسوب برای هر واقعه بارش محاسبه گردید.

جهت بررسی اثر قرق و جهت دامنه بر مقادیر رواناب و رسوب، داده‌های بارش ثبت شده حاصل از ۵۱ واقعه بارندگی بین سال‌های ۲۰۱۴ – ۲۰۰۹ و رواناب و رسوب مربوط به هر واقعه در ۱۸ کرت حوزه‌های زوجی خامسان از نظر آماری آنالیز شدند. در اولین گام، پایگاه داده‌ای تشکیل و داده‌ها کنترل گردید و داده‌های مشکوک جهت بررسی بیشتر تفکیک شدند. در بیشتر موارد این داده‌ها، داده‌های استثنایی ناشی از وقایع بارش با دوره بازگشت بالا بودند و در مجموعه داده‌ها حفظ شدند و در مواردی اعداد اشتباه از مجموعه داده‌ها حذف گردید. در گام نخست با استفاده از آزمون‌های کولموگروف – اسمیرنوف و لیون به ترتیب توزیع نرمال داده‌ها (باقیمانده‌ها) و همگنی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اثر بارش بر مقادیر رواناب و رسوب، وقایع بارش به عنوان یک منبع تغییر در نظر گرفته شده است و اثر کلی تغییر در خصوصیات بارش بررسی شده است اما بررسی خصوصیات متعدد بارندگی و شرح اثرات مقدار بارش، شدت متوسط بارش، شدت حداکثر و ... هدف تحقیق نبوده و بنابراین نتایج بررسی تفکیکی وقایع بارش در این مقاله ارائه نشده است. با توجه به اعمال دو حالت وجود یا عدم وجود قرق در چهار وضعیت جهت دامنه (شمالی، شرقی، غربی و شمال غربی) و احتمال وجود اثرهای متقابل، از آزمون آماری فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی استفاده گردید (۲۷) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. آزمون آماری فاکتوریل فرض برابری میانگین‌های جامعه را در حالتی بررسی می‌نماید که گروه‌بندی مشاهدات بوسیله دو یا بیش از دو متغیر عامل صورت گرفته باشد. اگر y را یک متغیر وابسته (مانند میزان متوسط رواناب حاصل از ۵۱ واقعه ثبت شده) در نظر بگیریم، در آنالیز فاکتوریل بایستی مشاهدات براساس ترکیب‌های مختلف متغیرهای کلاس‌بندی [در این مطالعه شامل وقایع بارش، قرق یا عدم قرق (A) و جهات چهارگانه دامنه (B)] به n گروه تقسیم شوند و گروه‌های مختلف از نظر آماری با هم مقایسه گردند. آنالیز آماری داده‌ها در نرم افزار SAS 9.1.3 (۲۶) انجام شد و برای آنالیز اثرات متقابل از دستور PDIFF و برای بررسی همبستگی بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات آماری متغیرهای حجم رواناب، ضریب رواناب، متوسط غلظت رسوب و مقدار رسوب حاصل از ۵۱ رگبار ثبت شده بین سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ به تفکیک کرت‌های واقع در حوزه‌های نمونه (تحت قرق) و شاهد (تحت چرای دام) در جدول ۲ ارائه شده است. در کل مقادیر متوسط همه متغیرهای حجم رواناب، ضریب رواناب، متوسط غلظت رسوب و مقدار رسوب در حوزه شاهد بیشتر از حوزه نمونه بود بطوریکه ضریب رواناب در حوزه نمونه (تحت قرق) ۴/۲۱ درصد و در حوزه شاهد (تحت چرای دام) ۴/۷۱ درصد و متوسط رسوب تولیدی کرت‌ها در رگبارهای مورد بررسی در حوزه شاهد حدود ۱۵ درصد بیشتر از حوزه نمونه بود. این اعداد نشان‌دهنده تاثیر مثبت عمل قرق بر کرت‌های حوزه نمونه از طریق تقویت پوشش گیاهی می باشد در حالیکه بهم‌ریختگی و تخریب خاک بر اثر حرکت دام در زیر حوزه شاهد اثرات منفی بر مقادیر رواناب و رسوب داشته است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

جدول ۲ – خصوصیات آماری متغیرهای مورد بررسی به تفکیک زیرحوزه‌های نمونه و شاهد

Table 2.Statistical characteristics of studied variables for sample and control subwatersheds

	متغیرها	حجم رواناب کرت (lit)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت رسوب (gr/lit)	رسوب کرت (gr)		متغیرها	حجم رواناب کرت (lit)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت رسوب (gr/lit)	رسوب کرت (gr)
کرت‌های نمونه	میانگین	۳۶/۷۹	۴/۲۱	۰/۵۹	۲۱/۵۶	کرت‌های شاهد	میانگین	۴۰/۵۹	۴/۷۱	۰/۶۵	۲۵/۲۸
	حداقل	۰/۴۹	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۵		حداقل	۵/۵۵	۰/۴۶	۰/۰۷	۰/۷۱
	حداکثر	۱۵۷/۵۰	۲۸/۰۸	۷/۳۰	۳۱۵/۳۶		حداکثر	۱۵۴/۰۵	۳۹/۵۷	۵/۷۶	۴۰۰/۰۳
	انحراف از معیار	۲۲/۱۸	۳/۶۸	۰/۷۴	۳۳/۶۷		انحراف از معیار	۲۴/۴۷	۴/۲۹	۰/۶۷	۳۵/۸۵
	ضریب تغییرات	۰/۶۰	۰/۸۸	۱/۲۵	۱/۵۶		ضریب تغییرات	۰/۶۰	۰/۹۱	۱/۰۴	۱/۴۲

براساس نتایج آزمون‌های کولموگروف – اسمیرنوف و لیون، توزیع نرمال متغیر داده‌ها (باقیمانده‌ها) و همگنی واریانس متغیر وابسته بین گروه‌های مختلف تایید گردید. از این رو آزمون آماری فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی برای بررسی تاثیر شرایط قرق، جهت دامنه و اثرات متقابل شرایط قرق در جهت دامنه بر حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب انجام گرفت که نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ خلاصه شده است. براساس نتایج حاصله از آزمون فاکتوریل، شرایط قرق و تفاوت در جهت دامنه اثر معنی‌داری بر تولید رواناب داشت اما اثر قرق و تفاوت در جهت دامنه بر غلظت رسوب و میزان رسوب، در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر مقادیر میانگین حجم رواناب، ضریب رواناب و مقدار رسوب در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر غلظت متوسط رسوب در سطح ده درصد معنی دار شد. لازم به ذکر است که کرت‌های حوزه نمونه (تحت شرایط قرق) در سه وضعیت جهت دامنه غربی، شمالی، و شرقی و کرت‌های شاهد (فاقد قرق) در سه وضعیت جهت دامنه شمالی، شرقی و شمال‌غربی واقع شده‌اند. بنابراین با توجه به تکرار دو نوع جهت دامنه شرقی و شمالی در دو حالت قرق و عدم قرق و رابطه (۱ – تعداد تیمارهای قرق) در (۱– تعداد تیمارهای جهت) = درجه آزادی اثرات متقابل، درجه آزادی اثرات متقابل قرق در جهت دامنه برابر ۱ خواهد بود.

نکته قابل ذکر دیگر معنی‌داری اثر خصوصیات بارش بر هر چهار متغیر میانگین حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب می‌باشد اما با توجه به تعدد ویژگی‌های هر واقعه بارش (اعم شدت بارش در پایه‌های زمانی متفاوت، شدت متوسط بارش، مقدار بارش، الگوی بارش و ...) و هدف تحقیق، اثرات تفصیلی ویژگی وقایع بارندگی بررسی نشد. نتایج حاصل از آزمون دانکن برای گروه‌بندی جهات دامنه (جدول ۴) نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین مقادیر حجم رواناب و ضریب رواناب کرت‌های واقع در جهت شمال‌غربی با کرت‌های واقع در جهت شمالی است و به ترتیب جهات دامنه بصورت شمالی>شرقی>غربی> شمال‌غربی در تولید رواناب ردیف می‌شوند با این حال، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین داده‌های حجم رواناب و ضریب رواناب کرت‌های دامنه غربی با کرت‌های واقع در سایر جهات مشاهده نشد.

جدول ۳ – نتایج تجزیه واریانس مقادیر میانگین حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب در رابطه با شرایط قرق و جهت دامنه و اثرات متقابل وضعیت قرق در جهت دامنه در آزمایش فاکتوریل

Table 3. The results of Factorial test for comparing mean runoff volume, runoff coefficient, sediment concentration and sediment yields values in different aspects and enclosure conditions as well as for searching the possible interaction effects of enclosure and aspect on these variables

منبع تغییرات	درجه آزادی	F حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)	مقدار رسوب (گرم)
وقایع بارش	۵۰	۴۲/۰۷**	۶۷/۱۶**	۱۱/۲۸**	۱۲/۴۳**
قرق (A)	۱	۳۴/۱۲**	۲۵/۹۳**	۰/۱۱ns	۲/۳۳ns
جهت دامنه (B)	۳	۹/۱۰**	۷/۷۶**	۰/۶۷ns	۰/۹۵ns
اثر متقابل AB	■۱	۶۵/۶۱**	۳۰/۱۲**	۳/۳۰ns	۱۱/۳۳**

**، * و ns به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ خطا، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ خطا و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

■ با توجه به اینکه جهت دامنه غربی (حوزه نمونه) در وضعیت عدم اعمال قرق و جهت دامنه شمال‌غربی (حوزه شاهد) در وضعیت قرق وجود ندارند، درجه آزادی اثرات متقابل قرق در جهت دامنه براساس دو وضعیت قرق و عدم قرق و دو جهت دامنه (شرقی و شمالی) محاسبه و لحاظ می‌شود و از این روست که درجه آزادی اثرات متقابل قرق در جهت دامنه برابر ۱ می‌باشد.

جدول ۴ – نتایج آزمون دانکن برای مقایسه مقادیر میانگین حجم رواناب (لیتر) و مقادیر میانگین ضریب رواناب (درصد) تحت تاثیر جهت دامنه

Table 4.The results of Duncan test for comparing mean runoff volume (lit) and runoff coefficient (%) values of different aspects

متغیر مورد بررسی	جهت شمالی	جهت شرقی	جهت غربی	جهت شمال‌غربی
میانگین حجم رواناب (لیتر)	۳۹/۸۳a	۳۸/۹۶ab	۳۷/۶۱ab	۳۶/۵۲b
میانگین ضریب رواناب (درصد)	۴/۶۱a	۴/۵۸a	۴/۲۶ab	۴/۰۷b

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

نتایج بررسی اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب و مقدار رسوب در جدول ۵ ارائه شده است. اثرات متقابل با روند تقریبا مشابهی بر مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب و مقدار رسوب موثر بوده‌اند. مقادیر رسوب تحت تاثیر همزمان غلظت متوسط رسوب و حجم رواناب می‌باشد و بر این اساس اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر مقادیر رسوب تحت تاثیر غلظت متوسط رسوب متفاوت از اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر حجم رواناب و ضریب رواناب بود. همانگونه که پیش‌تر بیان شد (جدول ۳) اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر غلظت متوسط رسوب معنی‌دار نشد با این حال جهت قیاس عددی ترکیب اثرات قرق و جهت دامنه بر مقادیر غلظت متوسط رسوب، اعداد مربوطه در جدول ۵ ارائه گردید.

نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب و غلظت متوسط رسوب با مقادیر رسوب (جدول ۶) نشان می‌دهد که مقادیر رسوب دارای همبستگی بالاتری با مقادیر غلظت متوسط رسوب می‌باشند و به مراتب ضریب همبستگی پایین‌تری را با حجم رواناب و ضریب رواناب نشان می‌دهند. این یافته، نتایج حاصل از آنالیز اثرات متقابل قرق در جهت دامنه را تایید می‌نماید. همچنین ماتریس همبستگی بین مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب به تفکیک کرت‌های شاهد و قرق تشکیل گردید (جداول ۷ و ۸) که اعداد بسیار نزدیکی را با داده‌های جدول ۶ ارائه دادند.

جدول ۵ – اثرات متقابل قرق در جهت دامنه بر مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب (اعداد داخل پرانتز اشتباه معیار هستند)

Table 5. Interaction effects of enclosure and aspect on runoff volume, runoff coefficient, sediment concentration and sediment yields (the values in the parenthesis are standard errors)

جهت دامنه	شرایط قرق	حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)	مقدار رسوب (گرم)
غربی	قرق	۳۷/۵۴ (± ۱/۰۲)^{bc}	۴/۲۵ (± ۰/۱۵)^{bc}	۰/۵۵ (± ۰/۰۵)^{a}	۱۹/۶۱ (± ۲/۲۲)^{c}
شمالی	قرق	۳۲/۵۲ (± ۱/۰۲)^{d}	۳/۸۵ (± ۰/۱۵)^{c}	۰/۵۷ (± ۰/۰۵)^{a}	۱۸/۹۲ (± ۲/۲۱)^{c}
شرقی	قرق	۴۰/۰۶ (± ۱/۰۳)^{b}	۴/۵۹ (± ۰/۱۵)^{b}	۰/۶۶ (± ۰/۰۵)^{a}	۲۶/۴۶ (± ۲/۲۲)^{ab}
شمالی	شاهد	۴۶/۹۸ (± ۱/۰۲)^{a}	۵/۴۴ (± ۰/۱۵)^{a}	۰/۶۷ (± ۰/۰۵)^{a}	۲۹/۹۲ (± ۲/۲۲)^{a}
شرقی	شاهد	۳۷/۷۲ (± ۱/۰۸)^{bc}	۴/۵۳ (± ۰/۱۶)^{b}	۰/۵۹ (± ۰/۰۵)^{a}	۲۲/۳۳ (± ۲/۳۳)^{bc}
شمال‌غربی	شاهد	۳۵/۸۱ (± ۱/۰۶)^{c}	۴/۰۹ (± ۰/۱۵)^{c}	۰/۶۷ (± ۰/۰۵)^{a}	۲۲/۶۰ (± ۲/۳۰)^{bc}

جدول ۶ – ماتریس همبستگی پیرسون (R) بین متغیرهای رواناب و رسوب در کل ۱۸ کرت قرق و شاهد

Table 6. Pearson correlation matrix (R) between sediments and runoff variables of all 18 plots of enclosure and control subwatersheds

	حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)	مقدار رسوب (گرم)
حجم رواناب (لیتر)	۱	۰/۱۲	-۰/۰۳	۰/۳۲
ضریب رواناب (درصد)		۱	-۰/۳۲	۰/۰۲
غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)			۱	۰/۸۵
مقدار رسوب (گرم)				۱

جدول ۷ – ماتریس همبستگی پیرسون (R) بین متغیرهای رواناب و رسوب در کرت‌های قرق

Table 7. Pearson correlation matrix (R) between sediments and runoff variables of enclosure subwatersheds

	حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)	مقدار رسوب (گرم)
حجم رواناب (لیتر)	۱	۰/۰۸	۰/۳۰	-۰/۰۱
ضریب رواناب (درصد)		۱	۰/۰۱	۰/۰۳
غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)			۱	۰/۸۹
مقدار رسوب (گرم)				۱

جدول ۸ – ماتریس همبستگی پیرسون (R) بین متغیرهای رواناب و رسوب در کرت‌های شاهد

Table 8. Pearson correlation matrix (R) between sediments and runoff variables of control subwatersheds

	حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب (درصد)	غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)	مقدار رسوب (گرم)
حجم رواناب (لیتر)	۱	۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۳۴
ضریب رواناب (درصد)		۱	-۰/۰۸	۰/۰۱
غلظت متوسط رسوب (گرم بر لیتر)			۱	۰/۸۱
مقدار رسوب (گرم)				۱

استفاده از حوزه‌های زوجی یکی از روش‌های مناسب در درک عینی و مقایسه میزان کارایی عملیات اصلاحی در کنترل رواناب و رسوب می‌باشد (۱۴). همچنین داده‌های جمع‌آوری شده از کرت‌های استاندارد حوزه‌های زوجی، می‌تواند در کالیبراسیون مدل‌های فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار گیرد (۱۵). در حوزه معرف زوجی خامسان به عنوان تنها حوزه معرف زوجی استان کردستان– اقدامات متعدد آبخیزداری در دامنه‌ها و آبراهه‌های زیرحوزه نمونه در

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

سال ۱۳۸۶ انجام گرفت در حالیکه در زیرحوزه شاهد هیچ گونه عملیات حفاظت آب و خاک انجام نشده است و صرفاً برای مطالعه اثر اقدامات آبخیزداری و مقایسه با زیرحوزه نمونه پایش شده است. در کرت‌های استاندارد حوزه نمونه، قرق به عنوان عملیات اصلاحی مد نظر قرار گرفته است. با توجه به نقش قرق در حاصلخیزی خاک (۶،۷،۲۱) و احیای پوشش گیاهی، تحقیق کنونی به بررسی اثر قرق بر رواناب و رسوب ناشی از ۵۱ واقعه بارش ثبت شده بین سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۹ پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که تولید رواناب و رسوب در حوزه نمونه (تحت قرق) کمتر از حوزه شاهد (تحت چرا) بود و قرق و احیای پوشش گیاهی اثر معنی‌داری بر تولید رواناب داشت (مشابه نتایج پژوهش‌های ۳،۵،۱۰،۱۲،۱۴،۲۹،۳۰،۳۱). جهت دامنه نیز دارای اثر معنی داری بر تولید رواناب بود (مشابه نتایج پژوهش‌های ۲ و۲۴). بیشترین رواناب در کرت‌های قرق واقع در دامنه شمالی تولید شده است و از نظر تولید رواناب به ترتیب دامنه‌های شمالی>شرقی>غربی> شمال‌غربی لیست شدند. عدم اختلاف معنی‌دار در حجم رواناب و رسوب دامنه شرقی حوزه شاهد نسبت به دامنه شرقی حوزه نمونه را می‌توان ناشی از موقعیت کرت‌های دامنه شرقی حوزه شاهد دانست زیرا موقعیت کرت‌ها به گونه‌ای است که کمتر در معرض چرای دام قرار گرفته است و تا حدی حالتی مشابه قرق داشته است. همچنین بافت خاک در این دامنه سبک‌تر است که ضمن کمک به افزایش نفوذپذیری، مانند لایه ای محافظ در مقابل قطرات باران عمل نموده و باعث فرسایش کمتر در کرت‌های دامنه شرقی حوزه شاهد شده‌اند.

آنالیز آماری داده‌های ۵۱ واقعه ثبت شده نشان داد که خصوصیات بارندگی، جهت دامنه و اعمال قرق و احیای پوشش گیاهی بر میزان فرسایش و رسوب اثرات تعیین کننده‌ای دارند. علیرغم اثر معنی‌دار خصوصیات بارش بر همه متغیرهای مورد بررسی، با این حال با توجه به تعدد ویژگی‌های هر واقعه بارش و هدف متفاوت این تحقیق، اثرات تفصیلی ویژگی وقایع بارندگی بررسی نشد و جهت بررسی دقیق نقش قرق و جهت دامنه، داده‌ها هر واقعه متفاوت از واقعه دیگر و در کلاس مجزایی قرار گرفت (بارش به عنوان یکی از منابع تغییر در نظر گرفته شد – جدول ۳). تعیین موثرترین ویژگی‌های بارش در تولید رواناب و رسوب می‌تواند در تحقیقات آتی مد نظر قرار گیرد. براساس مطالعه قبلی انجام شده در حوزه‌های زوجی خامسان (۱۶)، الگوی بارش بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس کرت‌ها موثر دانسته شده است اما ممکن است متغیرهایی مانند شدت بارش دارای اهمیت بالاتری باشند که البته شدت بارش نیز در پایه‌های زمانی متفاوت قابل بررسی است. در مطالعات قبلی انجام شده در حوزه‌های زوجی کشور (۱۲) همبستگی بالایی بین تاج پوشش گیاهی و شدت بارندگی با تولید رواناب گزارش شد.

اعمال قرق با احیای پوشش گیاهی و افزایش نفوذپذیری، بیلان آبی را تغییر داده و باعث کاهش هدررفت خاک و استفاده بهتر از منابع آب می‌شود. اثر قرق بر مقادیر حجم رواناب، ضریب رواناب، غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب کرت‌های استاندارد مورد بررسی به ترتیب معادل ۹/۳۵، ۱۰/۷۳، ۸/۴۶ و ۱۴/۷۳ درصد بود هر چند در مورد غلظت متوسط رسوب و مقدار رسوب، این اثر از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به همبستگی بالای مقادیر رسوب با غلظت متوسط رسوب نسبت به همبستگی بین مقادیر رسوب و حجم رواناب (یا ضریب رواناب)، به نظر می‌رسد مقادیر رسوب بیشتر تحت تاثیر غلظت متوسط و عوامل موثر بر آن قرار دارند. این امر می‌تواند نشان دهنده تفاوت در مکانیسم‌های موثر در تولید رسوب نسبت به تولید رواناب باشد. به عنوان مثال با تغییر شدت و مدت بارش، تغییر در مقادیر رواناب و رسوب الزاما هم راستا و دارای شدت یکسانی نخواهد بود. همچنین تغییر در وضعیت عوامل موثر بر تولید رواناب و رسوب می‌تواند از طریق تغییر در رابطه رواناب– رسوب، نرخ تولید رسوب را بصورت نامنظم تغییر دهد. بهرحال، این فرضیه نیاز به بررسی‌های بیشتری در زمینه تعیین اثر خصوصیات بارش بر مقادیر رواناب و رسوب دارد.

نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های عملیات اصلاحی آتی و در تعیین نقش قرق و جهت دامنه بر کاهش تولید رواناب و رسوب مورد استفاده قرار گیرد و دیدگاه علمی مناسبی را در مورد نقش قرق و احیای پوشش گیاهی در حفاظت از منابع آب و خاک ترسیم نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از تمامی کسانی که در امر مدیریت و پایش علمی و اجرایی حوزه آبخیز معرف زوجی خامسان فعالیت داشته و دارند، تقدیر و تشکر نمایند. داده‌برداری تحت نظارت اداره کل منابع طبیعی استان کردستان و توسط متصدی ایستگاه خامسان انجام می‌گیرد. در این راستا، از جناب آقایان محمد شرافتی و حمید الیاسی (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور)، فرهنگ سعیدی (اداره کل منابع طبیعی استان کردستان) و رضا علی مرادی (قرق‌بان و نگهبان حوزه) برای ارائه خدمات علمی و اجرایی و مساعدت در آماربرداری، تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

منابع

1. Aghajantabar Ali, H., M. Mohseni Saravi and M.R. Chaichi and Gh. Heidari. 2015. Grazing Pressure Effect on Soil Physical and Chemical Characteristics and Vegetation Cover in Vaz Watershed, Mazandaran Province. Journal of Watershed Management Research, 6(11): 111-123 (In Persian).
2. Ahmadi Iikhchi, A., M.A. Hajabbassi and A. Jalalian. 2003. Effects of converting range to dry-farming land on runoff and soil loss and quality in Dorahan, Chaharmahal & Bakhtiari province. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural resources), 6 (4): 103-115 (In Persian).
3. Andreu, V., J.L. Rubio, E. Gimeno-Garcıa and J.V. Llinares. 1998. Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. Soil & Tillage Research, 45: 441-454.
4. Bartley, R., A. Hawdon, D.A. Post and C.H. Roth. 2007. A sediment budget in a grazed semi-arid catchment in the Burdekin basin, Australia. Geomorphology, 87: 302-321.
5. Bartley, R., J.P. Corfield, B.N. Abbott, A.A. Hawdon, S.N. Wilkinson and B. Nelson. 2010. Impacts of improved grazing land management on sediment yields, Part 1: Hillslope processes. Journal of Hydrology, 389: 237-248.
6. De Baets, S., J. Poesen, G. Gyssels and A. Knapen. 2006. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. Geomorphology, 76: 54-67.
7. Descheemaecker, K., J. Nyssen, J. Rossi, J. Poesen, M. Haile, D. Raes, B. Muys, J. Moeyersons and S. Deckers. 2006. Sediment deposition and pedogenesis in exclosures in the Tigray highlands, Ethiopia. Geoderma, 132: 291-314.
8. Fabricius, K.E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. Marine Pollution Bulletin, 50: 125-146.
9. Fabricius, K.E., G. De'ath, L. McCook, E. Turak and D.M. Williams. 2005. Changes in algal, coral and fish assesmblages along water quality gradients on the inshore Great Barrier Reef. Marine Pollution Bulletin, 51: 384-398.
10. Garcia-Estringana, P., N. Alonso-Blázquez, M.J. Marques, R. Bienes, F. González-Andrés and J. Alegre. 2013. Use of Mediterranean legume shrubs to control soil erosion and runoff in central Spain. A large-plot assessment under natural rainfall conducted during the stages of shrub establishment and subsequent colonisation, Catena, 102: 3-12.
11. Gyssels, G., J. Poesen, E. Bochet and Y. Li. 2005. The impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a critical review. Progress in Physical Geography, 29 (2): 189–217.
12. Hematzadeh, Y., H. Barani and A. Kabir. 2009. The role of vegetation management on surface runoff (case study: Kechik catchment in north-east of Golestan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 16(2): 19-33 (In Persian).
13. Holt, J.A., K.L. Bristow and J.G. McIvor. 1996. The effects of grazing pressure on soil animals and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. Australian Journal of Soil Research, 34: 69-79.
14. Huang, M., J. Gallichand and P. Zhang. 2003. Runoff and sediment responses to conservation practices: Loess plateau of China. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 39(5): 1197-1207.
15. Kargar M., M.R. Javadi, S.A.A. Hashemi and M. Mohammad Ebrahimi. 2016. Efficiency of USLE and some it's Variations for Storm-Wise Sediment Yield in Semi-arid Ranges (Case Study: Margsar Anistitiue of Semnan). Journal of Watershed Management Research, 7(13): 263-271 (In Persian).
16. Kavian, A. and M.A. Mohammadi. 2012. Effect of Rainfall Type on Runoff and Sediment Yeild in Plot Scale. Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, 65(1): 117-130 (In Persian).
17. McCulloch, M., S. Fallon, T. Wyndham, E. Hendy, J. Lough and D. Barnes. 2003. Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European Settlement. Nature, 421: 727-730.
18. McIver, J.D. and M.L. McInnis. 2007. Cattle grazing effects on macroinvertebrate in an Oregon Mountain Stream. Rangeland Ecology and Management, 60(3): 293-303.
19. McKeon, G.M., W.B. Hall, B.K. Henry, G.S. Stone and I.W. Watson, Eds. 2004. Pasture Degradation and Recovery in Australia's Rangelands: Learning from history. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy, Brisbane, Australia.
20. Mingguo, Zh. C. Qiangguo and Ch. Hao. 2007. Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China. Acta Ecologica Sinica, 27(9): 3572-3581.
21. Mureithi, S.M., A. Verdoodti, Ch. Gachene, J.T. Njoka, V.O. Wasonga, S. De Neve, E. Meyerhoff and E. Van Ranst. 2014. Impact of enclosure management on soil properties and microbial biomass in a restored semi-arid rangeland, Kenya. Journal of Arid Land, 6(5): 561-570.
22. Official website of Natural Resources and Watershed Management Office, Kurdistan Province, Accessed 02, August 2016, available online at http://www.kordestan.frw.org.ir/00/Fa/News/News.aspx?nwsId=38979 (In Persian).
23. Osati, Kh. 2016. Evaluation of Physiographic similarity of paired watersheds of Khamsan using Geographic Information System (GIS). 6th National Conference on Water Resources Management, 20-22 April 2016, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (In Persian).
24. Sadeghi, H.R., M. Bashari Seghaleh and A.S. Rangavar. 2013. Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. Catena, 102: 55-61.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

25. Sadegi, H.R., H.R. Pourghasemi, M. Mohammadi and H.A. Agharazi. 2008. Applicability of rainfall and runoff variables in estimation of storm-wise sediment yield from experimental plots with different land uses. Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology), 22(1): 113-122 (In Persian).
26. SAS Institute Inc. 2003. SAS 9.1.3, Cary, NC, USA.
27. Soltani, A. 2007. Application of SAS (statistical analysis software) for agricultural fields. Jahad-e Daneshgahi, Mashhad, 182 pp.
28. Vidon, P., M.A. Campbell and M. Gray. 2008. Unrestricted cattle access to streams and water quality in till landscape of the Midwest. Agricultural Water Management, 95(3): 322-330.
29. Xu, J., P.L. Liu, N.N. Zhang and L.F. Chen. 2013. Runoff and sediment responses to rainfall intensity in different vegetation restoration stages on the Loess Plateau of China. Journal of Food, Agriculture & Environment, 11(3&4): 1735-1738.
30. Yuanshou, L., W. Genxu, Q. Dahe, Zh. Lin and D. Yongjian. 2008. Study on the runoff and sediment-producing effects of precipitation in headwater areas of the Yangtze River and Yellow River, China. Environmental Geology, 56: 1-9.
31. Zhua, T.X. and A.X. Zhu. 2014. Assessment of soil erosion and conservation on agricultural sloping lands using plot data in the semi-arid hilly loess region of China. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2: 69-83.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]

Impacts of Enclosure and Aspect on Runoff and Sediment Yields (Case study: Khamsan Paired Watersheds)

Jabar Hadi Ghoreghi[1] and Khaled Osati[2]

1- M.Sc., Natural Resources and Watershed Management Office of Kurdistan Province, Mochesh
2- Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, (Corresponding author: K.Osati@uok.ac.ir)
Received: 11 Septamber 2016 Accepted: 15 January 2017

Abstract

Soil erosion as a one of the biggest environmental problems worldwide, is threatening both ecosystem health and food security. This case study conducted in Khamsan paired watersheds aimed to compare runoff volume and sediment yields from 51 natural rainfall events on 18 USLE's standard plots, where they had installed on the different conditions in the term of enclosure and aspect. Factorial test used based on completely randomized designs because of two states of presence or absence of enclosure, four types of aspect (north, east, west and northwest) as well as the possibility of interactions among enclosure and aspect factors. The results showed that average runoff coefficients resulted from given events on standard plots of enclosure and control watersheds were 4.21% and 4.71% respectively, while average plot sediment yields of control watershed was about 17% more than enclosure watershed. The results of the factorial test showed that enclosure and aspects had statistically significant effects only on runoff production while the interaction of enclosure and aspect on runoff, runoff coefficient and sediment yields, were statistically significant for a confidence level of 99 %. The maximum runoff values occured in control plots installed in the North Slope. The results showed that enclosure reduce soil erosion and water losses through restoration of vegetation cover and increased permeability.

Keywords: Rainfall- Runoff Events, USLE's Standard Plot, Factorial Test, Paired Watersheds

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.113]