

مدل‌سازی برآورد نسبت تحویل رسوب رگبار در حوزه آبخیز چهل‌گری بر اساس ویژگی‌های اقلیمی و هیدرولوژی

لیلا غلامی^۱، * سیدحمیدرضا صادقی^۲ و عبدالواحد خالدی‌درویشیان^۳

^۱دانش‌آموخته گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، آدانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور،

^۲دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۷

چکیده

استفاده از نسبت تحویل رسوب در حوزه‌های آبخیز به منظور تبدیل مقادیر اندازه‌گیری و یا تخمینی رسوب به فرسایش خاک برای متخصصان حفاظت خاک و آب ضروری است. حال آن‌که عملکرد کلیه مدل‌های موجود و استناد به نتایج به‌دست آمده از آنها به دلیل تفاوت در فرآیند فرسایش خاک و تولید رسوب در آبخیز محل تهیه آنها همواره سوال‌برانگیز بوده است. از این‌رو، در پژوهش حاضر سعی بر آن بوده تا از طریق اندازه‌گیری مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب ۱۱ رگبار مطالعاتی، مقدار دقیق نسبت تحویل رسوب تعیین، و ارتباط آن با عوامل مختلف اقلیمی و هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز چهل‌گری سد قشلاق مورد بررسی قرار گیرد. نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی، دلالت بر امکان برآورد مناسب نسبت تحویل رسوب با استفاده از متغیرهای دبی اوج، حجم روان‌آب و عامل فرسایش با ضریب تعیین و خطای نسبی به ترتیب حدود ۹۸ و ۳۳ درصد داشته است. هم‌چنین نتایج آزمون t جفتی نبود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی نسبت تحویل رسوب را تأیید نمود.

واژه‌های کلیدی: استان کردستان، تولید رسوب، سد قشلاق، مدل فرسایش خاک، نسبت تحویل رسوب

مقدمه

ضروری است. این نیازها موجب می‌شود که محققان در امر فرسایش و رسوب به مطالعه فرآیندهای تحویل رسوب در داخل حوزه‌های آبخیز و استفاده از مدل‌های توزیع‌یافته مکانی روی آورند (راشکی، ۲۰۰۶). از طرفی کنترل بار رسوبی ورودی به منابع آبی یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد بررسی در مدیریت کیفیت آب است. بار رسوبی در تشخیص منابع آلودگی غیرنقطه‌ای^۱ و هم‌چنین در طراحی و ساخت سازه‌های آبی مانند سدها و مخازن به‌عنوان یک فاکتور اساسی مطرح می‌باشد. از آن‌جایی‌که

امروزه بسیاری از کشورهای جهان به‌وسیله تخریب اراضی ناشی از فرسایش خاک و رسوب‌گذاری در منابع آبی تهدید می‌شوند. این روند منجر به هدررفت توان تولید خاک، تخریب کیفیت آب و کاهش توان پیش‌گیری و مهار حوادث طبیعی از قبیل سیلاب‌ها شده است (نووتنی و اولم، ۱۹۹۴). از طرفی توسعه راه‌کارهای مدیریت خاک و کشاورزی پایدار، کاهش مقدار رسوبات در پایین‌دست رودخانه‌ها و تشخیص مناطق فرسایشی

راموس- شارون و مکدونالد (۲۰۰۷) گزارش نمودند که بار رسوبی تخمین زده شده به وسیله نسبت تحویل رسوب از آبخیزی به آبخیز دیگر تغییر می‌کند. طبق همین نتایج مقدار بار رسوبی تخمینی برای حوزه‌های با پتانسیل تحویل رسوب متوسط به نسبت تحویل رسوب انتخابی حساسیت بالایی نشان داد. در ایران نیز راشکی (۲۰۰۶) حوزه آبخیز کهنوک خاش را برای برآورد نسبت تحویل رسوب با استفاده از مدل توزیعی نرخ تحویل رسوب متوسط به سلول‌هایی به ابعاد ۲۰ متر شبکه‌بندی و مقدار آن را ثابت برآورد کرد. دستورانی و همکاران (۲۰۰۶) در برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه زیارت گرگان، ضمن برآورد نسبت تحویل رسوب به این نتیجه رسیدند که استفاده از روابط متکی بر مساحت حوزه دارای دقت کافی نمی‌باشد. گروسی (۲۰۰۷) قابلیت مدل شبیه‌سازی پاسخ محیطی آبخیز به منابع آلودگی غیرنقطه‌ای^۷ در تخمین نسبت تحویل رسوب یک حوزه آبخیز کشاورزی طی ۳ رگبار را بررسی و نسبت یاد شده را بین ۳۲ تا ۶۸ درصد گزارش نمود. ارتباط نسبت تحویل رسوب با حداکثر غلظت بار معلق روان‌آب و حداکثر شدت بارندگی به صورت معکوس و به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد، و با متوسط شدت بارش به صورت مستقیم در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار ارزیابی شد. هم‌چنین صادقی و همکاران (۲۰۰۸) اختلاف روش‌های مبتنی بر روش‌های اصلاح شده رابطه جهانی فرسایش خاک^۸، ابزار ارزیابی خاک و آب^۹ و سرویس جنگل امریکا با مقادیر مشاهده‌ای نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز چهل‌گزی سد قشلاق را ارزیابی نمودند. نتایج ارزیابی بر تغییر زیاد نسبت تحویل رسوب اندازه‌گیری شده طی رگبارها از ۱/۲۶ تا ۸۴/۶۷ درصد و کارآیی مختلف روش‌های یاد شده در تخمین نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز مورد مطالعه دلالت داشته است.

همان‌طور که از بررسی سوابق استنباط می‌شود، روابط متعدد برای تخمین نسبت تحویل رسوب در سرتاسر جهان تهیه و معرفی گردیده‌اند (فررو و میناکاپیلیا، ۱۹۹۵؛

بار رسوب معمولاً برای کل حوزه به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود. بنابراین، روش‌های غیرمستقیم مانند مدل‌های نسبت تحویل رسوب^۱ برای تخمین آن مورد توجه قرار گرفته است (موتوا و کلیک، ۲۰۰۴).

بسیاری از روش‌های موجود برای تخمین نسبت تحویل رسوب اغلب بر روش داده‌پردازی^۲ و توصیف‌گرهای محلی مانند بارندگی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خصوصیات خاک استوار می‌باشد. این روش‌ها اغلب از روابط تجربی استفاده نموده و داده‌های بسیار زیادی را برای واسنجی لازم دارند. حال آن‌که در بسیاری از حوزه‌های آبخیز این‌چنین داده‌هایی کم و فقط در مقیاس‌های محلی موجود می‌باشند. برخی روش‌های نسبت تحویل رسوب برای یک رگبار و برخی دیگر مقدار متوسطی از نسبت تحویل رسوب حوزه آبخیز و در مقیاس‌های زمانی بزرگ‌تر مثل سال را ارائه می‌دهند (صادقی و همکاران، ۲۰۰۸).

طی سال‌های اخیر پژوهش‌ها و بررسی‌های گسترده‌ای در زمینه عوامل مؤثر و برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه‌های آبخیز (خان‌بیل‌وردی و روجووسکی، ۱۹۸۴) صورت گرفته که در نهایت منجر به ارائه مدل‌های جدیدی برای برآورد نسبت تحویل رسوب شده است. فرناندز و همکاران (۲۰۰۳)، گوین و همکاران (۲۰۰۵) مدل توزیعی تحویل رسوب^۳ به همراه معادله جهانی هدررفت خاک تجدید نظر شده^۴ را برای برآورد میزان رسوب سالانه به‌کار بردند. موتوا و کلیک (۲۰۰۴) دیدگاه جدیدی را در حوزه آبخیز بزرگ مازینگا در کنیا برای تخمین نسبت تحویل رسوب با استفاده از مدل توزیع رسوب دامنه^۵ ارائه دادند که براساس یک مدل هیدرولوژیکی- فیزیکی توزیع‌یافته در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی^۶ بود. چانگ (۲۰۰۶) با بررسی نسبت تحویل رسوب در طی رگبار به این نتیجه رسید که این نسبت در طول هر رگبار نیز متغیر است.

1- Sediment Delivery Ratio (SDR)

2- Data-Driven

3- Sediment Delivery Distributed Model (SEDD)

4- Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

5- Hillslope Sediment Distributed Delivery Model (HSDD)

6- Geographical Information System (GIS)

7- Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Response Simulation (ANSWERS)

8- Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)

9- Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

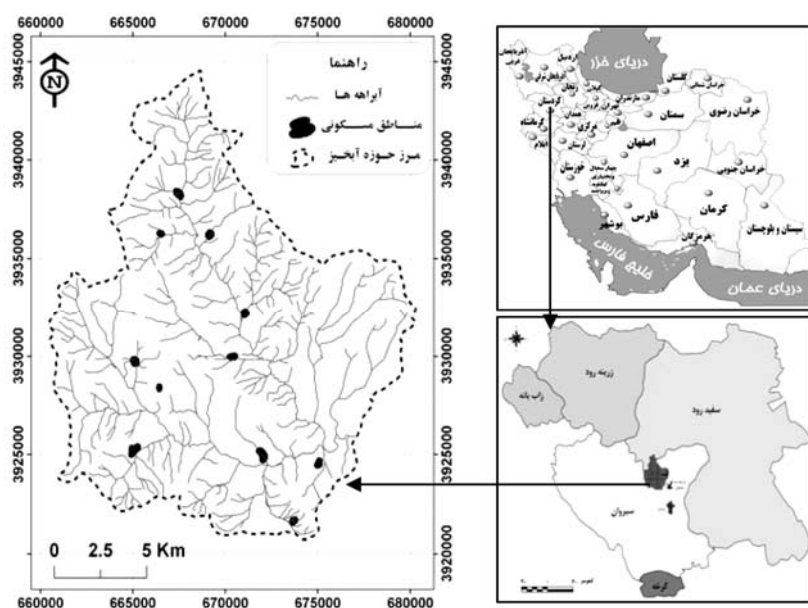
دامنه نامنظم، رودخانه و زمین لغزش می باشد. گسل های قلوژه، چتان و شمال گاودره از مهم ترین گسل های موجود در منطقه است. در این آبخیز، شیل، بستر رودخانه ها، آبرفت ها و زمین های زراعتی دارای بیش ترین فرسایش و آندزیت و آهک های میکروفسیل دار کم ترین فرسایش را دارد (سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۹۹۳).

محاسبه رسوب مشاهده ای رگبارها: در این مطالعه طی دوره زمانی آبان ماه ۱۳۸۵ تا اردیبهشت ماه ۱۳۸۶، ۱۱ رگبار منجر به ایجاد تغییر در تراز آب و به عبارتی وقوع سیلاب (جدول ۱) جمع آوری، و مورد استفاده قرار گرفت. تمامی رگبارهای اتفاق افتاده و تغییر رفتاری در پاسخ هیدرولوژیکی به سبب نوع بارش در فرصت تحقیق مورد توجه قرار گرفت. طبیعی است رفتار متفاوت حوزه آبخیز به ورودی های مختلف در مقدار نسبت تحویل رسوب به دست آمده منعکس شده است. اطلاعات خصوصیات بارش با استفاده از چارت های باران نگاری و مشخصات رواناب از طریق هیدروگراف های سیل های مربوط به بارش های مورد مطالعه طی عملیات صحرائی و از طریق کسر روان آب پایه از هیدروگراف کل با استفاده از روش خط مستقیم به دست آمد (مهدوی، ۲۰۰۲).

فررو و پورتو، (۲۰۰۰) که نیاز به داده های ورودی متفاوت داشته و به همین دلیل دامنه استفاده و دقت آنها بسیار متغیر می باشد. از این رو پژوهش حاضر با هدف تهیه یک مدل مناسب برای تخمین نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز چهل گزی با استفاده از متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در مقیاس رگبار انجام گرفت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: به منظور تهیه مدل مناسب برای برآورد نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار، حوزه چهل گزی سد قشلاق با مساحت ۲۷۲۳۳ هکتار با شیب متوسط ۱۷/۵۷ درصد، حداقل، حداکثر و متوسط ارتفاع حوزه به ترتیب ۱۵۵۰، ۲۸۵۰ و ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح آب های آزاد انتخاب گردید. موقعیت کلی حوزه آبخیز مورد مطالعه در استان کردستان و کشور در شکل (۱) ارایه شده است. متوسط بارندگی سالانه ۲۹۴/۲ میلی متر و اغلب در پاییز، زمستان و دو ماه اول بهار ریزش می نماید و بیش تر مربوط به جریان هوای مدیترانه ای ورودی از غرب کشور می باشد. مساحت مراتع و اراضی کشاورزی (آبی و دیم) به ترتیب ۲۳۴۶۵ و ۳۷۶۸ هکتار است. این حوزه آبخیز شامل ۴ واحد کوهستان و تپه ماهور منظم و



شکل ۱- شمای کلی و موقعیت حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق در حوزه های آبخیز استان کردستان و کشور.

برای نمونه برداری از رسوب معلق، ابتدا ایستگاه هیدرومتری چهل گزی (مجهز به اشل، لیمنوگراف و تلفریک) به مقاطع ۱ متری تقسیم، و نمونه برداری با روش انتگراسیون عمقی انجام شد (مهدوی، ۲۰۰۲). سپس نمونه های رسوب جمع آوری شده پس از حمل به آزمایشگاه از کاغذ صافی عبور، در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و پس از ارزیابی زمان بهینه به مدت یک ساعت خشک و سپس وزن رسوب با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم تعیین گردید (صادقی و همکاران، ۲۰۰۶). سپس تولید رسوب کل هر رگبار از طریق تجزیه و تحلیل رسوب نگارهای تهیه شده و جمع رسوب عبوری طی بازه های زمانی ۰/۵ ساعته و با لحاظ واحدهای مورد استفاده برای غلظت رسوب و دبی محاسبه شد.

محاسبه مقادیر نسبت تحویل رسوب واقعی: در روش مستقیم از نسبت داده های اندازه گیری شده رسوب در ۱۱ رگبار به وقوع پیوسته و فرسایش خاک به دست آمده در پلات های مستقر در منطقه استفاده شد. با توجه به تفاوت

فرساینده گی به وقوع پیوسته در منطقه مورد مطالعه در هنگام اندازه گیری فرسایش و ضرورت تطابق مقادیر یاد شده با شرایط حاکم بر رگبارهای مورد مطالعه، نسبت بین تخمین های فرسایش رگبار به وسیله معادله جهانی هدررفت خاک و مقادیر مشاهده ای فرسایش بررسی شد. نتایج به دست آمده بیانگر نسبت ۱/۲۹۹ برابری مقادیر مشاهده ای نسبت به برآوردی معادله جهانی هدررفت خاک در مقیاس رگبار می باشد. در این روش، فرسایش هر رگبار با استفاده از معادله جهانی هدررفت خاک به شکل کلی رابطه (۱) و عامل فرساینده گی ارایه شده در رابطه (۲) اندازه گیری شد (صادقی، ۲۰۰۵). از طرفی نسبت مقدار فرسایش مشاهده ای به تخمینی معادله جهانی هدررفت خاک در شرایط بسیار مشابه پوشش گیاهی در فرسایش پذیری حاکم بر پلات های اندازه گیری ۱/۰۳۴ بوده و بنابراین امکان استفاده از معادله جهانی هدررفت خاک برای تخمین فرسایش ناشی از سایر رگبارهای مورد استفاده در این پژوهش را به خوبی فراهم آورد.

جدول ۱- مشخصات رگبارهای انتخابی.

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	مدت بارش (دقیقه)	حداکثر شدت نیم ساعته (سانتی متر بر ساعت)	حجم رواناب (متر مکعب)	دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)	رسوب مشاهده ای (تن)
۱	۸۵/۸/۵	۱/۶۸	۲۰۷	۰/۱۵۱	۵۸۵۴۳/۲	۳/۷۷۸	۶۴/۸۰۶
۲	۸۵/۸/۹	۷/۰۸	۹۹	۰/۷۷۷	۱۰۲۸۳۴/۰	۶/۰۰۰	۱۴۰/۰۰۰
۳	۸۵/۸/۱۵	۲/۰۴	۱۱۰	۰/۲۳۹	۶۹۰۱۲/۰	۳/۸۱۴	۲۷/۸۰۸
۴	۸۵/۸/۳۰	۱/۳۵	۱۹۴	۰/۱۱۸	۳۵۱۵۴/۰	۲/۴۶۵	۳۵/۰۱۷
۵	۸۵/۹/۷	۳/۹۰	۱۳۳	۰/۲۷۵	۱۰۸۳۷۶/۲	۵/۴۹۷	۵۳/۱۳۸
۶	۸۵/۹/۲۰	۸/۲۸	۱۱۲	۰/۸۱۳	۱۰۶۴۸۶/۰	۵/۰۴۰	۵۹/۲۰۰
۷	۸۵/۱۱/۱۸	۲/۶۲	۱۱۰	۰/۲۳۹	۴۳۴۷۹/۰۰	۲/۲۰۰	۴۳/۰۰۲
۸	۸۵/۱۲/۶	۹/۲۰	۲۶۱	۰/۵۵۷	۸۱۲۸۸/۰۰	۳/۶۷۰	۱۰۵/۴۰۰
۹	۸۶/۱/۷	۴/۳۶	۸۸	۰/۸۵۷	۸۱۶۵۷/۰۰	۴/۰۲۰	۵۸/۹۰۰
۱۰	۸۶/۱/۲۱	۵/۲۹	۲۲۶	۰/۳۳۹	۸۹۵۹۵/۰۰	۴/۳۰۰	۱۰۷/۹۰۰
۱۱	۸۶/۲/۷	۱۶/۱۸	۲۷۳	۰/۹۱۶	۱۲۷۸۱۴/۴۰	۵/۵۷۳	۱۸۰/۰۰۰

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

$$R = E I_r / 100 \quad (2)$$

که در آنها A: مقدار متوسط هدررفت خاک در مقیاس رگبار (تن)، R: عامل فرساینده^۱ باران و روان آب (تن در متر بر هکتار در سانتی متر بر ساعت)، K: فرسایش پذیری خاک^۲ (تن به ازای یک واحد فرساینده گی)، L: عامل طول شیب، S: عامل تندی شیب، C: عامل مدیریت زراعی و P: نیز عامل مدیریت اراضی، E: انرژی جنبشی رگبار (تن در متر بر هکتار) و I_r: حداکثر شدت ۰/۵ ساعته رگبار (سانتی متر بر ساعت) می باشد.

تهیه مدل تخمین نسبت تحویل رسوب: برای بررسی ارتباط متغیرهای مؤثر و مختلف اقلیمی (مقدار بارش، مدت بارش، حداکثر شدت ۰/۵ ساعته بارش و انرژی جنبشی بارش) و هیدرولوژیکی (حجم روان آب و دبی اوج) (فررو و میناکاپیلیا، ۱۹۹۵؛ فررو و پورتو، ۲۰۰۰؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۳؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۴؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۷) با نسبت تحویل رسوب، از ۱۱ رگبار انتخابی در حوزه آبخیز مورد مطالعه استفاده شد. در مرحله اول، از بین مدل های رگرسیونی مختلف خطی، نمایی، توانی و لگاریتمی، بهترین مدل های حاصل از تحلیل ارتباط مقادیر معمولی و تغییر شکل یافته داده ها با در نظر گرفتن ضریب تبیین بالاتر و خطای نسبی کم تر انتخاب شدند. سپس مقایسه نتایج به دست آمده از مدل های تهیه شده برای تخمین نسبت تحویل رسوب با مقادیر نسبت تحویل رسوب حاصل از اندازه گیری با استفاده از ماتریس همبستگی و آزمون t جفتی به دلیل ضرورت مقایسه نتایج حاصل از هر رگبار (صادقی و همکاران، ۲۰۰۳؛ صادقی، ۲۰۰۵) انجام و در نهایت مدل با بیشترین ضریب همبستگی معنی دار و کمترین خطا انتخاب شد.

نتایج و بحث

درصد نسبت تحویل رسوب با استفاده از روش مستقیم و نتایج مدل بهینه تهیه شده برای رگبارهای مورد

مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. تغییرپذیری زیاد نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار را می توان به تغییر مؤلفه های مختلف رگبار مانند شدت، مدت، مقدار و حتی نوع بارش، شرایط پوشش سطحی زمین، رطوبت پیشین خاک نسبت داد که ضمن توافق با یافته های چانگ (۲۰۰۶)، گروسی (۲۰۰۷) و نیز صادقی و همکاران (۲۰۰۸) در حوزه آبخیز مشابه بر ضرورت ارزیابی دقیق نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار دلالت دارد.

به این ترتیب و مطابق با روش کار ارائه شده در مرحله قبل مبادرت به تهیه مدل مناسب برآورد نسبت تحویل رسوب با استفاده از انواع و شکل های مختلف متغیرهای محاسبه ای برای رگبارهای مورد بررسی شد. در نهایت مدل رگرسیونی ارائه شده به شکل رابطه (۳) برای تخمین نسبت تحویل رسوب رگبارها با ضریب همبستگی ۰/۹۸۹ در سطح احتمال ۱ درصد، میانگین خطای نسبی قابل قبول ۳۳ درصد (صادقی و همکاران، ۲۰۰۳؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۷) در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق تهیه گردید.

$$SDR = 0.33 \times Q^{0.15} \times q_p^{0.95} \times R^{-1.25} \quad (3)$$

که در آن، Q: حجم روان آب بر حسب مترمکعب، q_p: دبی اوج روان آب بر حسب مترمکعب بر ثانیه، R: عامل فرساینده گی باران در معادله جهانی هدررفت خاک و SDR: نسبت تحویل رسوب می باشد. ارتباط بین مقادیر تخمینی مدل پیشنهادی و مقادیر مشاهده ای نسبت تحویل رسوب در شکل (۲) نشان داده شده است. جدول (۳) نیز مقایسه مقادیر تخمینی نسبت تحویل رسوب با مقادیر مشاهده ای با استفاده از آزمون t جفتی را نشان می دهد.

دقت در نتایج ارائه شده در جدول های (۲) و (۳) نشان می دهد که به رغم وجود اختلاف بین داده های مشاهده ای و تخمینی نسبت تحویل رسوب در رگبارهای مورد مطالعه و با تأکید بر وجود اختلاف عددی بیش تر در خصوص مقادیر کوچک نسبت مورد بررسی، ارتباط آماری بین مقادیر مشاهداتی و تخمینی بسیار بالا و قابل اعتماد بوده و از طرفی اختلاف آماری بین میانگین مقادیر

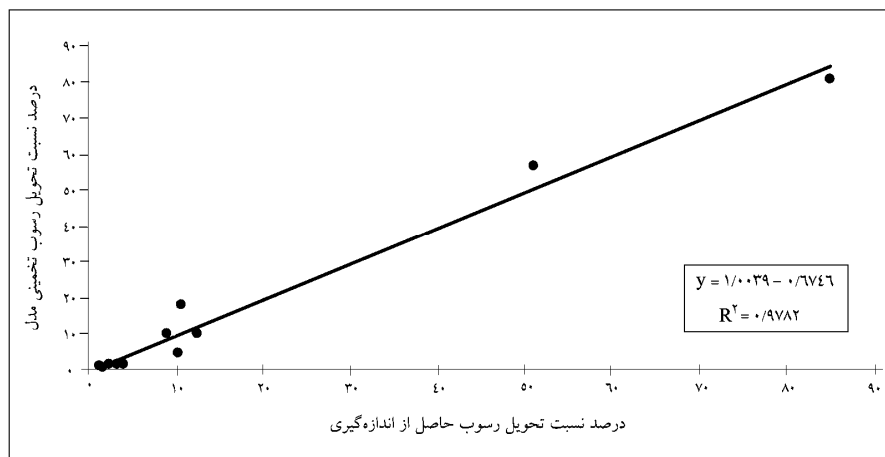
نسبت تحویل رسوب به دست آمده از مدل با مقادیر مشاهده‌ای طبق جدول (۳) غیرمعنی‌دار ($P=0/621$) ارزیابی شد. نتایج به دست آمده در این بخش به طور مشخص با نظرات چانگ (۲۰۰۶) مبنی بر تغییرپذیری نسبت تحویل رسوب در رگبارهای مختلف در خارج از کشور و نیز گروسی (۲۰۰۷) در گزارش نسبت تحویل رسوب ۳ رگبار مطالعاتی در یک حوزه آبخیز کشاورزی ۳۲ تا ۶۸ درصد در ایران هم‌خوان است.

همان‌طور که از مدل تهیه شده می‌توان استنباط نمود، پارامترهای روان‌آب پارامترهای روان‌آب (دبی اوج و حجم سیلاب) شاخص‌های بهتری برای تبیین تغییرات نسبت تحویل رسوب در رگبارهای مختلف در منطقه مورد بررسی بوده‌اند که با نتایج بررسی‌های صادقی

(۲۰۰۵) و صادقی و همکاران (۲۰۰۳)، صادقی و همکاران (۲۰۰۴) و صادقی و همکاران (۲۰۰۷) در زمینه توانایی بیش‌تر مؤلفه‌های روان‌آب در تبیین مقدار رسوب انتقالی از حوزه آبخیز هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نبود دست‌یابی به مدل و یا روش مشابه با دیدگاه‌های پیشین اخیر (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۳؛ موتوآ و کلیک، ۲۰۰۴؛ گوین و همکاران، ۲۰۰۵؛ راشکی، ۲۰۰۶)، دلیلی بر ضرورت انجام مطالعات منطقه‌ای مناسب و تهیه مدل‌های کارا بوده که با یافته‌های راموس-شارون و مک‌دونالد (۲۰۰۷) در امریکا در خصوص تغییر منطقه‌ای نسبت تحویل رسوب و اظهارات دستورانی و همکاران (۲۰۰۶) در رابطه با ناکارایی روابط متکی بر مساحت آبخیز در برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه زیارت گرگان مطابقت دارد.

جدول ۲- درصد نسبت تحویل رسوب با استفاده از روش مستقیم و نتایج مدل تهیه شده برای رگبارهای مورد مطالعه.

تاریخ رگبار	۵۵/۵۵	۵۵/۵۷	۵۵/۵۸	۵۵/۵۹	۵۵/۶۰	۵۵/۶۱	۵۵/۶۲	۵۵/۶۳	۵۵/۶۴	۵۵/۶۵
اندازه‌گیری	۸۴/۶۷	۱۰/۵۳	۵۰/۸۳	۸/۹۰	۱/۲۶	۱۲/۴۸	۱۰/۲۹	۲/۴۱	۳/۳۳	۱/۷۳
مدل	۸۰/۴۹	۱/۱۶	۵۶/۷۰	۹/۶۷	۰/۶۷	۹/۹۹	۴/۴۸	۱/۳۲	۱/۲۴	۰/۳۷



شکل ۲- رابطه بین نسبت تحویل رسوب مشاهده‌ای با نسبت تحویل رسوب مدل پیشنهادی.

جدول ۳- مقایسه مقادیر نسبت تحویل رسوب تخمینی حاصل از مدل و مقادیر مشاهده‌ای به کمک آزمون t جفتی.

روش‌های مورد مقایسه	میانگین روش	انحراف معیار	اشتباه از معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌دار
اندازه‌گیری شده و مدل	۰/۶۰۷	۳/۹۴۸	۱/۱۹۰	۰/۵۱۰	۱۰	۰/۶۲۱

جمع بندی

این پژوهش با هدف تهیه مدل مناسب برآورد نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار و از طریق اندازه گیری مستقیم مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب ۱۱ رگبار مطالعاتی در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق انجام شد. از نتایج به دست آمده طی پژوهش یاد شده علاوه بر تأیید امکان تهیه مدل مناسب برای تخمین نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز مطالعاتی با استفاده از خصوصیات

اقلیمی و هیدرولوژی، می توان جمع بندی نمود که تهیه مدل مناسب منطقه ای و مبتنی بر مقادیر مشاهداتی فرسایش و رسوب از ضروریات بوده و زمینه ساز مدیریت برتر منابع خاک یک حوزه آبخیز می باشد. اگرچه تعمیم نتایج پژوهش فعلی به سایر حوزه های آبخیز، مستلزم انجام تحقیقات گسترده تر در بخش های دیگر مملکت و نیز با تعداد بیش تر رگبارها و سایر مقیاس های زمانی امکان پذیر خواهد بود.

منابع

- 1.Chang, M. 2006. Forest hydrology, an introduction to water and forest. Second Edition, Iowa State University, 474p.
- 2.Dastorani, J., Gholinezhad, S., Salajegheh, A., and Dastorani, GH. 2006. Evaluation of Different Methods for Estimating of Sediment Delivery Ratio in Ziarat Watershed, In: 1st National Student Seminar on Rangeland, Watershed and Desert, March 4-5, 2006 (In Persian)
- 3.Fernandez, C., Wu, J.Q., McCool, D.K., and Stockle, C.O. 2003. Estimating Water Erosion and Sediment Yield with GIS, RUSLE and SEDD. J. Soil Water Conservation, 58: 128-136.
- 4.Ferro, V., and Minacapillia, M. 1995. Sediment Delivery Processes at Basin Scale. Hydrologic Science J. 40: 6. 703-718.
- 5.Ferro, V., and Porto, P. 2000. Sediment Delivery Distributed (SEDD) Model, J. Hydrologic Engineering, 5: 4. 633-647.
- 6.Garousi, A. 2007. Modification in ANSWERS Computer Model in order to Calculation of SDR in an Agricultural Watershed, M.Sc. Thesis in Irrigation and Drainage Engineering, Shiraz University, 140p. (In Persian)
- 7.Gubin, F., Shulin C., and Donald, K.M. 2005. Modeling the Impacts of No-Till Practice on Soil Erosion and Sediment Yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. J. Soil and Tillage Res. 85: 1-2. 36-49.
- 8.Khanbilvardi, R.M., and Rogowski, A.S. 1984. Quantitative Evaluation of Sediment Delivery Ratios. Water Resources Bulletin, 20: 865-874.
- 9.Kurdistan Jihad-e-Agricultural Organization. 1993. Executive Detailed Studied of Watershed Management Actives in Parcel A in Gheshlagh Dam, 261p. (In Persian)
- 10.Mahdavi, M. 2002. Applied Hydrology, Tehran University Press, 362p. (In Persian)
- 11.Mutua, B., and Klik, A. 2004. Development of a Physically Based Model for Estimation of Spatial Sediment Delivery Ratio for Large Remote Catchments. J. Spatial Hydrology, 5: 2. 1-15.
- 12.Novotny, V., and Olem, H. 1994. Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold, New York, New York, Pp: 72-85.
- 13.Ramos-Scharron, C.E., and MacDonald, L.H. 2007. Development and Application of a GIS-Based Sediment Budget Model, J. Environ. Manag. 84: 157-172.
- 14.Rasheki, A. 2006. Study on Efficiency of RUSLE and SEDD Conjunction in Distribution Estimation of Erosion and Sediment by Using Geostatistics and GIS (Case Study: Kahnook Watershed, Khash). M.Sc. Thesis in Watershed Management Engineering, University Gorgan of Agric. Sci. and Natur. Resour. 80p. (In Persian)
- 15.Sadeghi, S.H.R. 2005. Comparison of Some Rainfall Erosivity Prediction Methods. Agricultural Science and Techonology J. Ferdowsi University of Mashhad, 19: 1. 46-52.
- 16.Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi Amin, S., Vafakhah, M., Yasrebi, B., and Esmaeili Sari, A. 2006. Suitable Drying Time for Suspended Sediment Samples, Iran, International Sediment Initiative Conference, Nov.12-16, 2006, Khartoum, Sudan, 71p.

- 17.Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., and Khaledi Darvishan, A.V. 2008. Comparison of Sediment Delivery Ratio Estimation Methods in Chehelgazi Watershed of Gheshlagh Dam, Agricultural Science and Technology Journal, Ferdowsi University of Mashhad, 22: 1. 141-150.
- 18.Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., and Ghaderivangah, B. 2007. Conformity of MUSLE Estimates and Erosion Plot Data for Storm-Wise Sediment Yield Estimation. Reprint from Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 18: 1. 117-128.
- 19.Sadeghi, S.H.R., Singh, J.K., and Das, G. 2003. Storm-Wise Sediment Yield Prediction using Applicable models in Iran. Khazar J. Agric. Sci. and Natur. Resour. 1: 3. 83-94.
- 20.Sadeghi, S.H.R., Singh, J.K., and Das, G. 2004. Efficacy of Annual Soil Erosion Models for Storm-Wise Sediment Prediction: A Case Study. International Agricultural Engineering J. 13: 1-2. 1-14.

Modeling Storm-Wise Sediment Delivery Ratio Model in Chehelgazi Watershed by using Climatic and Hydrologic Characteristics

L. Gholami¹, *S.H.R. Sadeghi² and A.V. Khaledi Darvishan³

¹Former M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor,

²Associate Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor,

³Ph.D. Student, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor

Abstract

Application of sediment delivery ratio in watershed level in order to convert measured or estimated amounts of sediment into soil erosion values is necessary for water and soil conservationists. However, the performance of all available models and relying on their results is questionable because of differences in soil erosion and sediment generation process in the watersheds where those models originally developed. Therefore, the present study attempted to correlate the exact values of sediment delivery ratios obtained through measuring soil erosion and sediment generation amounts to climatic and hydrologic characteristics of 11 storm events in Chehelgazi Watershed of Gheshlagh Dam. The results obtained from modeling process indicated that the sediment delivery ratio could be predicted reliably with respective determination coefficient and relative error of about 98 and 33% using peak discharge, runoff volume and erosivity factor variables. The results of t-test analysis also verified nonsignificant difference between observed and estimated sediment delivery ration obtained through applying developed model.

Keywords: Gheshlagh dam; Iran; Kurdistan province; Sediment delivery ratio; Sediment Yield; Soil erosion model

* Corresponding Author; Email: sadeghi@modares.ac.ir