دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تأثیر نوسانات زمانی فرسایندگی باران بر تغییرات فصلی رسوب‌دهی معلق (مطالعه‌ی موردی: حوزه کسیلیان)

زهرا گرامی‌لوشابی[۱]، محمود عرب‌خدری[۲]، حسین اسدی[۳] و رضا بیات[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناس ارشد، دانشگاه گیلان
۲- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، (نویسنده مسوول: arabkhedri@scwmri.ac.ir)
۳- دانشیار، دانشگاه تهران
۴- مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۸

چکیده

شدت فرسایش و عوامل مؤثر بر آن به دلیل نوسان‌های فصلی آب و هوایی در طول سال تغییر می‌کنند. این پژوهش با هدف تعیین تغییرات زمانی فرسایندگی باران و رسوب‌دهی و تعیین زمان‌های بحرانی از نقطه نظر خطر فرسایش در حوزه‌ی کسیلیان انجام شد. به این منظور شاخص فرسایندگی باران ماهانه در ۲۷ ایستگاه موجود در داخل و اطراف حوزه از ارتباط بین شاخص EI_{30} با شاخص‌های سهل‌الوصول محاسبه و پس از انجام درون‌یابی به روش کریجینگ، میانگین ماهانه فرسایندگی حوزه به دست آمد. برای برآورد رسوب‌دهی از تلفیق منحنی سنجه رسوب حد وسط دسته‌ها و آمار جریان روزانه ایستگاه خروجی حوزه در شیرگاه استفاده شد. پس از محاسبه‌ی شاخص فرسایندگی و رسوب خروجی از حوزه در بازه‌های ماهانه، رابطه بین این دو مورد بررسی و تحلیل قرارگرفت. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که فرسایندگی باران و رسوبدهی تغییرات فصلی شدیدی دارند. فرسایندگی باران ماهانه حوزه دارای دو اوج یکی در اواخر پاییز در ماه‌های آبان و آذر با مقدار ٤١ و ۲۹ مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت و دیگری در اوایل بهار در فروردین ماه با مقدار ٢٤ مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت بود. در حد فاصل این دو اوج، فرسایندگی ناچیز است که دلیل احتمالی آن تغییر نوع بارش‌ها به دلیل کاهش دما در طول زمستان می‌باشد. اما رسوب‌دهی، دارای یک اوج می‌باشد که آن هم در بهار، ماه‌های فروردین و اردیبهشت با مقدار ۱۳۱۷۵ و ۷۲۰۰ تن رخ داده است. علت این تک اوجی بودن، می‌تواند جذب بخش عمده بارش‌های ابتدای سال آبی به علت خشک بودن زمین باشد. در حالی که با مرطوب شدن خاک در ماه‌های بهار، ضریب رواناب افزایش و فرسایش نیز بیش‌تر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بار رسوب، محدوده زمانی بحرانی، فرسایندگی باران، منحنی سنجه‌رسوب، نوسانات فصلی

مقدمه

پدیده‌ی فرسایش خاک پیامدهای زیادی به دنبال دارد. یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی آن رسوب‌دهی است که شناسایی و بررسی نوع و مقدار رسوب تولید شده از درجه‌ی اهمیت بالایی برخوردار است (۲۷). شدت فرسایش در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متغیر بوده و تغییرات زمانی می‌توانند کوتاه‌مدت یا بلندمدت باشند. به‌دلیل تغییرات مقدار و فراوانی وقوع بارش‌ها در طول سال، شدت فرسایش دارای نوسان‌های فصلی نیز می‌باشد (۲۴). این نوع نوسان در مناطقی با نظام بارشی مدیترانه‌ای به وضوح مشاهده می‌شود. صرف‌نظر از اهمیت باران در کشاورزی، نیروی فرسایندگی منتج از باران (در مراحل اولیه فرسایش آبی) با کندن ذرات خاک و ایجاد رواناب سطحی مهم‌ترین تأثیر را در پدیده‌ی فرسایش دارد (۱۵). فاکتور فرسایندگی باران تحت تأثیر عوامل مختلفی، تغییرات زمانی و مکانی دارد که ویژگی‌های بارندگی از عوامل مؤثر در میزان تغییرات آن می‌باشند (۲۳). هم‌چنین نیک‌کامی و مهدیان (۲۶) بیان کردند که شاخص فرسایندگی باران در ایران، علاوه بر عوامل دیگر از دریای مازندران و ارتفاعات نیز تأثیر می‌پذیرد. فرسایندگی باران را می‌توان با استفاده از شاخص‌هایی که بسته به منطقه جغرافیایی، مقیاس، شرایط محلی و نوع اندازه‌گیری متفاوت هستند، تعیین کرد (۱۴).

با توجه به عدم انجام تحقیقات جامعی برای تعیین شاخص مناسب فرسایندگی در ایران، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب شاخص مناسب به راحتی امکان‌پذیر نیست (۱۳). شاخص‌های فرسایندگی باران را می‌توان به دو گروه شاخص‌های مبتنی بر انرژی جنبشی و شدت بارندگی و شاخص‌های مبتنی بر آمار سهل‌الوصول بارندگی تقسیم‌بندی کرد. از گروه اول می‌توان به EI_{30} اشاره کرد که مقبولیت جهانی دارد و در مناطق مختلف ایران نیز (۳۱،۲۶) شاخص مناسبی تشخیص داده شده و مهم‌ترین شاخص‌ها در گروه دوم شاخص فرسایندگی فورنیه $\frac{p2}{P}$ و فورنیه اصلاح شده $\frac{\sum_{i=1}^{12} p2}{P}$، می‌باشند (۲) که بیش از شاخص‌های دیگر در تعیین فرسایندگی باران و تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایندگی به‌ویژه برای مناطق فاقد آمار مورد توجه محققان قرار گرفته است (۱۶). برای میان‌یابی مقادیر فرسایندگی باران که به صورت نقطه‌ای است، از روش‌های زمین آماری مناسب برای میان‌یابی داده‌ها استفاده می‌شود (۱۲) و فرسایندگی ماهانه حوزه از آن استخراج می‌شود.

برای برآورد رسوب‌دهی معلق، معمولاً به دلیل کافی نبودن تعداد اندازه‌گیری غلظت در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، محاسبه‌ی رسوب‌دهی به روش‌های درون‌یابی منطقی نیست. به این دلیل، این کار بر اساس روش برون‌یابی یعنی تلفیق منحنی سنجه‌رسوب[1] و آمار جریان، انجام می‌شود.

1- Sediment rating curve

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

در این روش، منحنی سنجه‌رسوب با استفاده از داده‌های غلظت و دبی متناظر با آن ترسیم، سپس از تلفیق این منحنی و آمار جریان روزانه، بار معلق رودخانه در طول دوره آماری برآورد می‌شود (۵). در مطالعات بسیار زیادی (۲۹،۳۲،۲۲،۷،۵) نشان داده شده است که روش تلفیق جریان روزانه و منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها، دقیق‌تر و صحیح‌تر از سایر روش‌ها است و بهترین قابلیت پیش‌بینی را در برآورد رسوب دارد.

عرب‌خدری (۴) در پژوهشی تولید رسوب را در ۲۰۹ ایستگاه ایران محاسبه و آن‌ها را از نظر رسوب‌دهی اولویت‌بندی کرد. وی ۱۴ حوزه با رسوب‌دهی معلق ویژه بیش از ۱۰۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال را معرفی کرد که هیچ یک از ایستگاه‌های واقع در حوزه ساحلی خزر در این دسته قرار نمی‌گیرند. این عدم حضور، نقش پوشش گیاهی را در کاهش فرسایش روشن می‌کند. با این همه، وی ملاحظه کرد که رسوبدهی حوزه‌های ساحلی خزر در حد متوسط کشوری و بیش‌تر از بسیاری از حوزه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی و ارومیه است که دلیل آن مقدار بارش قابل توجه این منطقه می‌باشد.

بررسی تغییرات فرسایش نشان‌دهنده‌ی آن است که حساس‌ترین زمان از نظر فرسایش، اوایل فصل مرطوب است که در آن بارندگی زیاد ولی پوشش گیاهی که بتواند خاک را محافظت کند فقیر است (۲۴). نتایج بررسی‌های کلومبیر و همکاران (۱۰) نشان می‌دهد که در اقالیم سرد کانادا، کم‌ترین انتقال رسوب در آگوست (۱۰ مرداد تا ۹ شهریور) وقتی پوشش گیاهی زیاد است، اتفاق می‌افتد. بیش‌تر از دو سوم باران‌های فرساینده در ایران در فصل‌های پاییز و زمستان رخ می‌دهدکه در این مدت حداقل پوشش گیاهی برای محافظت از خاک وجود دارد. در حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی زرد چین، وقتی بارندگی سالانه و باران فرساینده حدود ده درصدکم می‌شود، فرسایندگی باران بیش‌تر از ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. در واقع تقلیل فرسایندگی باران بیش‌تر از بارندگی سالانه است (۳۵). درکشور زیمباوه، زمانی که فرسایندگی به حداکثر خود می‌رسد پوشش گیاهی در سطح زمین تثبیت شده و از خاک محافظت می‌کند لذا خطر فرسایش را تقلیل می‌دهد (۱۸). اثر فرسایندگی باران و تگرگ به علت تخریب خاک‌دانه‌ها و پاشمان ناشی از برخورد قطرات با سطح خاک خیس است. در حالی‌که اثر فرسایندگی آب ناشی از ذوب برف به دلیل تخریب خاکدانه‌ها در اثر یخبندان و هم چنین کاهش نفوذپذیری به علت یخ زدن لایه‌های زیرین می‌باشد. در اثر ذوب برف، آبدوی ایجاد می‌شود که می‌تواند فرسایش ایجاد کند. با وجود این که این فرسایش در برخی از مناطق مهم‌ترین نوع فرسایش است ولی قابل مقایسه با فرسایش حاصل از ضربات قطرات باران نمی‌باشد (۲۷). به‌دلیل هم‌زمانی رواناب حاصل از ذوب برف با بارش‌های بهاره، این رواناب باعث بروز سیلاب‌های مخرب با حجم جریان بیش از ظرفیت رودخانه می‌شود (۳۴).

آنگولو و بگوریا (۳) طبق تحقیقاتی که در اسپانیا با آب و هوای شبه‌مدیترانه‌ای انجام داده‌اند، دو اوج سالانه فرسایندگی باران، یکی در اواخر بهار (ماه‌های می و جون) و دیگری در انتهای تابستان (ماه‌های آگوست و سپتامبر) را مشاهده نمودند. ایشان نتیجه‌گیری نمودند که اگرچه مقدار باران هر دو فصل بهار و تابستان قابل توجه است، بیش‌ترین فرسایندگی در تابستان رخ می‌دهد. کم‌تر بودن اوج فرسایندگی باران‌های بهاری نسبت به باران‌های تابستانی ناشی از تفاوت مکانیسم تولید باران این فصل‌ها است. به‌طوری که فرسایندگی فصل بهار از تعداد زیادی رویداد بارندگی با شدت نسبتاً کم ناشی می‌شوند، در حالی‌که فرسایندگی فصل تابستان معمولاً مربوط به چند رویداد بسیار شدید بوده است. موهایر و همکاران (۲۵) نیز با بررسی تغییرات فرسایندگی باران در منطقه‌ای در افریقا با آب و هوای تروپیکالی نشان دادند، حداقل فرسایندگی باران در ماه‌های ژانویه (۱۱ دی تا ۱۲ بهمن) و می (۱۲ اردیبهشت تا ۱۱ خرداد) و حداکثر فرسایندگی در ماه‌های آوریل (۱۳ فروردین تا ۱۱ اردیبهشت) و نوامبر (۱۱ آبان تا ۱۰ آذر) رخ داده است. هم‌چنین ترابیان مقدم و همکاران (۳۳) بیان کردند که در منطقه جنوب غرب ایران از آذر ماه تا اسفند حداکثر فرسایندگی رخ داده‌است.

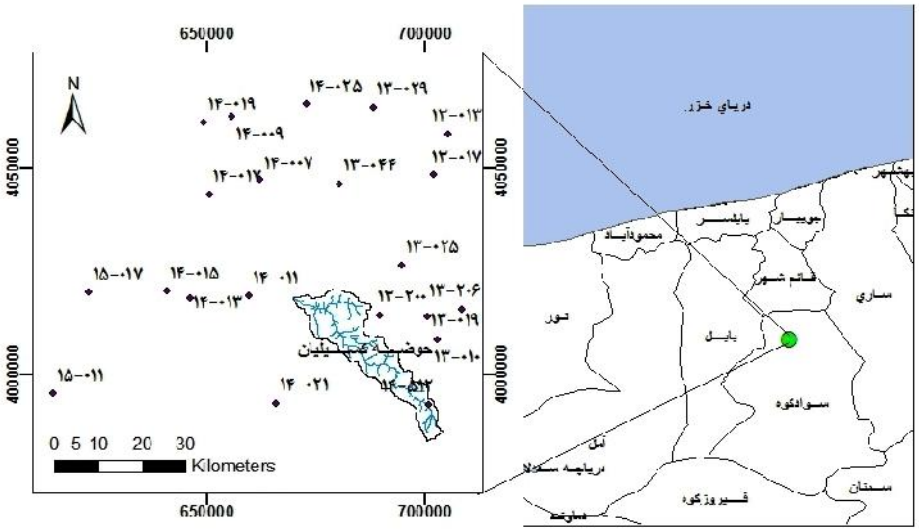
رودخانه‌های کشور ما در مقایسه با رودخانه‌های جهان رسوب بالایی را حمل می‌کنندکه نشان‌دهنده‌ی شدت فرسایش و وضعیت نامناسب منابع طبیعی (فشار بیش از حد به مراتع، تخریب اراضی جنگلی و اصول نامناسب کشاورزی) حوزه‌های بالا دست است. بنابراین، دستیابی به راه حل‌هایی جهت کاهش فرسایش ضروری است (۲۷). در این تحقیق، تغییرات زمانی رسوب‌دهی و نوسانات فرسایندگی باران و رابطه آن‌ها بررسی شده است زیرا آگاهی از این نوسانات و تغییرات می‌تواند به برنامه‌ریزی مدیریت و حفاظت خاک کمک کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تعیین تغییرات زمانی فرسایندگی باران و رسوبدهی و بررسی روابط بین آنها انجام گرفته است. به این منظور حوزه آبخیز کسیلیان که یکی از حوزه‌های معرف وزارت نیرو محسوب می‌شود (۱۹) و آمار نسبتاً مناسب بارش، جریان و رسوبدهی را دارد، انتخاب شد.

حوزه‌ی آبخیز کسیلیان به مساحت ۳۴۲/۶۶ کیلومترمربع، در استان مازندران در محدوده‌ی طول جغرافیایی ۱۸ ′ ۵۳ تا ۳۰ ′ ۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی ۵۸ ′ ۳۵ تا ۷ ′ ۳۶ شمالی واقع شده است. بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع حوزه به‌ترتیب ۳۱۵۸ و ۲۱۹ متر می‌باشد. میانگین شیب متوسط حوزه ۰/۳۱ متر در متر و طول و شیب بزرگ‌ترین آبراهه‌ی حوزه ۴۷/۳ کیلومتر و ۰/۰۵ متر در متر است. اقلیم منطقه‌ی مورد مطالعه در اقلیم‌نمای دومارتن گسترده، نیمه مرطوب سرد و میانگین بارندگی سالانه‌ی آن ۷۹۱ میلی‌متر می‌باشد و نظام بارندگی، شبه‌مدیترانه‌ای خزری است. در این تحقیق از آمار ۲۳ ایستگاه دارای باران‌سنج معمولی و چهار ایستگاه دارای باران‌نگار در داخل و اطراف حوزه و ایستگاه رسوب‌سنجی شیرگاه با کد ۰۰۵-۱۴در نقطه‌ی خروجی حوزه استفاده شد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]



شکل ۱- موقعیت حوزه‌ی کسیلیان و ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه
Figure 1. Location of Ksilian Watershed and the studied meteorological stations

آمار و اطلاعات اقلیمی حوزه مانند بارندگی روزانه و بارش‌های یک دقیقه‌ای به ترتیب از باران‌سنج‌های معمولی و باران‌نگار، دمای ماهانه از ایستگاه‌های تبخیرسنجی و آمار جریان و غلظت رسوب معلق ایستگاه رسوب‌سنجی خروجی حوزه، از شرکت منابع آب ایران که زیر مجموعه وزارت نیرو است، جمع‌آوری شد. بر اساس اشتراک زمانی داده‌های در دسترس، سال‌های آبی ۷۱-۷۰ تا ۷۸-۷۷ و ۸۲-۸۱ و ۸۳-۸۲، بررسی شد.

بررسی کیفیت و بازسازی داده‌ها

داده‌های دبی جریان، آمار رسوب و بارش هر کدام به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ابتدا، ایستگاه‌های باران‌سنجی مجهز به باران‌نگار با آمار یک دقیقه‌ای باران شناسایی و ایستگاه‌های با آمار طولانی‌تر انتخاب شد. در این ایستگاه‌ها، آمار تمامی بارش‌ها به صورت داده‌های پردازش شده، در شرکت منابع آب ایران ثبت نشده‌اند و عمدتاً آمار رگبارهای فرساینده گزارش شده است. کیفیت آمارهای بارش و دما ایستگاه‌های هواشناسی منتخب و هم چنین غلظت رسوب و جریان متناظر با آن و جریان روزانه ایستگاه آب‌سنجی خروجی حوزه مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نیاز با روش‌های مرسوم (۲۰) بازسازی شد.

محاسبات فرسایندگی باران

پس از جمع‌آوری داده‌های رگبار با فواصل یک دقیقه‌ای در ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار داخل و اطراف حوزه‌ی کسیلیان، فرسایندگی هر رخداد با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۲۸):

رابطه (۱) $EI_{30}=\Sigma(e_r v_r).I_{30}$

که در آن EI_{30} :شاخص فرسایندگی باران بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت، e_r: انرژی واحد رگبار برحسب مگاژول بر میلی‌متر هکتار، v_r: مقدار بارش بر حسب میلی‌متر در طول فاصله زمانی r و I_{30} حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای یک رخداد بر حسب میلی‌متر بر ساعت است.

مقدار انرژی واحد از رابطه (۲) به دست می‌آید:

رابطه (۲) $e_r=0.29[1-0.72\exp(-0.05i_r)]$

که در آن e_r: انرژی با واحد مگاژول برمیلی‌متر هکتار و i_r: شدت باران یک دقیقه‌ای بر حسب میلی‌متر بر ساعت است (۹).

مقدار عامل فرسایندگی ماهانه (R_{month})و ۱۵روزه (R_{15days})، در کل دوره آماری بر حسب مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت به طریق زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۳) $$R=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{r=1}^{m}(EI_{30})_r$$

که در آن n: برابر تعداد سال‌های دوره آماری، m: برابر تعداد رخدادهای فرساینده در یک ماه یا ۱۵ روزه معین (j) و EI_{30}: شاخص فرسایندگی باران برای هر رخداد مجزا (k) است و R: برابر میانگین بلندمدت مقدار EI_{30} تجمعی ماهانه و ۱۵ روزه در دوره‌ای معین است. مطابق توصیه ابداع‌کنندگان مدل RUSLE، در محاسبات EI_{30}، رگبارهایی که مقدار ارتفاع بارندگی آن کم‌تر از ۱۲/۷ میلی‌متر و بیش از شش ساعت با رگبار دیگر فاصله داشته باشند، حذف می‌شوند، مگر این که مقدار بارش در طی ۱۵ دقیقه حداقل ۶/۳ میلی‌متر بوده یا حدکثر شدت ۱۵ دقیقه‌ای آن ۲۴ میلی‌متر در ساعت یا بیش‌تر باشد (۲۸). در طی محاسبه فرسایندگی باران در این پژوهش نیز مشاهده شد که رگبارهای حذف شده، EI_{30} بسیار ناچیزی دارند و در مجموع اثر قابل توجهی در میزان EI_{30} کل نمی‌گذارند. پس از حذف رگبارهایی که شامل این پیش فرض می‌شدند، با کمک نرم‌افزار Excel 2010 داده‌ها مرتب شدند.

بعد از قرار گرفتن داده‌ها در فرمول‌های تعریف شده در این نرم‌افزار، شاخص EI_{30} برای هر رگبار در چهار ایستگاه دارای باران‌نگار، مشتمل بر ایستگاه‌های سنگده، اداره بابل، گلفشان و پالند محاسبه شد. مشخصات ایستگاه‌های مذکور در جدول ۱ مشاهده می‌شود. در عمل، ایستگاه پالند و گلفشان به دلیل کمی آمار بارش یک دقیقه‌ای و ایستگاه اداره بابل به

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

دلیل تفاوت ارتفاع زیاد با متوسط ارتفاع حوزه، در ادامه‌ی محاسبه استفاده نشد. ایستگاه سنگده با آمار کامل در داخل حوزه قرار دارد و آن را می‌توان به‌عنوان معرف نسبتاً مناسبی از حوزه دانست.

جدول ۱- برخی مشخصات ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار

Table 1. Some specifications of gauging sites equipped with pluviometer

نام ایستگاه	طول جغرافیایی ثانیه- دقیقه- درجه	عرض جغرافیایی ثانیه-دقیقه-درجه	ارتفاع (متر)	تعداد رگبار	بیش‌ترین شدت ۳۰ دقیقه‌ای رگبار (میلی‌متر بر ساعت)	تعداد سال‌های آماری موجود
سنگده	۴۲-۱۳-۵۳	۳۶-۰۳-۳۶	۱۳۳۷	۱۵۵	۳۹/۴۶	۱۰
اداره بابل	۵۳-۴۰-۵۲	۳۷-۳۱-۳۶	۰	۱۰۸	۴۰	۸
گلفشان	۵۱-۵۵-۵۲	۵۴-۲۵-۳۶	۸۰	۴۴	۴۰/۳۸	۲
پالند	۱۱-۵۴-۵۲	۱۳-۰۱-۳۶	۱۲۲۵	۸	۳۵/۱۲	۲

با استفاده از داده‌های ایستگاه سنگده، شاخص EI_{30} به صورت ماهانه و ۱۵ روزه بر اساس روابط رنارد و همکاران (۲۸) محاسبه شد. سپس رابطه‌ی بین شاخص EI_{30} ماهانه و ۱۵روزه باشاخص‌های سهل‌الوصول شامل باران ماهانه، باران ۱۵ روزه، حداکثر بارندگی روزانه، باران ماهانه به توان دو، باران ۱۵ روزه به توان دو، بررسی شد. همبستگی مناسب شاخص‌های سهل‌الوصول مذکور با شاخص EI_{30} در ب ررسی‌های دیوداتو نشان داده شد بود (۱۱). با برقراری روابط رگرسیونی در نرم‌افزار Excel2010 بهترین رابطه از نظر ضریب تعیین (R^2)[1] انتخاب شد. EI_{30} ماهانه بالاترین همبستگی را با حداکثر بارندگی روزانه داشت (رابطه ۴)، اما برای EI_{30} ۱۵ روزه رابطه معنی‌داری به دست نیامد و به این دلیل از ادامه‌ی محاسبات حذف شد. همچنین رابطه‌ی چند متغیره بین شاخص‌ها نیز بررسی شد، اما ضریب تعیین بسیار پایینی به دست آمد و به همین علت رابطه چند متغیره در نظر گرفته نشد.

$$EI_{30} = 0.00039 P_{\max}^{2.6808} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در ادامه از رابطه (۴) برای محاسبه فرسایندگی ماهانه در سایر ایستگاه‌های داخل و خارج هر حوزه استفاده شد و پس از به‌دست آمدن فرسایندگی هر ایستگاه، از آن برای میان‌یابی و ترسیم ۱۲ نقشه‌ی فرسایندگی ماهانه استفاده شد. برای میان‌یابی داده‌های فرسایندگی باران، ابتدا همبستگی مکانی داده‌ها بررسی شد. در این مطالعه به منظور آزمون وجود همبستگی مکانی بین داده‌های شاخص فرسایندگی باران و همچنین بررسی چگونگی این همبستگی از واریوگرام[2] استفاده شد. ترسیم و بررسی واریوگرام با استفاده از نرم‌افزار GS^+(version 5.1) (۱۷) انجام گرفت و مدلی که دارای کم‌ترین مجموع مربعات باقیمانده (RSS)[3] و بیش‌ترین ضریب تعیین بود، بر واریوگرام تجربی برازش داده شد. جهت پهنه‌بندی شاخص فرسایندگی در سطح حوزه، ابتدا نقشه فرسایندگی باران در محدوده‌ی ایستگاه‌های انتخاب شده در داخل و خارج ازحوزه‌ها با استفاده از بخش آمار مکانی نرم‌افزار Arc/GIS 9.3 تهیه شد که برای میان‌یابی داده‌ها و تهیه نقشه فرسایندگی ماهانه حوزه از روش کریجینگ معمولی استفاده شد. سپس ارزیابی میزان خطای روش مورد استفاده صورت گرفت.

در انتها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقشه فرسایندگی باران ماهانه حوزه تهیه و مقادیر میانگین ۱۲ ماه برای سطح حوزه استخراج شد.

برآورد رسوبدهی معلق حوزه

برای برآورد رسوبدهی از روش برون‌یابی یعنی تلفیق منحنی سنجه رسوب و آمار جریان (۵) استفاده شد. برای رسم منحنی سنجه‌ی رسوب، ابتدا یک بانک اطلاعاتی از داده‌های رسوب و دبی جریان در نرم‌افزار Excel2010 تهیه شد. در ایستگاه شیرگاه که در نقطه‌ی خروجی این حوزه قرار دارد، ۴۰ سال آمار که شامل۵۴۶ عدد مشاهده غلظت رسوب و دبی جریان می‌شد، وجود داشت. حداکثر رسوب معلق حمل شده ۵۱۴۲۱ تن در روز و حداکثر جریان ۳۲۲ مترمکعب بر ثانیه بود. پس از بررسی داده‌ها، در صورتی که نقصی در داده‌های دبی وجود داشت، از طریق داده‌های اشل تکمیل شد. پس از بازسازی داده‌های دبی، اگر نقصی در داده‌های غلظت متوسط (CM) وجود داشت، با برقراری رابطه‌ی رگرسیونی با غلظت نقطه‌ای رسوب معلق (CF) برطرف گردید. سپس داده‌های رسوب مورد بررسی قرار گرفتند. اگر در این داده‌ها نیز نواقصی دیده شد، توسط دبی جریان روزانه و غلظت متوسط رسوب معلق بازسازی شدند و در انتها منحنی سنجه به روش حد وسط دسته‌ها ترسیم شد. برای رسم این منحنی، داده‌های جریان متناظر با رسوب به ۳۰ دسته تقسیم و میانگین دبی و رسوب هر دسته محاسبه می‌شود. سپس منحنی سنجه به روش حداقل مربعات به لگاریتم ۳۰ زوج میانگین جریان و رسوب معلق متناظر برازش می‌یابد. در این مرحله، با معادله به‌دست آمده، رسوب روزانه متناظر با هر دبی روزانه تعیین شد (۵) که متعاقباً برای محاسبه‌ی رسوب ماهانه و میانگین رسوب هر ماه در دوره‌ی آماری مورد بررسی، به‌کار رفت.

پس از محاسبه‌ی متوسط ماهانه دو متغیر فرسایندگی باران و رسوب معلق خروجی حوزه، علاوه بر منحنی‌های چرخه فرسایندگی و رسوب‌دهی، نمودار پراکنش این دو سری داده نیز رسم شد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه و احتمال ریزش بخشی از باران به صورت برف در ماه‌های سرد، در نمودار خطی تغییرات فرسایندگی و رسوب ماهانه، میانگین دمای ماهانه‌ی تنها ایستگاه تبخیرسنجی حوزه نیز وارد شد تا اثر دما بر تغییرات این دو سری داده مشاهده شود که برای این منظور ایستگاه سنگده که در داخل حوزه قرار دارد، انتخاب شد.

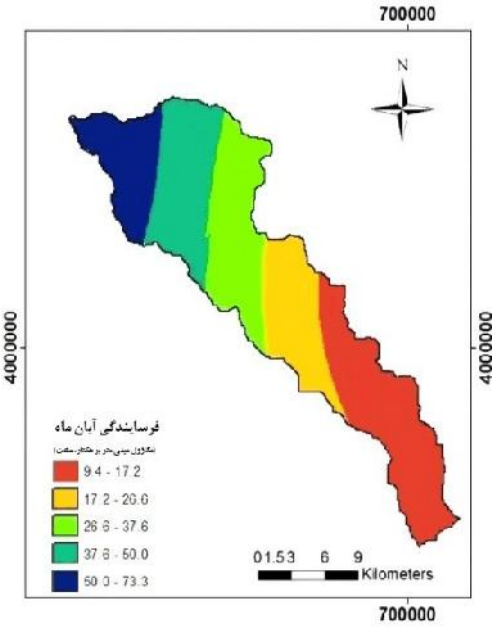
1- Coefficient of determination
2- Semivariogram
3- Residual Sum of Squares

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

نتایج و بحث

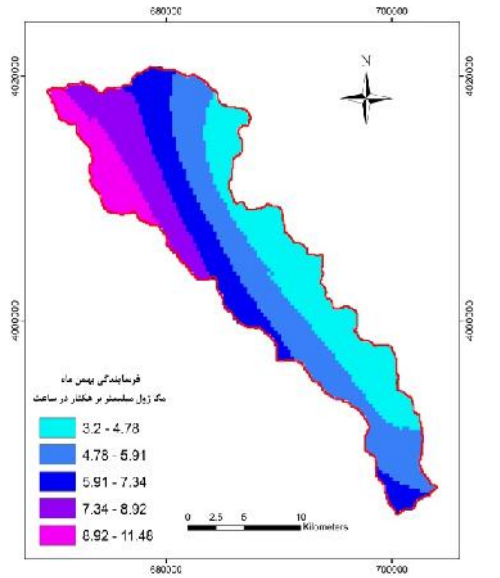
پهنه‌بندی شاخص فرسایندگی

مطابق روش تحقیق، نقشه‌های فرسایندگی ۱۲ ماه تهیه شد که شکل‌های ۲ و ۳ دو نمونه مربوط ماه‌های آبان و بهمن را نشان می‌دهد. در آبان ماه که بالاترین میانگین فرسایندگی باران را به خود اختصاص داده است، فرسایندگی در دامنه نه تا ۷۳ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت در سطح حوزه متغیر است. در بهمن‌ماه نیز با داشتن کم‌ترین میانگین فرسایندگی باران، دامنه تغییرات فرسایندگی در سطح حوزه ۳ تا۱۲ مگاژول میلی متر بر هکتارساعت می‌باشد.



شکل ۲- نقشه‌ی شاخص فرسایندگی ماهانه آبان ماه حوزه کسیلیان

Figure 2. Monthly erosivity index map of Kasilian Watershed in Nov



شکل ۳- نقشه‌ی شاخص فرسایندگی ماهانه بهمن ماه حوزه کسیلیان

Figure 3. Monthly erosivity index map of Kasilian Watershed in Feb

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

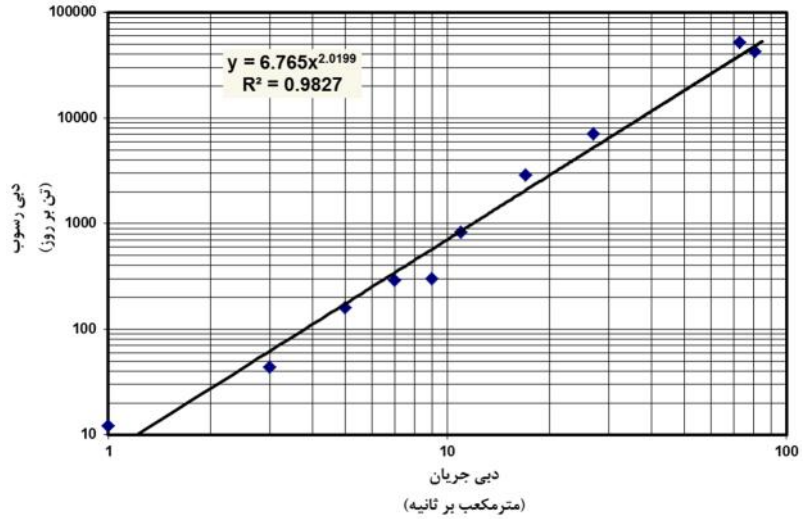
به منظور برآورد بار رسوب معلق خروجی حوزه کسیلیان در ایستگاه شیرگاه منحنی سنجه حدوسط با بالاترین ضریب تعیین (رابطه ۵) به‌دست آمد.

رابطه (۵) $Q_s = 6.765Q_W^{2.0199}$

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، در ایستگاه شیرگاه ضریب تعیین ۰/۹۸ حاصل شد. اسدی و همکاران (۶) نیز پس از رسم منحنی حدوسط دسته‌ها، معادله و ضریب تعیین این منحنی در ایستگاه شیرگاه را به‌ترتیب $Q_s = 18.32Q_W^{1.918}$ و ۰/۸۷ تعیین کرده‌اند که اختلاف عددی مشاهده شده آنها با مقادیر به‌دست آمده از این مطالعه به علت تفاوت در تعداد سال‌های آماری مورد استفاده باشد.

مقایسه روند و تغییرات فصلی رسوبدهی معلق با فرسایندگی باران

همان‌طور که بیان شد به‌علت همبستگی پایین شاخص فرسایندگی ۱۵روزه با شاخص‌های سهل‌الوصول، رابطه آن با تغییرات رسوب‌دهی ۱۵ روزه بررسی نشد. در بررسی ماهانه‌ی چرخه‌ی فرسایندگی و رسوبدهی، که در شکل ۵ آمده است، دیده می‌شود که فرسایندگی دو اوجی و رسوبدهی تک اوجی است. دو اوجی بودن فرسایندگی در طول سال در مناطقی از اسپانیا نیز توسط آنگولو و بگوریا (۳) گزارش شده است. تغییرات فصلی رسوبدهی اکثر رودخانه‌های ایران نیز به تبع نظام بارش مدیترانه‌ای است.



شکل ۴- منحنی سنجه حدوسط دسته‌ها مربوط به ایستگاه شیرگاه

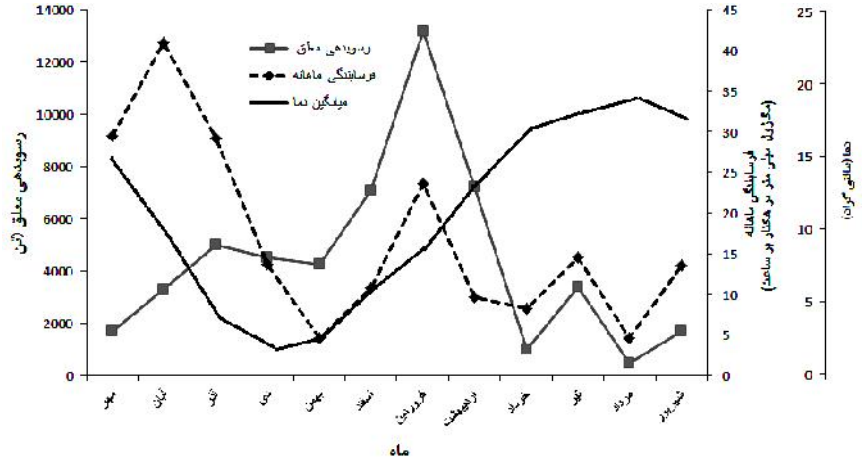
Figure. 4. Logged mean loads sediment rating curve at Shirgah station

حداکثر و حداقل فرسایندگی باران به ترتیب در ماه آبان و بهمن با میزان حدود ۳۸ و سه مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت بوده است. حداکثر و حداقل رسوب‌دهی در ماه فروردین و مرداد بالغ بر ۱۳۰۰۰ و ۴۵۳ تن رخ داده است. صادقی و بهزادفر (۳۰) نیز بیان کردند که حداکثر میزان فرسایندگی باران در ایستگاه کسیلیان در ماه‌های تیر و مرداد و در ماه‌های اردیبهشت و بهمن، حداقل فرسایندگی رخ داده است که اختلاف نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج صادقی و بهزادفر (۳۰) می‌تواند به علت تفاوت دوره‌ی آماری مورد بررسی باشد.

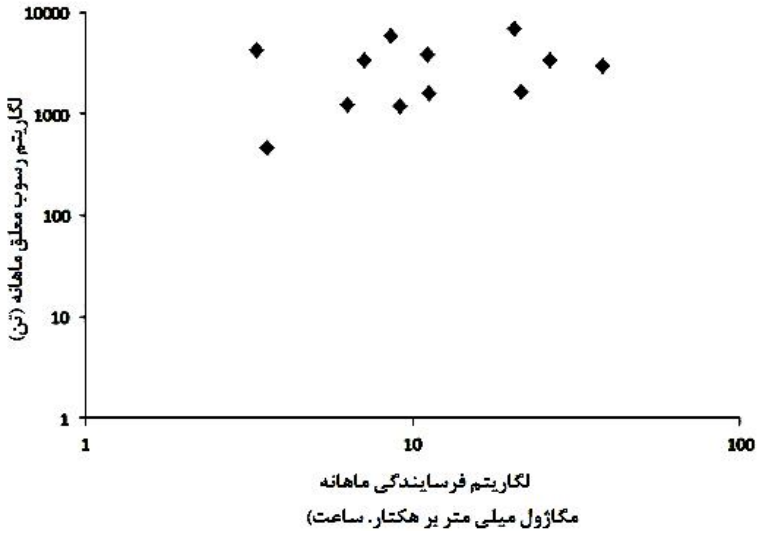
با شروع فصل بارندگی حوزه‌های خزری از ماه شهریور و افزایش آن، رسوب‌دهی معلق حوزه نیز افزایش می‌یابد، این روند تا آذر ماه ادامه می‌یابد که از مقدار ۱۶۹۱ تن در شهریور ماه به مقدار ۵۰۱۳ تن در آذر ماه رسیده است. اما از آذر ماه به بعد با کاهش نسبی بارندگی‌ها، رسوب‌دهی معلق نیز هر چند با شیب کم‌تر، کاهش می‌یابد تا این که از بهمن ماه به بعد با افزایش مجدد بارندگی‌ها، رسوبدهی معلق نیز با شدت بیش‌تر افزایش یافته و هر دو در فروردین ماه به ترتیب با مقدار ۲۴ مگاژول‌میلی‌متر بر هکتار ساعت و ۱۳۱۷۵ تن به اوج می‌رسند. روندهای نزولی و صعودی تشریح شده در بالا نیاز به توضیح دارد. در باران‌های ابتدای سال آبی (شهریور تا آبان و آذر)، چون سطح زمین خشک است، عمده بارش‌ها جذب خاک می‌شود و در نتیجه رواناب و فرسایش کمی تولید می‌شود. به عبارت دیگر، به‌رغم آن که اوج فرسایندگی در آبان ماه رخ داده است، رسوبدهی به طور نسبی ناچیز است. در ادامه با مرطوب شدن خاک، ضریب رواناب افزایش و فرسایش نیز بیش‌تر می‌شود و اوج رسوب‌دهی با اوج فرسایندگی باران در ماه فروردین منطبق می‌شود. در ادامه هر دو فاکتور فرسایندگی و رسوبدهی تا خردادماه کاهش می‌یابند و به ترتیب به مقدار ۸ مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت و ۹۸۰ تن می‌رسند. در نهایت، افزایش نسبی بارندگی در تیرماه و کاهش آن در مرداد، افزایش و کاهش نسبی رسوبدهی معلق را در پی دارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

مطابق آن‌چه در قسمت مواد و روش‌ها بیان شد، در نمودار خطی تغییرات فرسایندگی و رسوب ماهانه، میانگین دمای ماهانه‌ی تنها ایستگاه تبخیرسنجی حوزه (ایستگاه سنگده) نیز وارد شد تا اثر دما بر تغییرات این دو سری داده بهتر تفسیر شود. همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود از مهر با دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد تا بهمن ماه با دمای سه درجه سانتی‌گراد، دما روند نزولی دارد که فرسایندگی باران هم همزمان کاهش می‌یابد و از بهمن ماه تا اواسط تابستان دما با ۱۷ درجه سانتی‌گراد، سیر صعودی دارد که فرسایندگی باران هم مانند دما تا فروردین ماه افزایش یافته و در ادامه نوساناتی نشان می‌دهد. علت روند نزولی و صعودی فرسایندگی باران همراه با دما، به‌ویژه در زمستان و پائیز را می‌توان به تغییر نوع بارش از باران به برف مربوط دانست.



شکل ۵- چرخه‌ی زمانی فرسایندگی باران و رسوب‌دهی معلق ماهانه
Figure 5. Temporal cycles of monthly rain erosivity and suspended sediment yield



شکل ۶- پراکنش مقادیر ماهانه رسوبدهی معلق به ازاء فرسایندگی حوزه‌ی کسیلیان در دوره آماری مورد مطالعه.
Figure 6. Distribution of monthly suspended sediment yield vs. rain erosivity in Kasilian watershed

همبستگی رسوبدهی معلق با فرسایندگی باران

نمودار پراکنش نقاط شاخص فرسایندگی و رسوب معلق ماهانه در حوزه‌ی کسیلیان در شکل ۶ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روند افزایشی بین فرسایندگی و رسوب معلق ماهانه وجود دارد. به این معنی که با افزایش فرسایندگی ماهانه، رسوب‌دهی نیز اضافه می‌شود. ضریب تعیین این پراکندگی ۰/۱ می‌باشد که بسیار پایین است. پوشش گیاهی حوزه‌ی کسیلیان از نوع جنگلی و بیش‌تر از دو سوم سطح حوزه را به خود اختصاص داده است (۱) که این مسأله باعث شده است که اثر مستقیم باران بر خاک و در نتیجه‌ی آن فرسایش و رسوب‌دهی کاهش یابد. به‌علت اثر حفاظتی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

پوشش گیاهی، تغییرات زمانی فرسایندگی باران و ارتباط آن با نوسانات زمانی خطر فرسایش خاک دقیقاً تطابق ندارد (۲۱).

نتایج بررسی تغییرات فرسایندگی و رسوبدهی ماهانه حوزه‌ی کسیلیان نشان می‌دهد که حداکثر رسوبدهی و فرسایندگی تا حدی با هم منطبق هستند. با شروع فصل بارندگی در پاییز و افزایش آن، رسوب‌دهی معلق حوزه با مقدار ۱۶۹۶ تن در ماه مهر، کمی افزایش نشان می‌دهد، این روند تا آذر ماه ادامه می‌یابد و به مقدار ۵۰۱۳ تن می‌رسد. اما از آذر ماه به بعد با تقلیل شدید فرسایندگی باران، رسوب‌دهی معلق با شیب کم‌تر در حال کاهش است، تا این که از بهمن ماه به بعد با افزایش مجدد فرسایندگی، رسوب‌دهی معلق نیز با شدت بیش‌تر افزایش یافته و هر دو در فروردین ماه با مقدار ۲۴ مگاژول‌میلی‌متربرهکتارساعت و ۱۳۱۷۵ تن به اوج می‌رسند. سپس هر دو تا خردادماه کاهش می‌یابند. در نهایت، نوسانات جزئی فرسایندگی در تیر و مرداد، افزایش و کاهش نسبی رسوب‌دهی معلق را در پی دارد. در حوزه‌ی مورد مطالعه دو اوج در فرسایندگی دیده می‌شود. یک اوج در پائیز در ماه‌های آبان و آذر به ترتیب با مقدار ۴۱ و ۲۹ مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت و اوج دوم، در فروردین ماه (۲۳ مگاژول میلی‌متر بر هکتارساعت) رخ داده‌است. در مقابل، رسوب معلق، تک اوجی است که این حداکثر در فصل بهار، مربوط به ماه فروردین با مقدار ۱۳۱۷۵ تن می‌باشد. بررسی شکل ۴ حاکی از آن است که ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت در زمان‌های بحرانی تولید رسوب قرار دارند.

در انتها پیشنهاد می‌شود این پژوهش برای تعداد بیش‌تری ازحوزه‌های آبخیز در ایران انجام و دوره‌ی آماری طولانی‌تری در صورت وجود داده‌های به‌روز، انتخاب شود. برای بررسی جزئیات بیش‌تر چرخه‌ی فرسایندگی باران و رسوب‌دهی معلق، پیشنهاد می‌شود اثر فرسایندگی برف نیز در این تغییرات بررسی شود. اثر دما در طبقات ارتفاعی مختلف بر نوع بارش و در نتیجه فرسایندگی به نحو مناسب ملحوظ شود.

تشکر و قدردانی

داده‌های مورد نیاز این پژوهش از شرکت تحقیقات منابع آب اخذ شده است. در ارتباط با تحلیل روش‌های زمین‌آماری از راهنمایی‌های آقای دکتر محمدحسین مهدیان استاد محترم پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری برخوردار بودیم. بدینوسیله از کلیه دستگاه‌ها و افرادی که در انجام این پژوهش مساعدت داشته‌اند قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abasi, E.A. 1992. Preparation and Calibration of the Computer Model to Estimate Runoff for Small Basins. (M.Sc. thesis), Sharif University of Technology, Tehran, Iran. 261 pp (In Persian).
2. Alipour, Z.T., M.H. Mahdian, E. Pazira, S. Hakimkhani and M. Saeedi. 2012. Determination of EI_{30}, Lal, Hudson and Onchev Indices in Namak Lake Basin. Journal of Agricultural Sciences, 2: 484-494 (In Persian).
3. Angulo-Martínez, M. and S. Beguería. 2009. Estimating Rainfall Erosivity from Daily Precipitation Records: a Comparison among Methods Using Data from the Ebro Basin (NE Spain). Journal of Hydrology, 379: 111-121.
4. Arabkhedri, M. 2005. A Study on the Suspended Sediment Yield in River Basins of Iran. Iranian Journal of Water Resources Research. 1: 51-60 (In Persian).
5. Arabkhedri, M., S. Hakimkhani and J. Varvani. 2004. The Validity of Extrapolation Methods in Estimation of Annual Mean Suspended Sediment Yield (17 Hydrometric Stations). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11: 123-131 (In Persian).
6. Asadi, F., R. Fazlola and E. Emadi. 2012. Extraction and Selection of a Suitable Relationship for Suspended Sediment Estimating in River (Case Study: Talar River). 11th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman, Iran (In Persian).
7. Azami, A., E. Najafinejad and M. Arabkhedri. 2005. Assessment of Hydrological Models in Estimating of Suspended Sediment Load Transported by Base Flow and Flood in Ilam Dam Basin. 3rd National Conference on Erosion and Sediment, Karaj, Iran (In Persian).
8. Behzadfar, M., H. Hasanzadeh and M. Saberi. 2009. A Study of Fournier Erosivity Index in the North Khorasan Province. 5th National Seminar on Watershed Management, Gorgan, Iran (In Persian).
9. Brown, L.C. and G.R. Foster. 1987. Storm Erosivity Using Idealized Intensity Distributions. Trans. of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers, 30: 379-386.
10. Coulombier, T., U. Neumier and P. Bernatchez. 2011. Sediment Transport in a Cold Climate Salt Marsh (St. Lawrence Estuary, Canada), the Importance of Vegetation and Waves. Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal, 101: 64-75.
11. Diodato, N. 2005. Predicting RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Monthly Erosivity Index from Readily Available Rainfall Data in Mediterranean Area. 2005. The Environmentalist Journal, 25: 63-70.
12. Gerami-Loushabi, Z. 2014. The Effect of Seasonal Cycle of Rainfall Erosivity on Temporal Variation of Suspended Sediment Load. (M.Sc. Thesis), Guilan University, Rasht, Iran. 67 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

13. Ghorbanpour, D., M.K. Mirnia, S.H. Ahmadiyan and M. Dehghani. 2005. Investigation on Estimation of Rainfall Erosivty Index Based on Rainfall Parameters-Babolsar Area. The 3rd Erosion and Sediment National Conference, Tehran, Iran (In Persian).
14. Hakimkhani, S., M. Mahdian and M. Arabkhedri. 2007. Preparation Rainfall Erosivty Map for Namak Lake Basin. Journal of the Iranian Natural Resources, 60: 713-726 (In Persian).
15. Hemati, M., D. Nikkami, H. Ahmadi, G. Zahtabiyan and M. Jafari. 2006. The Best Indicator of Cold Rain Erosion in Semi-Arid Climate of Iran. Journal of Water and Watersheds, 2: 10-20 (In Persian).
16. Hermado, D. and M.G. Romana. 2015. Estimating the Rainfall Erosivity Factor from Monthly Precipitation Data in the Madrid Region (Spain). Journal of Hydromech, 63: 55-62.
17. Honarmand, M. 2011. Assessment and Mapping of Soil Erosion Hazard in Navrood Watershed (Guilan province) Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Geograghic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS). (M.Sc. Thesis), Guilan University, Rasht, Iran 80 pp (In Persian).
18. Hudson, N. 1995. Soil Conservation. Iowa State University Press, Michigan, U.S.A, 391 pp.
19. Jamab Consulting Engineers Company. 1999. Water Master Plan for the Caspian Sea Region. Ministry of Energy (In Persian).
20. Mahdavi, M. 2011. Applied Hydrology. Vol. 1 and 2, 7th edn., University of Tehran Press, Tehran, Iran, 779 pp (In Persian).
21. Meusburger, K., A. Steel, P. Panagos, L. Montanarella and C. Alewell. 2012. Spatial and Temporal Variability of Rainfall Erosivity Factor for Switzerland. Hydrology and Earth System Sciences, 16: 167-177.
22. Mirzayi, M., M. Arabkhedri, S. Feyznia and H. Ahmadi. 2003. Comparison of Statistical Methods to Estimate Suspended Sediment in Rivers. Iranian Journal of Natural Resources, 58: 301-315 (In Persian).
23. Moradi, H., M. Behzadfar and S. Sadeghi. 2007. An Investigation of Relationship between Precipitation Parameters and Erosivity in Khuzestan, Iran. The Scientific Journal of Agriculture, 29: 69-83 (In Persian).
24. Morgan, R.P.C. 1996. Soil Erosion and Conservation. 2nd edn. Cranfield University Press. 198 pp.
25. Muhire, I., F. Ahmed and M.M.M. Abd Elbasit. 2015. Spatio-Temporal Variations of Rainfall Erosivty in Rwanda. Journal of Soil Science and Environmental Management, 6: 72-83.
26. Nikkami, D. and M.H. Mahdian. 2015. Rainfall Erosivity Mapping in Iran. Journal of Watershed Engineering and Management, 6: 364-376 (In Persian).
27. Refahi, H. 2009. Water Erosion and Its Control. 1st edn. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 671 pp (In Persian).
28. Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool and D.C. Yoder. 1997. Predicting Soil Erosion by Water; a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook No. 703, USDA, Washington, DC, USA. 404 pp.
29. Rostami, M. and E. Ardeshir. 2001. A Method for Improving the Estimations of Rivers' Suspended Sediment Load. The 3th Iranian Hydraulic Conference, Tehran, Iran (In Persian).
30. Sadeghi, S.H.R and M. Behzadfar. 2004. Spatial Variation in the Rainfall Erosivity in Mazandaran Province. Caspian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2: 36-49 (In Persian).
31. Sadeghi, S.H.R., M. Moatamednia and M. Behzadfar. 2011. Spatial and Temporal Variation in the Rainfall Erosivty Factor in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 451-464.
32. Sadeghi, S.H.R., P. Saeidi, B. Raeisi and H. Nor. 2010. The Performance of the Logged Mean Loads Rating Curve for Improving the Correlation of Monthly Sediment Rating Curves. The 4th National Conference on Erosion and Sediment, Noor, Iran (In Persian).
33. Torabian Moghadam, E., M. Naderi, J. Mohammadi and R. Fatahi. 2014. Temporal and Spatial Variations of Rainfall Erosivity in South West of Iran. Journal of Water and Soil Conservation, 21: 139-157 (In Persian).
34. Yaghobzadeh, M.H. and M. Ghanbarpour. 2010. Evaluation of Snow Cover Maps Derived from MODIS Satellite Images and Modeling of Snowmelt Runoff -Case Study: Karaj Dam Basin. Journal of Earth Sciences, 19: 141-148 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]

The Influence of Rainfall Erosivity Temporal Variation on Suspended Sediment Load Seasonality (Case Study: Kasiliyan Basin)

Zahra Gerami Loshabi[1], Mahmood Arabkhedri[2], Hossein Asadi[3] and Reza Bayat[4]

1- Graduated M.Sc., University of Guilan
2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (Corresponding author: arabkhedri@scwmri.ac.ir)
3- Associate Professor, University of Tehran
4- Instructor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization

Received: August 23, 2014 Accepted: August 9, 2015

Abstract

Erosion rate has temporal variability and shows a cyclic fluctuation in each year as well as the factors influence it due to the seasonality of climate. This study was done to determine the seasonal variability of rainfall erosivity and suspended sediment and also to found out critical times in term of erosion risk in Kasiliyan watershed. The appropriate indices of monthly rainfall erosivity were determined for the aforementioned watershed based on regression analysis between EI_{30} and several easily accessible indices for 27 rain gauges inside and around the watershed. Finally, monthly maps of erosivity were produced by Kriging method. For estimating the suspended sediment, we used a combination of sediment rating curve of mean loads within discharge classes and average daily discharge data. Then, correlation between monthly sediment loads and corresponding erosivities was investigated. The results showed a strong seasonality for both rainfall erosivity and suspended sediment. Two peaks were observed in annual erosivity/precipitation in Kasilian basin, one in the late fall in Aban and Azar (Iranian month equal to Oct. 23 to Nov. 21) which was 41 $MJmmha^{-1}h^{-1}$ and another in spring in Farvardin (Iranian month equal to Mar. 21 to Apr. 20 which was 24 $MJmm\ ha^{-1}h^{-1}$). A change in precipitation type (rain to snow) due to the change in temperature is a possible reason for lower rainfall erosivity during winter. In contrast, the suspended sediment showed just one peak during spring in Farvardin (equal to Mar. 21 to Apr. 20 which was 13175 ton). Absorption of early rains by dry soils in the fall is most probable reason for little runoff and consequently low rate of sediment (3300 ton during Aban) in the outlet of watershed.

Keywords: Critical period, Rainfall erosivity, Sediment load, Sediment rating curve, Seasonal, Fluctuations

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.17.9]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.176]