دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بهینه‌سازی مدل WSM در برآورد فرسایش و رسوب با اصلاح ضرایب و استفاده از باران‌ساز در حوزه آبخیز نیر، استان یزد

علی مطلب نژاد[۱]، علی‌اکبر جمالی[۲]، محمد حسن‌زاده[۳] و کاظم دشتکیان[۴]

۱ و ۳- کارشناس ارشد و استادیار، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد
۲ - استادیار، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد
(نویسنده مسوول: jamaliaa@maybodiau.ac.ir)
۴- مربی، علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد
تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳۱

چکیده

فرسایش خاک منجر به شستشوی خاک سطحی، مواد آلی و در نهایت کاهش حاصل‌خیزی خاک خواهد شد. به‌منظور حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب‌زایی منطقه‌ای در حوزه آبخیز نیر، بر مبنای مدل WSM مدل‌سازی برآورد شدت رسوب خاک انجام شد. شش عامل این مدل برای هر واحد کاری امتیازدهی گردید. معمولاً مدل‌ها برای مناطق خاصی مناسب‌اند، لذا برای استفاده از آنها در شرایط مختلف، لازم است، ضرایب مدل‌ها در منطقه مورد مطالعه واسنجی شود. برای واسنجی، میزان رسوب‌دهی حاصل از مدل (تخمین) و حاصل از شبیه‌سازی باران (واقعی) در هر واحد کاری در این حوزه آبخیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، مقدار رسوب برآورد شده تمام واحدهای کاری بر اساس مدل WSM بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده از باران ساز بود و تا ۱۰ برابر می‌رسید. با اصلاح ضرایب توسط بهینه‌سازی در سالور (Solver)، با فن همگرایی 10^{-4}، مشتق‌گیری پیش‌رو و میزان جهش پیش‌فرض ۰/۰۷۵ با اصلاح ضرایب مدل و ایجاد مدلی جدید مقدار رسوب برآورد شده بر مقادیر اندازه‌گیری شده نزدیک‌تر شد و همبستگی مدل و مشاهده افزایش یافت. پیشنهاد می‌شود برای بهبود ضرایب، نتایج مدل اصلاحی، در چند حوزه دیگر با مقادیر واقعی، ارزیابی گردد تا با اطمینان بیشتری به‌عنوان مدل بومی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح ضرایب، تخمین، رسوب، فرسایش، مشاهده، WSM، نیر یزد

مقدمه

فرسایش و رسوب به آرامی باعث از بین رفتن خاک مناسب شده و تهدیدی برای غذا و آب بشر است که کمتر خطر آن مانند بلایای ناگهانی قابل حس است. محاسبه فرسایش و رسوب نیز به دلیل پیچیدگی این پدیده و دخالت عوامل متعدد کار برنامه‌ریزی و هشدار را مشکل کرده است. استفاده از مدل‌ها و مدل‌سازی با مبنا قرار دادن مدل‌های تجربی ارائه‌شده استفاده درست از مدل‌ها را ساده و برنامه‌ریزی را نیز آسان می‌کند، بنابراین هدف این مطالعه مدل‌سازی رسوب با واسنجی بهینه مدل WSM[1] با کمک و معرفی Solver (۱۸) است. در اهمیت خطر فرسایش و رسوب می‌توان اظهار داشت که فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که تأثیرات مخربی بر تمام بوم‌سازگان‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب اراضی، شدت یافته است (۱۶). فرسایش پدیده‌ای است که در آن مواد خاکی توسط عواملی از قبیل آب، باد و نیروی ثقل انتقال می‌یابند. آرمین و همکاران (۲) بیان می‌دارند که این پدیده با کاهش حاصل‌خیزی خاک و گوناگونی جانداران و میکرو اندامگان‌ها باعث تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی نظیر مراتع، جنگل‌ها و بوم‌سازگان‌های کشاورزی می‌گردد. عرب‌خدری (۱) اظهار می‌دارد که متأسفانه آمار دقیقی از میزان فرسایش خاک در ایران وجود ندارد. با استفاده از داده‌های ۲۰۹ ایستگاه رسوب سنجی، میزان رسوب‌دهی و فرسایش خاک کشور را به ترتیب حدود ۳۵۰ و ۱۰۰۰ میلیون تن در سال برآورد نموده است.

بررسی رواناب به‌عنوان یکی از فرآیندهای اصلی فرسایش خاک، امری ضروری است. از آن‌جا که اندازه‌گیری میزان روا ناب و فرسایش خاک تحت شرایط طبیعی بارندگی، زمان بر و پر هزینه است (۱۷) بهره‌گیری از همانند سازهای باران می‌تواند در حل این دشواری مناسب باشد. باران ساز مصنوعی روشی اقتصادی و شرایط کنترل شده آزمایشگاهی را در یک دوره کوتاه زمانی فراهم می‌کند (۱۵). به همین دلیل در بسیاری از پژوهش‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب به بهره‌گیری و استفاده از این وسیله نه تنها موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود، بلکه می‌توان مقدار رواناب و رسوب را به همراه تمامی فرآیندهای دخیل در فرسایش و تولید رسوب پایش کرد. به‌طور

1- Wallingford Scoring Model

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

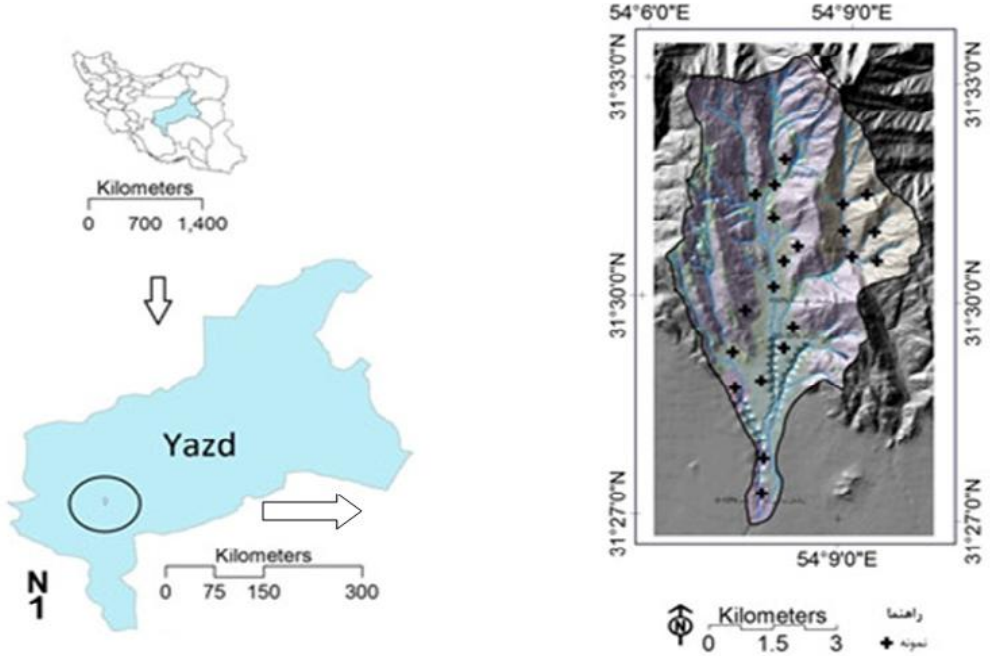
کلی از این روش می‌توان برای درجه‌بندی و اعتبارسنجی مدل‌های فرسایش فیزیکی بر پایه باران (۲۰،۱۴،۱۰،۴) و از نتایج شبیه‌سازی باران، به‌منظور هدف‌های مقایسه‌ای بهره‌گیری کرد (۵) واسنجی مدل‌های تجربی به صورت بهینه با ابزار Solver در مدل‌سازی‌های فرسایش خاک و هیدرولوژی در ایران که داده‌های آماری کم است بسیار مناسب است (۷) در مدل‌سازی باید ضرایب مدل با داده‌های واقعی واسنجی گردد (۲۳،۱۹،۹) از آن‌جایی که برآورد نزدیک به واقعیت میزان رسوب و پهنه‌بندی مناطق حساس به فرسایش به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح جهت حفاظت خاک ضروری به‌نظر می‌رسد، بنابراین در این تحقیق میزان رسوب‌دهی حوزه آبخیز نیر با توجه به واقعیت (باران‌ساز) و تخمین (مدل) بررسی گردید. هم‌چنین با توجه به اینکه ضرایب هر مدل برای منطقه‌ای خاص طراحی گردیده است با مقایسه میزان رسوب‌دهی حاصل از مدل (تخمین) و باران‌ساز (واقعی)، ضرایب مدل برای این منطقه اصلاح و مدلی جدید ارائه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نیر در فاصله ۹۰ کیلومتری جنوب غربی شهر یزد و در طول جغرافیایی ´۰۶ °۵۴ تا ´۰۹ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ´۲۷ °۳۱ تا ´۳۲ °۳۱ شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۲۸۸۶ متر و متوسط بارش سالانه به استناد آمار و اطلاعات موجود از ایستگاه‌های مجاور منطقه و استفاده از همبستگی ارتفاع و بارش حدود ۲۸۰ میلی‌متر در سال است. این منطقه با مساحتی حدود ۳۷/۷ کیلومترمربع در قسمت کوهپایه‌ای ضلع جنوبی ارتفاعات شیرکوه قرار گرفته است. محل‌های نمونه‌برداری و استقرار باران‌ساز نیر روی شکل در حوزه مشخص شده است (شکل ۱).

معرفی مدل WSM: مدل امتیازی موسسه والینگفورد از مدل‌های جدید محاسبه‌ی مقدار رسوب‌دهی سالانه است، این مدل نیمه کمّی است و از سه عامل کیفی شامل نوع خاک، وضعیت پوشش و علائم فعال فرسایش و سه عامل کمّی شامل شیب آبراهه اصلی حوزه، میانگین بارش و سطح حوزه تشکیل شده است. جدول ۱ عوامل موثر در مدل و نحوه امتیازدهی عوامل را نشان می‌دهد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و محل‌های استقرار باران‌ساز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

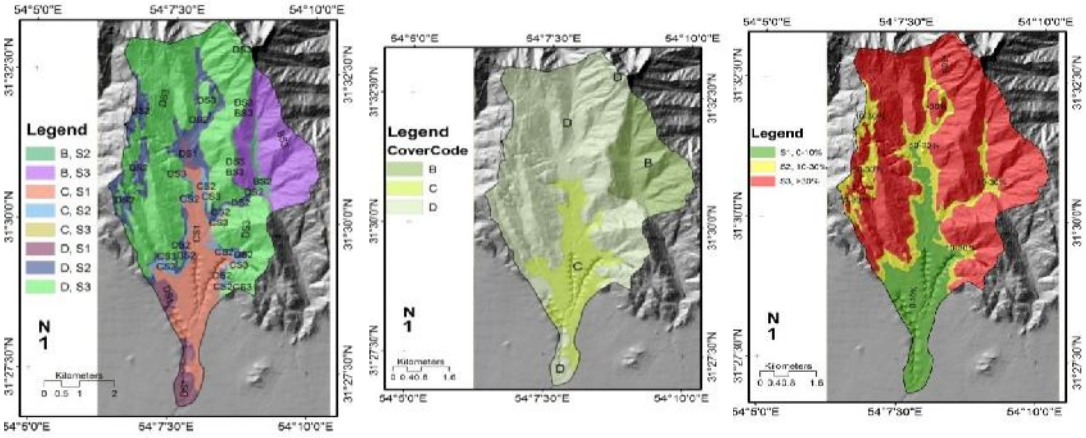
جدول ۱- عوامل مورد استفاده مدل WSM

عامل	امتیاز	توضیح
نوع خاک (S)	۱۰	زهکشی خوب، بافت خاک درشت‌دانه، وجود چاله‌های کم در سطح خاک بعد از بارندگی سنگین
	۲۰	زهکشی متوسط،بافت خاک متوسط، وجود تعدادی چاله‌های کوچک در سطح خاک بعد از بارندگی سنگین
	۳۰	زهکشی ضعیف، بافت خاک کاملاً متراکم و فشرده، وجود چاله‌های زیاد در سطح خاک بعد از بارندگی شدید
	۴۰	پوشش بسیار نا موثر و همچنین وجود سنگ و خاک سطحی نازک
وضعیت پوشش (V)	۵	پوشش عالی، کمتر از ۲۰٪ حوزه زمین کشاورزی شخم زده و بیش از ۶۰٪ حوزه علف‌زار و یا پوشش جنگلی محافظ
	۱۰	پوشش خوب، ۵۰-۲۰ درصد حوزه زمین کشاورزی شخم زده و ۶۰-۳۰ درصد حوزه علف‌زار و یا پوشش جنگلی محافظ
	۱۵	پوشش متوسط، بیش از ۵۰٪ حوزه زمین کشاورزی شخم زده و کمتر از ۳۰٪ حوزه علف‌زار و یا پوشش جنگلی محافظ
	۴۰	پوشش گیاهی با اثر کم، بیش از ۸۰٪ حوزه زمین لخت یا پوشش خیلی پراکنده و تنک
علائم فعال فرسایش (SE)	۵	عدم وجود خندق‌های فعال مستقیماً زهکش به مخزن یا آبراهه‌ها، عدم برش تحتانی کناری رودخانه در طول آبراهه اصلی
	۱۰	فعالیت کم فرسایش خندقی مستقیماً زهکش به مخزن یا آبراهه‌ها، کمی برش تحتانی کناری رودخانه در طول آبراهه اصلی
	۲۰	فعالیت نسبی فرسایش خندقی مستقیماً زهکش به مخزن یا آبراهه‌ها، برش تحتانی متوسط کناره در طول آبراهه اصلی
	۴۰	فعالیت زیاد فرسایش خندقی در مخزن یا آبراهه‌ها، برش تحتانی شدید کناره رودخانه در طول آبراهه اصلی
شیب آبراهه اصلی حوزه (SI)		شیبی که از آبراهه اصلی از نقشه عارضه‌نگاری ۱/۵۰۰۰۰ به دست می‌آید. (بر حسب درصد)
میانگین بارش (R)		میانگین بارش سالانه (بر حسب میلی‌متر)
سطح حوزه (A)		مساحت حوزه (بر حسب کیلومترمربع)

روش مطالعه: در این مطالعه به‌منظور بررسی میزان رسوب حوزه آبخیز نیر از مدل WSM استفاده شد. بدین منظور نقشه واحد کاری از نقشه‌های شیب، جهت، خاک، سنگ و پوشش گیاهی، تهیه شد تا طبق هر واحد کاری امتیازدهی مدل انجام شود. البته به دلیل یکنواختی خاک و سنگ فقط دو نقشه شیب و پوشش گیاهی در تعیین واحدهای کاری استفاده شد (شکل ۲). با امتیازدهی پارامترهای کمّی و کیفی مدل WSM شامل نوع خاک، وضعیت پوشش، علائم فعال فرسایش، شیب آبراهه اصلی حوزه، میانگین بارش و مساحت حوزه (جدول ۱) برای هر واحد کاری مقدار رسوب ویژه سالانه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$SSY=0.0194\times A^{-0.2}\times R^{0.7}\times SI^{0.3}\times SE^{1.2}\times S^{0.7}\times V^{0.5} \quad (1)$$

که در این رابطه به ترتیب: SSY= مقدار رسوب‌دهی سالانه (تن بر کیلومتر مربع بر سال)، A= مساحت (کیلومتر مربع)، R= میانگین بارش (میلی‌متر)، SI = شیب آبراهه واحدکاری بر حسب درصد، SE= علائم فعال فرسایش، S= نوع خاک، V= وضعیت پوشش می‌باشد.



الف ب ج

شکل ۲- الف: نقشه شیب ب: نقشه پوشش گیاهی ج: نقشه تلفیقی یا واحد کاری حوزه آبخیز نیر

همچنین به‌منظور بررسی دقت مدل برای تعیین میزان رسوب حوزه و همچنین اصلاح ضرایب مدل برای منطقه مورد مطالعه، با استفاده از باران‌ساز و شبیه‌سازی باران منطقه، اقدام به اندازه‌گیری میزان رسوب در هر واحد کاری گردید.

باران‌ساز نمونه‌ای ساخته شده و ابتکاری در دانشگاه آزاد اسلامی وحد میبد است که ابعاد سینی آن ۱متر در ۱ متر با ارتفاع قابل تنظیم در حد ۱ تا ۲ متر و با قابلیت تغییر شدت با توجه به ارتفاع آب در مخزن آن است. قبل از انجام دادن آزمایش‌ها، باران‌ساز بر اساس

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

متوسط شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای منطقه کالیبره و تنظیم گردید. برای تعیین شدت متوسط بارندگی منطقه از بیشینه شدت بارش منطقه در دوره آماری ۱۹ ساله (۱۳۸۹- ۱۳۷۱) استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SMADA6.43[1] با در نظر گرفتن دوره بازگشت ۲ ساله (احتمال وقوع برابر با ۵۰ درصد)، میانگین شدت بارش در دوره آماری مورد نظر به دست آمد.

با توجه به اینکه مقدار فرسایش همان رسوب ناخالص است، برای به دست آوردن رسوب در حوزه از نسبت رسوب‌دهی یا (SDR)[2] نسبت تحویل رسوب ۲ استفاده می‌شود. مقدار رسوب واقعی هر واحد کاری توسط رابطه ۲ به دست آمد.

(۲) مقدار فرسایش حاصل از باران‌ساز = رسوب واقعی × SDR

سپس با مقایسه نتایج حاصل از مدل و اندازه‌گیری مستقیم میزان رسوب در منطقه، ضرایب مدل اصلاح گردید. به‌منظور اصلاح ضرایب مدل از نرم‌افزار Solver در محیط اکسل، استفاده شد. Solver یکی از ابزارهای مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اصلاح بهینه ضرایب مدل‌ها و مدل‌سازی است. با استفاده از این گزینه ضرایب یک معادله در حالت بهینه با رسیدن به کم‌ترین اختلاف برآورد و مقادیر واقعی داده‌ها تعیین می‌گردد. به کمک مدل جدید مقدار رسوب هر واحد کاری به دست آمد. هم‌چنین برای مقایسه مقدار رسوب حاصل از باران‌ساز در هر واحد کاری از تجزیه واریانس یک طرفه[3] و برای بررسی تغییرات آن از آزمون دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج میزان رسوب‌دهی واحدهای کاری مختلف را بر اساس باران ساز و مدل WSM نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار رسوب‌دهی تمام واحدهای کاری بر اساس مدل WSM بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده از باران‌ساز است. به طوری که در مورد اکثر واحدهای کاری مقدار رسوب برآورد شده بیش از ۱۰ برابر مقدار اندازه‌گیری شده است. مقدار رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه به وسیله باران ساز از ۲۹/۶۳ تا ۴۰۷/۱۷ تن بر کیلومترمربع در سال متغیر می‌باشد در حالیکه مقدار رسوب برآورد شده توسط مدل بین ۱۵۶/۳۲ تا ۴۹۹/۹۴ تن بر کیلومترمربع در سال است. از آن‌جایی‌که مدل WSM برای منطقه‌ای غیر از ایران ابداع شده، برای استفاده آن در منطقه نیز که دارای شرایط اقلیمی و خاکی متفاوتی است و هم‌چنین به‌منظور کاهش اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده نیاز به تعیین ضرایب منطقه‌ای است. در این تحقیق ضرایب منطقه‌ای مورد نظر توسط نرم‌افزار Solver واسنجی گردید. بهینه‌سازی در Solver، با فن همگرایی ۴-۱۰، مشتق‌گیری پیش‌رو و میزان جهش پیش‌فرض ۰/۰۷۵ انجام شد که این موارد از اصول علمی بهینه‌سازی است که در پیش‌فرض نرم‌افزار قرار دارد و این تنظیمات در دقت و سرعت عملیات تا حدی تأثیرگذار است. جدول ۳ ضرایب اولیه و ضرایب تغییریافته مدل را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود با اصلاح ضرایب توسط نرم‌افزار Solver، ضرایب ثانویه شیب حوزه و نوع خاک از حالت مثبت به منفی تغییر می‌یابند. از آن‌جایی‌که تغییر علامت ضرایب در مدل جایز نیست، مجدداً در نرم‌افزار Solver ضرایب مشروط بر این که دو عامل مذکور منفی نشود اصلاح گردید (شکل ۳ الف). در واسنجی ضرایب در مدل مقادیر اولیه و ثانویه ضرایب مهم است که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- میزان رسوب اندازه‌گیری شده توسط باران‌ساز و برآورد شده توسط مدل WSM

واحد کاری	رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه (تن بر کیلومترمربع در سال) (مشاهده‌ای)	رسوب برآورد شده از مدل WSM (تن بر کیلومترمربع در سال) (تخمینی)	رسوب برآورد شده بعد از اصلاح ضرایب (مدل جدید)
BS2	۱۳۷/۸۱	۲۵۸/۶۷	۱۵۵/۴۷
BS3	۱۲۴/۹۹	۲۳۲/۷۰	۳۶/۶۸
CS1	۹۴/۹۶	۱۵۶/۳۲	۵۴/۱۷
CS2	۱۱۹/۰۵	۴۳۲/۱۳	۱۳۹/۸۳
DS1	۴۰۷/۱۷	۴۹۹/۹۴	۳۹۹/۹۰
DS2	۲۰۰/۹۵	۳۴۱/۶۷	۱۹۰/۶۶
DS3	۲۹/۶۳	۳۷۰/۳۹	۸۴/۷۱

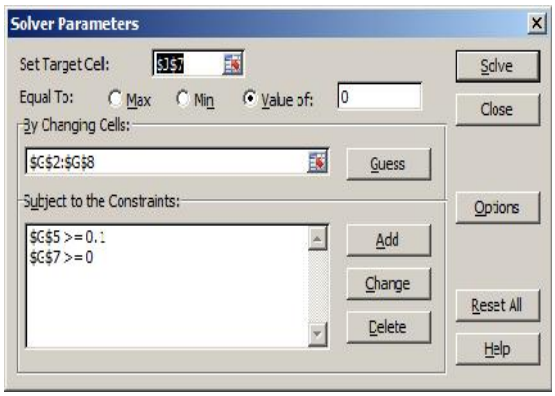
1- Storm Water Management and Design Aid
2- Sediment Delivery Ratio
3- One-Way ANOVA

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

جدول ۳- ضرایب اولیه و ثانویه مدل WSM

نوع عامل فرسایشی	ضرایب اولیه در مدل	ضرایب ثانویه حاصل از نرم‌افزار Solver	ضرایب ثانویه در حالت مشروط کردن شیب حوزه و نوع خاک
ضریب سطح حوزه(A)	۰/۰۱۹۴	۰/۰۰۳۳	۰/۰۲۱
ضریب توانی سطح حوزه (A)	-۰/۲	-۰/۴۶۶	-۰/۷۰
ضریب توانی میانگین بارش (R)	۰/۷	۰/۹۱۱	۰/۶۳
ضریب توانی شیب حوزه (SI)	۰/۳	-۰/۲۷۴	۰/۱
ضریب توانی علائم فعال فرسایش (SE)	۱/۲	۱/۲۸۹	۱/۲۰
ضریب توانی نوع خاک (S)	۰/۷	-۰/۱۳۱	۰/۰۴
ضریب توانی وضعیت پوشش (V)	۰/۵	۰/۸۵۶	۱/۱۹

ب



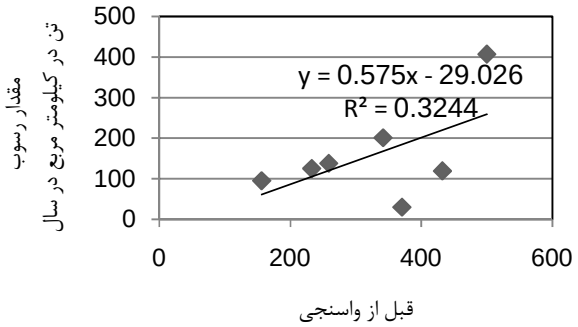
الف

شکل ۳- الف- محیط Solver با هدف به صفر رساندن اختلاف مشاهده و تخمین با تغییر دادن سلول‌های ضرایب و با اعمال شروط منفی نشدن ب- باران ساز ساخته شده توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد و مستقر شده در ۲۱ نقطه حوزه (۷ واحد کاری با ۳ تکرار)

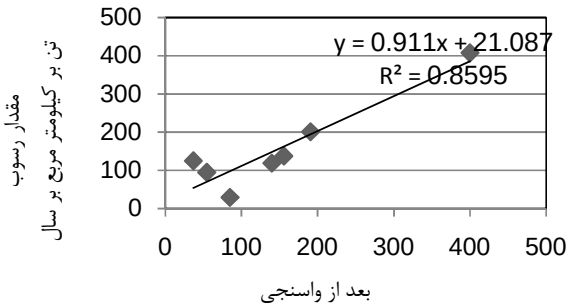
شکل ۵ و ۶، نمودارهای همبستگی مقادیر رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه با شبیه‌سازی بارش‌های ۳۰ دقیقه‌ای با بیشینه شدت رخ داده در دوره آماری ۱۹ ساله (۱۳۸۹- ۱۳۷۱) بارندگی منطقه با باران ساز و مقدار رسوب برآورد شده با مدل WSM قبل و بعد از اصلاح ضرایب را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با اصلاح ضرایب مدل (شکل ۶)، مقدار ضریب تباین از ۰/۳۲ به ۰/۸۶ رسیده است که بیانگر بهبود ضرایب تغییریافته مدل است.

همان‌طور که خط برازش شده از نمودار نیز نشان می‌دهد با تغییر ضرایب در شکل ۶ مقدار رسوب برآورد شده از مدل به مقدار رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه نزدیک‌تر شده است. در شکل ۷ نتایج آزمون دانکن مقایسه میانگین‌ها درباره میزان رسوب مشاهده شده از باران ساز و محاسبه شده با مدل واسنجی شده و با مدل اصلاح نشده را نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد بررسی شد.

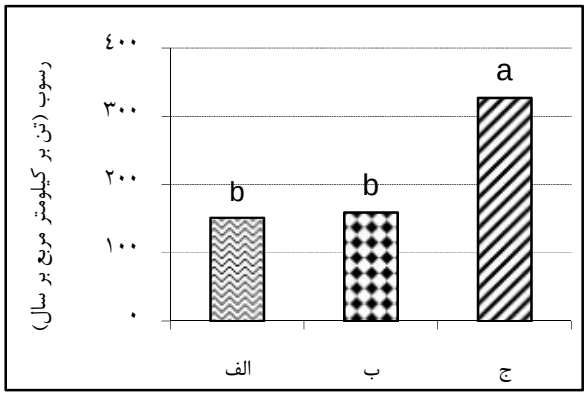
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]



شکل ۴- نمودار همبستگی رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه با مقدار برآورد شده با مدل WSM



شکل ۵- نمودار همبستگی رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه با مقدار برآورد شده با مدل WSM بعد از اصلاح ضرایب



شکل ۶- نتایج آزمون دانکن الف- میزان رسوب مشاهده‌شده از باران‌ساز ب- میزان رسوب محاسبه‌شده با مدل واسنجی شده ج- میزان رسوب محاسبه‌شده با مدل اصلاح‌نشده که تفاوت معنی‌دار بین الف و ب در سطح ۹۵ درصد نبود و با (ج) وجود داشت.

با اصلاح ضرایب مدل WSM توسط نرم‌افزار Solver بیش‌ترین تغییر ضرایب در سه عامل ضریب توانی سطح حوزه (A)، ضریب توانی نوع خاک (S) و ضریب توانی وضعیت پوشش (V) است. با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین تغییر ضریب (با اعمال شرط) در ضریب توانی نوع خاک (S) می‌باشد، به طوری که پس از اصلاح ضریب، مقدار آن بسیار کوچک‌تر شده است. در نتیجه تأثیر آن در رسوب‌زایی منطقه در حد چشمگیری کاهش یافته است. ضریب توانی سطح حوزه (A) پس از اصلاح به بیش از سه برابر ضریب اولیه افزایش یافته است و با توجه به تأثیر کاهنده آن (منفی) مقدار رسوب را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. در مورد عامل وضعیت پوشش گیاهی، پس از اصلاح ضریب توانی وضعیت پوشش (V) توسط نرم‌افزار Solver مقدار ضریب جدید

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

به بیش از دو برابر ضریب اولیه افزایش داشت. در نتیجه سهم این عامل در ایجاد رسوب نسبت به حالت اول بیش‌تر می‌شود، به‌طوریکه مقدار ضریب ثانویه وضعیت پوشش گیاهی به حدود عامل علائم فعال فرسایشی (SE) می‌رسد که پیش از این بیش‌ترین تأثیر را در رسوب‌دهی منطقه داشته است.

با اصلاح ضرایب اختلافات تا حد زیادی کاهش می‌یابد و بیش‌ترین اختلاف در مقدار اندازه‌گیری شده و برآورد شده در واحدهای کاری BS3 و DS3 مشاهده می‌شود. این ۲ واحد کاری با مساحت‌های ۵/۶ و ۱۸/۱ کیلومتر مربع از وسیع‌ترین واحدهای کاری موجود هستند (جدول ۲).

بین میانگین فرسایش واحدهای کاری DS1, DS2 و DS3 اختلاف معنی‌داری وجود دارد. واحد کاری DS1 با ۴۶/۹۵ (gr.m-2.30min-1) دارای بیش‌ترین مقدار فرسایش نسبت به سایر واحدهای کاری و واحد کاری DS3 با ۳/۹ (gr.m-2.30min-1) دارای کم‌ترین مقدار فرسایش نسبت به سایر واحدهای کاری است (شکل ۲)، که این اختلاف ناشی از اختلاف در خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و عارضه‌نگاری واحدهای کاری است. میزان رسوب واحدهای کاری با پوشش گیاهی رابطه عکس و با شیب واحدهای کاری رابطه مستقیم دارد. در تأیید این مطلب نجم و همکاران (۱۳) به این نتیجه دست یافتند که افزایش پوشش باعث کاهش رسوب‌دهی حوزه می‌شود. نتایج تأثیر شیب نیز با نتایج تحقیقات فضل الهی آقاملکی؛ محمدی‌ها و همکاران (۱۲،۳) مطابقت دارد.

مقدار رسوب‌دهی تمام واحدهای کاری بر اساس مدل WSM بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده از باران‌ساز است. به‌طوری‌که در مورد بعضی از واحدهای کاری مقدار برآورد شده بیش از ۱۰ برابر مقدار اندازه‌گیری شده است. مقدار رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه به وسیله باران ساز از ۲۹/۶۳ تا ۴۰۷/۱۷ تن بر کیلومتر مربع در سال متغیر است درحالی‌که مقدار رسوب برآورد شده توسط مدل بین ۱۵۶/۳۲ تا ۴۹۹/۹۴ تن بر کیلومتر مربع در سال است. از آنجایی‌که باران‌ساز میزان رسوب را در شرایط طبیعی منطقه اندازه‌گیری می‌کند، درصد خطای آن نسبت به مدل کم‌تر است که این نتایج با یافته‌های (۲۲،۲۱،۱۳،۱۱،۸،۶) نیز هم‌خوانی داشت. می‌توان اظهار داشت که ضرایب مدل بر اساس شرایط آب و هوایی خاصی طراحی گردیده است، بنابراین با استفاده از داده‌های حاصل از باران‌ساز می‌توان ضرایب مدل را اصلاح نمود. نتایج نشان داد با اصلاح ضرایب اختلافات تا حد زیادی کاهش می‌یابد و مقدار رسوب برآورد شده توسط مدل پس از اصلاح ضرایب بین ۵۴/۱۷ تا ۳۹۹/۹۰ است.

نتایج همبستگی میزان رسوب حاصل از باران ساز و مدل WSM قبل و بعد از اصلاح ضرایب نشان داد، با اصلاح ضرایب مدل، مقدار ضریب تباین از ۰/۵۷ به ۰/۹۵ رسیده است که بیانگر بهبود ضرایب تغییریافته مدل است. همان‌طور که خط برازش شده از نمودار نیز نشان می‌دهد با تغییر ضرایب مقدار رسوب برآورد شده از مدل به مقدار رسوب اندازه‌گیری شده در منطقه نزدیک‌تر شده است. برای استفاده از مدل‌ها، واسنجی آنها با داده‌های مشاهده‌ای و استفاده از فن‌های محاسباتی بهینه مانند Solver در کاهش خطای سامانمند بسیار اهمیت دارد که در این مقاله مشخص شد و به واسنجی مدل پرداخته شد. از مدل جدید به دست آمده، برای برآورد رسوب‌دهی حوزه‌های مشابه در منطقه نیز می‌توان استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود برای سنجش و بهبود ضرایب، نتایج مدل اصلاحی، در چند حوزه دیگر با مقادیر واقعی، ارزیابی گردد تا با اطمینان بیشتری به‌عنوان مدل بومی استفاده گردد.

منابع

1. Arabkhedri, M. 2005. Study of suspended sediment yield in Iran Basins. Iranian Journal of Water Resources Research, 2: 51-60. (In Persian)
2. Armin, M., A. Telvari, A. Najafinejad and V. Ghorbannia. 2007. Study of slope, rainfall duration and soil texture effects on soil erosion using rainfall simulator FEL3. In 4th Conference of Watersheds Science and Management, School of Natural Resources, Tehran University, 356 pp. (In Persian)
3. Fazlollahi Aqamaleki, A. 2006. Study of Terraces Sediment flux using the rainfall simulator and erodibility factor (studied area: the Abasabad Jajrud), 165 pp. (In Persian)
4. Ferreira, A.J.D., C.O.A. Coelho, C.J. Ritsema, A.K. Boulet and J.J. Keizer. 2008. Soil and water degradation processes in burned areas : Lessons learned from a nested approach, Catena, 74: 273-285.
5. Foster, I.D.L., M.A. Fullen, R.T. Brandsma and A.S. Chapman. 2000. Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedo-geomorphological research: the Coventry experience. Earth Surface Process, 25: 691-707.
6. Henshaw, A.J., A.M. Gurnell, W. Bertoldi and N.A. Drake. 2013. An assessment of the degree to which Landsat TM data can support the assessment of fluvial dynamics, as revealed by changes in vegetation extent and channel position, along a large river. Geomorphology, 202: 74-85.
7. Jamali, A.A., S.A. Ayyoubzadeh and M. Mahdavi. 2006. Calibration of Hydrologic Empirical Methods for Estimating the Flood Peak in the Uromia Lake. In European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) Symposium on Hydropower, Flood Control and Water Abstraction: Implications for Fish and Fisheries. FAO, Austria, Mondsee, 320 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

8. Jamali, A.A., M. Chabok, H. Zaree Mahmoodabadi and Z. Ebrahimi. 2010. A Soil Conservation Planning in Arid Environments by GIS and SMCE (Case Study: Jamz-Tabas-Iran). Proceeding of 1st Applied Geology Conference, Mashhad IAU, 1-5.
9. Lewis, T. and S.F. Lamoureux. 2010. Twenty-first century discharge and sediment yield predictions in a small high Arctic watershed. Global and Planetary Change, 71: 27-41.
10. Li, X.J., X.R. Li, W.M. Song, Y.P. Gao, J.G. Zheng and R.L. Jia. 2008. Effects of crust and shrub patches on runoff, sedimentation, and related nutrient (C, N) redistribution in the desertified steppe zone of the Tengger Desert, Northern China. Geomorphology, 96: 221-232.
11. Mahdavi, M., A.A. Jamali, S.A. Ayyoubzadeh and M. Vafakhah. 2004. Sensitivity Study of some Hydrologic Empirical Methods for Estimating the Flood Peak Due to Drainage Area in Watersheds of Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 3: 403-414. (In Persian)
12. Mohammadiha, S., H. Peyrovan, R. Musavi Harami and S. Feyznia. 2009. Evaluation of erosion and sediment generation using FSM model and simulate rain catchment and sub-catchments Ivanaki it, 6th Conference of Iranian Engineering Geology and Environment, 232 pp. (In Persian)
13. Najm, Z., N. Keyhani, K. Rezaei, A.N. Nezamabad and S.H. Vaziri. 2013. Sediment Yield and Soil Erosion Assessment by Using an Empirical Model of MPSIAC for Afjeh & Lavarak Sub-Watersheds, Iran. Earth Sciences, 2: 14-22.
14. Neave, M. and S. Rayburg. 2007. Nonlinear biofluvial responses to vegetation change in a semiarid environment. Geomorphology, 89: 217-239.
15. Sadeghi, S., S. Razavi and R. Raiisian. 2006. Runoff comparison in dry land and poor grassland in summer and winter. Journal of Agricultural Research, Water, Soil and Plant Agriculture, 4: 11-22.
16. Sheklabadi, M., H. Khademi and A. Charkhabi. 2003. Runoff production in soils with different parent materials in Golabad Watershed, Ardestan. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Journal, 2: 85-101. (In Persian)
17. Sheridan, G., P. Noske, P. Lane and C. Sherwin. 2008. Using rainfall simulation and site measurements to predict annual inter rill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements. Catena, 73: 49-62.
18. Solver. 2013. Solver for Optimization. Microsoft Office Excel. (http://www.solver.com/excel-solver-how-load-or-start-solver) 851 pp.
19. Stott, T. and N. Mount. 2007. Alpine proglacial suspended sediment dynamics in warm and cool ablation seasons: Implications for global warming. Journal of Hydrology, 332: 259-270.
20. Vivoni, E.R., G. Mascaro, S. Mniszewski, P. Fasel, E.P. Springer, V.Y. Ivanov and R.L. Bras. 2011. Real-world hydrologic assessment of a fully-distributed hydrological model in a parallel computing environment. Journal of Hydrology, 409: 483-496.
21. Xie, T., X. Liu and T. Sun. 2011. The effects of groundwater table and flood irrigation strategies on soil water and salt dynamics and reed water use in the Yellow River Delta, China. Ecological Modelling, 222: 241-252.
22. Zhang, Y., Y. Wang, Y. Wang and H. Xi. 2009. Investigating the Impacts of Landuse-landcover (LULC) Change in the Pearl River Delta Region on Water Quality in the Pearl River Estuary and Hong Kong's Coast. Remote Sensing, 1: 1055-1064.
23. Zhou, J.W., P. Cui and X.G. Yang. 2013. Dynamic process analysis for the initiation and movement of the Donghekou landslide-debris flow triggered by the Wenchuan earthquake. Journal of Asian Earth Sciences, 76: 70-84.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

WSM Model Optimization in Soil Erosion and Sediment Estimating, by Coefficient Modifying and using Rainfall Simulator in Nir Watershed-Yazd Province

Ali Motalebnejad[1], Ali Akbar Jamali[2], Mohammad Hasanzadeh[3] and Kazem Dashtakian[4]

1 and 3- M.Sc. and Assistant Professor, Department of Watershed MGT, College of Natural Resources, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran
2- Assistant professor, Department of Watershed MGT, College of Natural Resources, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran, (Corresponding author: jamaliaa@maybodiau.ac.ir)
4- Faculty Member (Senior Lectuerer) of Yazd Agriculture and Natural Research Center
Received: July 21, 2013 Accepted: July 22, 2014

Abstract

Soil erosion leads to washing topsoil, organic matter and soil fertility will decrease eventually. In order to combat erosion and loss of soil, conservation and watershed sediment generation in the NIR region, based on the WSM modeling was performed to estimate the severity of soil deposits. The model with six factors was scored for each work unit. Usually suitable model for certain areas that used them in different situations, needs to model coefficients be calibrated in the study area. For calibration, were measured the amount of precipitation from the model (estimated) and the simulated rain (objective) per work units in this watershed. The results were showed that in some work units the amount of estimated is more than 10 times versus the amount of real data (model with overestimating). The coefficients correction was done by optimizing in the Solver, with convergence (10-4), mutation and forward derivative (0.075) technology, with default values. With using the correction coefficients in the model and establishing a revised model, estimated sediment was closer to the objective values and were increased the correlation between estimate and the observed. Thus the modified model for areas with similar soil and climatic conditions in Yazd province, which has been used with caution. It is suggested to improve the coefficients, with the modified model results in a basin with actual values, to evaluate more confidently be used as local models.

Keywords: Correction Coefficients, Estimation, Sediment, Erosion, Observation, WSM, Nir Yazd

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]