

مقایسه روش های برآورد نسبت تحویل رسوب رگبار در حوزه آبخیز چهل گزی

سد قشلاق استان کردستان

حمیدرضا صادقی* - لیلا غلامی - عبدالواحد خالدی درویشان^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۱

چکیده

مهار صحیح و کارآی رسوب در حوزه های آبخیز مستلزم وجود دانش کافی در مورد فرایند فرسایش خاک و تولید رسوب می باشد. از آنجاییکه بار رسوب معمولاً به طور مستقیم برای کل حوزه اندازه گیری نمی شود در نتیجه روش های غیر مستقیم از قبیل استفاده از مدل های نسبت تحویل رسوب برای تخمین آن تهیه شده اند که دقت عمل آنها بسیار متفاوت است. در این تحقیق سعی گردید تا اختلاف برخی از روش های مورد استفاده در برآورد نسبت تحویل رسوب برای رگبار شامل مدل MUSLE، مدل مبتنی بر رواناب SWAT و روش سرویس جنگل امریکا با مقادیر مشاهده های حاصل از نسبت مقادیر رسوب و فرسایش اندازه گیری شده به ترتیب در خروجی حوزه آبخیز و پلاتهای فرسایشی مستقر در سرآب حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق مورد سنجش قرار گیرد. مقادیر نسبت تحویل رسوب تخمینی هر روش ضمن مقایسه با یکدیگر، با مقادیر مشاهده ای متناظر هر رگبار نیز مقایسه شدند. نتایج ارزیابی ضمن تأکید بر تغییر زیاد نسبت تحویل رسوب اندازه گیری شده طی رگبارها از ۱/۲۶ تا ۸۴/۶۷ درصد بر کارآیی بیشتر مدل MUSLE با ضریب همبستگی ۹۷/۸ درصد ($p < 0.01$) دلالت داشته است. اگرچه همبستگی معکوس نتایج حاصل از مدل مبتنی بر رواناب SWAT و روش سرویس جنگل امریکا با مقادیر مشاهده های نسبت تحویل رسوب، به ترتیب با مقادیر ۰/۶ و ۲۰/۸ درصد نیز غیر معنی دار ارزیابی شد.

واژه های کلیدی: نسبت تحویل رسوب، SWAT، MUSLE، روش سرویس جنگل امریکا، سد قشلاق، استان کردستان

مقدمه

SDR اغلب به وجود داده های ثبت شده طولانی مدت از بار رسوبی در ایستگاههای اندازه گیری در آبراهه و همچنین وجود یک اندازه گیری یا تخمین معقول از شدت فرسایش در دامنه وابسته هستند (۲۰). برخی روش های نسبت تحویل رسوب را می توان برای یک رگبار (۸، ۱۱، ۱۲ و ۱۹) به کار برد و برخی دیگر مقدار متوسطی از نسبت تحویل رسوب حوزه (۳، ۴، ۱۴، ۱۵ و ۱۷) را به دست می دهند. بنابراین لحاظ اهداف مورد نظر و طبیعتاً مقیاس زمانی و مکانی لازم در هنگام مقایسه روش های مختلف و انتخاب شیوه مناسب بسیار حائز اهمیت است. تحقیقات و بررسی های گسترده ای در زمینه عوامل مؤثر و برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه های آبخیز صورت گرفته است که نهایتاً منجر به ارائه مدل های جدیدی برای برآورد نسبت تحویل

بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه های آبخیز برای دستیابی به مدیریت صحیح اراضی و حفظ کمیّت و کیفیت آب و خاک از ضروریات اساسی محسوب می شود. از طرفی اندازه گیری هر یک از آنها در شرایط طبیعی بسیار هزینه بر و زمانبر است. از این رو درک روابط بین آنها و طبعاً تخمین دقیق هر یک از آنها از طریق ارزیابی متغیر دیگر بسیار سودمند می باشد. نسبت تحویل رسوب^۱ یکی از معیارهای مهم مورد استفاده در تبدیل مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب به یکدیگر می باشد. بررسی منابع مختلف در موضوع نسبت تحویل رسوب و روش های برآورد آن نشان می دهد که این نسبت به طور کلی به دو روش مستقیم و غیر مستقیم برآورد می گردد (۲۵). روش های قدیمی برآورد

۱ - به ترتیب دانشیار و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

* نویسنده مسئول Email: sadeghi@modares.ac.ir

کشاورزی را بررسی و مقدار آن را بین ۳۲ تا ۶۸ درصد ارزیابی نمود (۸). طی تحقیق مذکور، ارتباط نسبت تحویل رسوب با حداکثر غلظت بار معلق رواناب 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 معنی دار ارزیابی شد. راشکی نیز حوزه کهنوک خاش را برای برآورد SDR با استفاده از مدل توزیعی نرخ تحویل رسوب متوسط به سلولهایی به ابعاد ۲۰ متر شبکه بندی و مقدار آن را ثابت برآورد کرد (۴). همچنین دستورانی و همکاران در برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه زیارت گلستان ضمن برآورد SDR به این نتیجه رسیدند که استفاده از روابط متکی بر مساحت حوزه دارای دقت کافی نمی باشند (۳).

بررسی سوابق نشان می دهد که روابط متعددی برای تخمین نسبت تحویل رسوب تهیه شده اند (۲۳، ۱۸ و ۱۳) که نیاز به داده های ورودی متفاوتی از قبیل مساحت حوزه، وضعیت پوشش گیاهی، نوع خاک، حجم رواناب، دبی اوج، شیب حوزه و کانال و حتی متغیرهای بارش داشته و به همین دلیل دامنه استفاده و دقت آنها بسته به موجودیت داده ها، روش انتخابی و هدف مورد انتظار بسیار متغیر می باشد. ولی تاکنون مقایسه های مدون و جامع از توانمندی آنها در تخمین نسبت تحویل رسوب و خصوصاً در مقیاس رگبارها صورت نگرفته است. به نحوی که در اغلب مطالعات، یک مقدار متوسط برای نسبت تحویل رسوب برای کلیه رگبارهای به وقوع پیوسته در شرایط مختلف مدنظر قرار گرفته که خطاهای زیادی در اتخاذ تدابیر مناسب مدیریت منابع خاک و آب را سبب شده است. از اینرو در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا ضمن مقایسه برخی روش های مورد استفاده در برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق، تغییرات مقادیر نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبارها نیز مورد سنجش قرار گیرد.

مواد و روش ها

الف) منطقه مورد مطالعه

به منظور مقایسه روش های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب و بررسی توانایی آنها در برآورد SDR رگبارها، حوزه

رسوب شده است. گلیف برای اولین بار از اصطلاح «شدت تحویل رسوب» برای بیان نسبت بین بار رسوب سالانه حوزه به فرسایش ناخالص سالانه آن استفاده نمود (۱۶). شوم به نقل از راشکی اظهار نمود زمانی تولید رسوب با فرسایش برابر می باشد که هیچگونه ته نشستی در هیچ بخش ائتفاک نیفتاده و به عبارت دیگر مقدار SDR مساوی ۱ باشد (۴). هان و همکاران اولین تخمین تقریبی نسبت تحویل رسوب را به کمک مساحت در امریکا به شکل منحنی هایی ارائه دادند (۱۸). تخمین فرسایش در این منحنی ها بر مبنای USLE استوار بود. فرو و پورتو، فرناندز و همکاران و گوین و همکاران مدل توزیعی تحویل رسوب^۱ به همراه مدل RUSLE را برای برآورد میزان رسوب سالانه به کار بردند (۱۴، ۱۵ و ۱۷). لو و همکاران SDR را بر اساس اصول و قواعد فیزیکی (شبیه سازی خطی) دو منبع ذخیره رسوب در حوزه (ذخیره دامنه ای و ذخیره شبکه کانالی) مدل کردند و مدل ساده ای برای حمل رسوب ارائه دادند (۲۱). لو و همکاران از نسبت تحویل رسوب برای تصحیح اثر کاهش بار رسوبی در خروجی استفاده کردند (۲۰). نتایج نشان داد که بار رسوبی حوزه ها اغلب کمتر از فرسایش خاک اندازه گیری شده در پلاتهای دامنه ای می باشد و این به دلیل آن است که مدل های فرسایش خاک از قبیل USLE شدت فرسایش خاک ناخالص در پلاتها را بیشتر از شدتهای اندازه گیری شده در خروجی حوزه ها تخمین می زنند. کینل برخی قضایای مرتبط با مدل سازی فرسایش و تحویل رسوب از دامنه ها را از جنبه کیفیت آب مورد بررسی قرار داد (۱۹). نتایج نشان داد که در بسیاری از حوزه ها مجموع رسوبی که به طور واقعی روی دامنه ها ته نشین شده بسیار کمتر از مقادیر نشان داده شده توسط SDR است. چانگ با بررسی نسبت تحویل رسوب در طی رگبار به این نتیجه رسید که این نسبت در طول هر رگبار تغییر خواهد کرد (۱۲). راموشارون و مکدونالد در امریکا به این نتیجه رسیدند که بار رسوبی تخمین زده شده به وسیله SDR از حوزه های به حوزه دیگر تغییر میکند. طبق همین نتایج مقدار بار رسوبی تخمینی برای حوزه های با پتانسیل تحویل رسوب متوسط به SDR انتخابی حساسیت بالایی نشان می دهند (۲۲). در ایران نیز گروسی قابلیت مدل ANSWERS در پیش بینی رسوب تولید شده برای ۳ رگبار با هدف اصلی مطالعه نسبت تحویل رسوب در یک حوزه آبخیز

1) Sediment Delivery Distributed Model. SEDD



شکل (۱) شمای کلی و موقعیت حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق در استان کردستان

میکروفسیل دار کمترین فرسایش را در بین سنگ های پیوسته به خود اختصاص می دهند. مضافاً بر اینکه رسوبات ناپیوسته بستر رودخانه بیشترین میزان حساسیت را داشته و آبرفت ها و زمین های زراعتی در درجه دوم حساسیت قرار دارند (۵).

ب) روش تحقیق

برای بررسی کارایی روش های مورد استفاده یازده رگبار با همزمانی بارش، رواناب و رسوب با مشخصات ضروری مندرج در جدول ۱ جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفتند. اطلاعات خصوصیات بارش با استفاده از چارت های باران نگاری و مشخصات رواناب از طریق هیدروگراف های سیل های مربوط به بارشهای مورد مطالعه از طریق کسر رواناب پایه از هیدروگراف کل با استفاده از روش خط مستقیم به دست آمد (۹).

همچنین با توجه به عدم وجود داده های دقیق رسوب معلق و ضرورت دستیابی به اطلاعات قابل اعتماد در این زمینه مبادرت به برداشت نمونه از ایستگاه چهل گزی و تهیه رسوب نگار برای یازده

چهل گزی سد قشلاق با مساحت ۲۷۲۳۳ هکتار واقع در استان کردستان حد واسط ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی انتخاب گردید. حوزه مذکور دارای شیب متوسط ۱۷/۵۷ درصد و حداقل، حداکثر و متوسط ارتفاع حوزه به ترتیب ۱۵۵۰، ۲۸۵۰ و ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح آبهای آزاد می باشد. موقعیت کلی حوزه در استان کردستان و کشور در شکل ۱ نشان داده شده است.

متوسط بارندگی سالانه ۲۹۴/۲ میلیمتر، مساحت مراتع ۲۳۴۶۵ و مجموع زراعت آبی و دیم ۳۷۶۸ هکتار می باشد. بررسی و تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق نشان داد که این حوزه شامل ۴ واحد کوهستان و تپه ماهور در دو تیپ دامنه منظم و دامنه نامنظم، رودخانه و زمین لغزش می باشد. گسل های قلوژه، چتان و شمال گاودره از مهم ترین گسل های موجود در منطقه محسوب می شوند. در این حوزه شیل دارای بیشترین فرسایش و آندزیت و آهک های

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 (مترمکعب)	دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)	رسوب مشاهده‌ای (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

رگبار شد. برای این منظور، ابتدا در محل ایستگاه هیدرومتری، مقطع عرضی جریان رودخانه را به بخشهای یک متری تقسیم نموده و سپس عمق جریان با فواصل زمانی نیم ساعت به کمک اشل قرائت شد. سرعت جریان نیز به کمک مولینه در بخش های مورد نظر اندازه گیری و برداشت نمونه های آب و رسوب به روش انتگراسیون عمقی و با کمک ظروف یک لیتری در همان نقاط اندازه گیری سرعت جریان و بلافاصله پس از اندازه گیری سرعت انجام شد (۲). برداشت اطلاعات دبی و رسوب تا تمام شدن رگبار و رسیدن ارتفاع جریان رودخانه به ارتفاع اولیه جریان قبل از رگبار (دبی پایه) ادامه یافت. از هر نمونه حجمی برابر ۱۰۰ سی سی پس از اختلاط کامل آب و رسوب و ایجاد ترکیب یکنواخت جدا و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ به مدت یک ساعت (۱) در آون قرار داده شد. سپس با توزین نمونه های کاغذ صافی همراه با رسوب، وزن رسوب در نمونه محاسبه و به حجم سیلاب ناشی از رگبار تعمیم داده شد.

ج) روش مستقیم اندازه گیری نسبت تحویل رسوب

در روش مستقیم از نسبت داده های اندازه گیری شده رسوب طی تهیه رسوب نگارها در ۱۱ رگبار به وقوع پیوسته و فرسایش

خاک به دست آمده در پلات های مستقر در منطقه طی تحقیقات شاهویی و همکاران (۶) استفاده شد. با توجه به تفاوت فرسایندها به وقوع پیوسته در منطقه مورد مطالعه در هنگام اندازه گیری فرسایش (۶) و ضرورت تطابق مقادیر مذکور با شرایط حاکم بر رگبارهای مورد مطالعه، نسبت بین تخمین های فرسایش رگبار به وسیله مدل USLE و مقادیر مشاهده های فرسایش طی تحقیق مزبور بررسی شد. از طرفی مقایسه های لازم بین مقادیر مشاهده های فرسایش خاک در پلاتها با تخمینهای حاصل از استفاده USLE در شرایط بسیار مشابه پوشش گیاهی و فرسایش پذیری با شرایط حاکم بر رگبارهای مورد مطالعه نیز برای دستیابی به مقدار صحیح فرسایش خاک در بالادست حوزه با استفاده از مدل USLE انجام گرفت. سپس مقادیر فرسایش هر رگبار با استفاده از مدل USLE به شکل کلی رابطه ۱ و عامل فرسایندها ارائه شده در رابطه ۲ اندازه گیری شد (۲۶).

$$A = R.K.L.S.C.P$$

$$R = EI_{۳۰}/۱۰۰$$

که در آنها A مقدار متوسط هدررفت خاک در مقیاس رگبار، R، S، L، K، C و P نیز به ترتیب عامل فرسایندها^۱ باران و رواناب، فرسایش پذیری خاک^۲، طول شیب، تندگی شیب،

1) Erosivity

2) Erodibility

که در آن Q, r_p, q_p و R به ترتیب دبی اوج رواناب (میلی متر بر ساعت)، اوج بارندگی (میلی متر بر ساعت)، مقدار رواناب (میلی متر) و مقدار بارندگی برای یک رگبار (میلی متر) می باشد.

و) روش مدل سرویس جنگل امریکا

روش مدل سرویس جنگل امریکا از دیاگرامی به صورت ارائه شده در شکل ۲ (راست) برای تخمین نسبت تحویل رسوب استفاده می کند که در آن نسبت تحویل رسوب تابعی از فاکتور رواناب، بافت مواد فرسایش یافته، درصد پوشش زمینی، شکل دامنه، فاصله تحویل از دامنه به آبراهه، زبری سطحی و تندی شیب می باشد. در نهایت نسبت تحویل رسوب نهایی برای رگبار از انتقال نسبت حاصل بین وسعت پلیگون به وجود آمده از اتصال متغیرهای مختلف رگبار روی شکل ۲ (راست) و وسعت کل دیاگرام به شکل ۲ (چپ) برآورد می شود.

ز) مقایسه آماری روش های برآورد نسبت تحویل رسوب

مقایسه نتایج به دست آمده از روش های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب با یکدیگر با استفاده از ماتریس همبستگی و آزمون t جفتی به واسطه ضرورت مقایسه نتایج حاصل از هر رگبار (۷) انجام شد. کلیه تجزیه و تحلیل ها با استفاده از نرم افزار SPSS13

مدیریت زراعی و مدیریت اراضی، E انرژی جنبشی رگبار بر حسب (تن در متر بر هکتار) و I حداکثر شدت نیم ساعته رگبار (سانتیمتر بر ساعت) می باشد.

د) روش مبتنی بر مدل MUSLE

در روش مدل MUSLE، نسبت تحویل رسوب مربوط به یک واقعه رگبار از رابطه ۳ محاسبه می شود (۲۶).

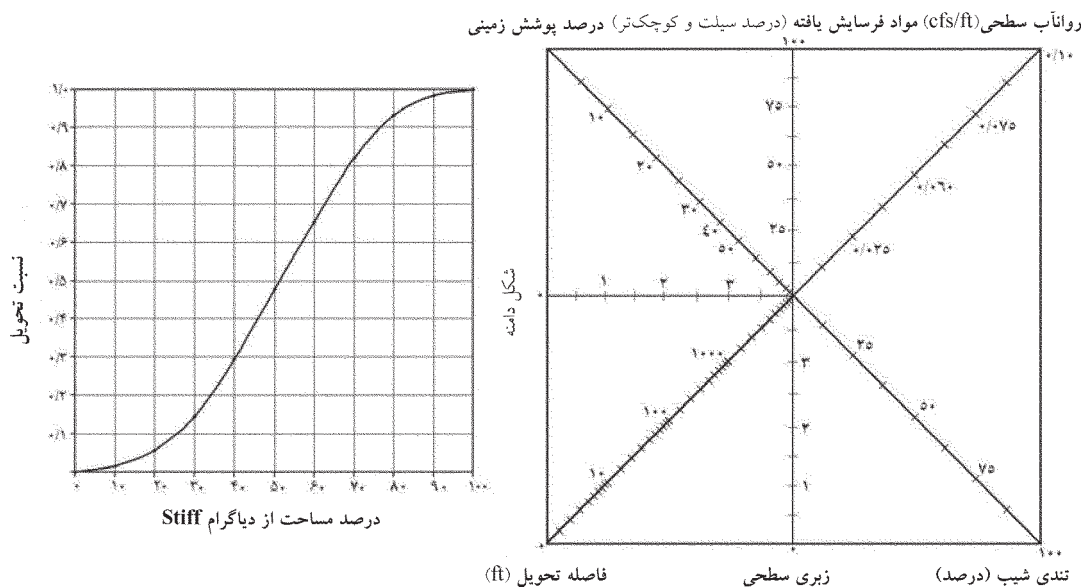
$$D = \frac{11.8(Q \times q_p)^{0.56}}{R \times A} \quad (3)$$

که در آن D نسبت تحویل رسوب، Q حجم رواناب (مترمکعب)، q_p دبی اوج رواناب (مترمکعب بر ثانیه) و A مساحت حوزه (هکتار) می باشد.

ه) روش مبتنی بر رواناب SWAT

همچنین در مدل مبتنی بر رواناب SWAT، تخمین SDR با استفاده از رابطه ۴ انجام می شود (۱۱).

$$SDR = [(q_p / r_p) / (0.782845 + 0.217155 Q/R)]^{0.56} \quad (4)$$



شکل (۱) دیاگرام تعیین مساحت پلی گون به سطح کل برای تخمین نسبت تحویل رسوب (راست) و دیاگرام تخمین SDR در روش سرویس جنگل امریکا (چپ) (۱۸)

و Excel انجام پذیرفت.

جدول ۲ محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از مقایسه مقادیر مشاهد‌های فرسایش خاک در پلاتها با تخمین‌های حاصل از استفاده USLE حکایت از نسبت ۱/۲۹۹ برابری مقادیر مشاهده‌ای فرسایش نسبت به برآوردی در مقیاس کل رگبارهای مورد استفاده در تحقیق شاهویی و همکاران (۶) داشت. حال آنکه نسبت مذکور برای شرایط بسیار مشابه با شرایط حاکم بر رگبارهای مورد مطالعه دلالت بر نسبت ۱/۰۳۴ برابری مقادیر مشاهده‌ای نسبت به برآوردی فرسایش در مقیاس رگبار داشته و لذا امکان استفاده از مدل USLE برای تخمین فرسایش ناشی از سایر رگبارهای مورد استفاده در این تحقیق را به خوبی فراهم آورد. به همین دلیل مقادیر فرسایش بالادست حوزه به ازای هر رگبار با استفاده از مدل USLE برآورد و نهایتاً مقدار نسبت تحویل رسوب با دخالت مقادیر رسوب اندازه گیری شده هر رگبار در خروجی حوزه (جدول ۱) و به صورت ارائه شده در

نتایج روش‌های مختلف پیشنهاد شده برای برآورد نسبت تحویل رسوب (سرویس جنگل آمریکا، مدل MUSLE و مدل مبتنی بر رواناب SWAT) از طریق استخراج عوامل مورد نیاز (روابط ۱، ۳، ۴ و شکل ۲)، در جدول ۲ آورده شده است. ماتریس همبستگی بین مقادیر نسبت تحویل رسوب روش‌های مورد مطالعه و مقادیر مشاهده‌ای در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق طی رگبارهای مطالعاتی در جدول ۳ ارائه شده است. جدول ۴ نیز مقایسه مقادیر تخمین نسبت تحویل رسوب و روش‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون t جفتی را نشان می‌دهد.

نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که اختلاف بین مقادیر نسبت تحویل رسوب به دست آمده از روش‌های مختلف با مقادیر مشاهده‌ای معنی‌دار نمی‌باشد. از طرفی سطح پایین ضریب همبستگی بین مقادیر تخمینی مدل مبتنی بر رواناب SWAT و همچنین سرویس جنگل آمریکا دلالت بر عدم توانایی روش‌های

جدول (۲) درصد نسبت تحویل رسوب با استفاده از روش‌های مختلف برای رگبارهای مورد مطالعه

رگبار روش	۸۵/۸/۵	۸۵/۸/۹	۸۵/۸/۱۵	۸۵/۸/۳۰	۸۵/۹/۷	۸۵/۹/۲۰	۸۵/۱۱/۱۸	۸۵/۱۲/۶	۸۶/۱/۷	۸۶/۱/۲۱	۸۶/۲/۷
اندازه‌گیری	۸۴/۶۷	۴/۰۴	۱۰/۵۳	۵۰/۸۳	۸/۹۰	۱/۲۶	۱۲/۴۸	۳/۳۳	۲/۴۱	۱۰/۲۹	۱/۷۳
مدل MUSLE	۲۱/۳۲	۰/۸۴	۶/۸۱	۱۴/۰۲	۴/۷۶	۰/۵۷	۲/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۹	۲/۷۶	۰/۳۸
مدل مبتنی بر رواناب	۴/۴۶	۴/۰۱	۸/۱۰	۹/۵۷	۱۳/۰۹	۲/۴۹	۶/۱۹	۸/۲۵	۳/۱۷	۹/۰۸	۷/۱۶
سرویس جنگل آمریکا	۱/۵	۲/۲	۱/۷	۱/۷	۳/۳	۲/۵	۰/۵	۴/۵	۱/۷	۴/۵	۴/۵

جدول (۳) ماتریس همبستگی بین مقادیر نسبت تحویل رسوب حاصل از روش‌های مختلف

روش‌ها	اندازه‌گیری شده	مدل MUSLE	مدل مبتنی بر رواناب	سرویس جنگل آمریکا
اندازه‌گیری شده	۱/۰۰۰	۰/۹۷۸**	- ۰/۰۰۶	- ۰/۲۰۸
مدل MUSLE		۱/۰۰۰	۰/۱۰۱	- ۰/۲۳۸
مدل مبتنی بر رواناب			۱/۰۰۰	۰/۳۴۹
سرویس جنگل آمریکا				۱/۰۰۰

جدول (۴) مقایسه مقادیر نسبت تحویل رسوب حاصل از روش های مختلف به کمک آزمون t جفتی

روش های مورد مقایسه	میانگین روش	انحراف معیار	اشتباه از معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی دار
مدل MUSLE	۱۲/۲۳۲	۱۹/۸۱۳	۵/۹۷۴	۲/۰۴۸		۰/۰۶۸
اندازه گیری شده	۱۰/۴۴۶	۲۶/۵۶۳	۸/۰۰۹	۱/۳۰۴		۰/۲۲۱
مدل مبتنی بر رواناب	۱۴/۶۳۴	۲۶/۶۶۷	۸/۰۴۰	۱/۸۲۰	۱۰	۰/۰۹۹
سرویس جنگل	۱۷/۷۸۶	۷/۱۵۵	۲/۱۵۷	- ۰/۸۲۸		۰/۴۲۷
مدل MUSLE	۲/۴۰۲	۷/۱۸۰	۲/۱۶۵	۱/۱۰۹		۰/۲۹۳
مدل مبتنی بر رواناب	۴/۱۸۸	۲/۹۹۷	۰/۹۰۴	۴/۶۳۴		۰/۰۰۱**

** نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد می باشد.

همکاران (۲۶) همخوانی دارد. از طرفی نتایج به دست آمده همچنین دلالت بر تغییر پذیری بسیار زیاد نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار بسته به مؤلفه های مختلف رگبار مورد مطالعه داشته که ضمن توافق با یافته های چانگ (۱۲) و گروسی (۸) بر ضرورت انجام مطالعات مربوط به ارزیابی نسبت تحویل رسوب در مقیاس رگبار دارد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

از نتایج به دست آمده در خصوص مقایسه، کاربرد و توانایی روش های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب در روش های سرویس جنگل امریکا، مدل MUSLE و مدل مبتنی بر رواناب (SWAT) می توان جمع بندی نمود که مدل MUSLE همبستگی بالایی با مقادیر نسبت تحویل رسوب تولیدی طی رگبارها در حوزه مورد مطالعه دارد. نتایج تحقیق نشان داد که مدل MUSLE به دلیل در نظر گرفتن عامل رواناب در تخمین فرسایندها از ارتباط بهتری با مقادیر مشاهده ای رسوب رگبارها برخوردار می باشد. از آنجاییکه عامل فرسایندها، توپوگرافی و مدیریت نیز در تخمین رسوب رگبارها به کار گرفته می شوند، لذا کاربرد روش مناسب تخمین نسبت تحویل رسوب و استفاده از سایر عوامل مؤثر بر پدیده رسوب و تعیین نحوه ارتباط صحیح آنها با یکدیگر در پیش بینی مقدار رسوب رگبارها در حوزه آبخیز مورد مطالعه و سایر حوزه ها به عنوان پیشنهادی منتج از تحقیق حاضر تأکید می گردد.

مذکور در شبیه سازی مقادیر واقعی نسبت تحویل رسوب داشته است. یافته فعلی نظرات ویلیامز (۲۶)، سرویس جنگل امریکا (به نقل از هان و همکاران، و آرنولد و همکاران) (۱۱) مبنی بر ضرورت تهیه مدل های منطقه ای مناسب برآورد نسبت تحویل رسوب را تأیید می نماید. دقت در جدول مذکور نشان می دهد که اگر چه سطح غیر معنی داری بیشتری ($p=0/221$) برای روش مبتنی بر رواناب حاصل شده است، لکن، ضریب همبستگی غیر معنی دار بین مقادیر تخمینی آن و مشاهده ای (جدول ۳) امکان واسنجی مدل MUSLE بهرغم سطح غیر معنی داری کمتر را مهیا ساخته است. دلیل این امر را میتوان در نوع عامل مورد استفاده (رواناب و باران) در تخمین نسبت تحویل رسوب، نحوه ارتباط متغیرها با یکدیگر و همچنین لحاظ حد معینی از شدت باران در بروز فرسایش خاک جستجو نمود. بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۳ می توان مشاهده نمود که روش های مورد استفاده، از دامنه تغییرات ضریب همبستگی ۰/۰۰۶ تا ۰/۹۷۸ برخوردارند. همانگونه که در جدول مذکور دیده می شود، نسبت تحویل رسوب به دست آمده از مدل MUSLE، بالاترین ضریب همبستگی ($r=0/978$) در مقایسه با سایر روش ها با مقادیر مشاهده ای را داشته است. علت این امر را می توان به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای رواناب (دبی اوج و حجم سیلاب) به عنوان شاخص های بهتر از برآورد رسوب دانست که با تاکیدات انجمن مهندسی امریکا (۱۰)، ویلیامز (۲۶) و همچنین صادقی و

منابع

۱. آقابیگی امین، س.، ۱۳۸۴. الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق در زیرحوزه های مهم رودخانه هراز. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۷ ص.
۲. توفیقی، ب.، ۱۳۸۱. تهیه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز زرین درخت. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۱ ص.
۳. دستورانی، ج.، قلی نژاد، س.، سلاجقه، ع. و دستورانی، ق. ۱۳۸۵. ارزیابی روش های مختلف برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز زیارت. چکیده مقالات اولین همایش ملی - دانشجویی مرتع، آبخیز و بیابان. ص ۲۱.
۴. راشکی، ع. ۱۳۸۵. بررسی کارایی تلفیق مدل های RUSLE و SEDD در برآورد توزیعی فرسایش و رسوب سالانه با استفاده از تکنیک زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوزه آبخیز کهنوک خاش). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۰ ص.
۵. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۳۷۲. مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری پارسل A سد قشلاق، ۲۶۱ ص.
۶. شاهویی، ص.، عبدالملکی، پ.، نجم الدینی، ن.، شاهویی، س. و طوماریان، ن. ۱۳۷۱. رابطه میزان فرسایش با عوامل مؤثر در طول یک رگبارش. گزیده مقالات سومین کنگره علوم خاک ایران، ۱۵-۱۷ شهریور، ۴۱-۵۶.
۷. صادقی، س. ح. ر.، ۱۳۸۴. مقایسه برخی روش های برآورد فرسایش باران. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۹ (۱): ۵۲-۴۶.
۸. گروسی، ع. ۱۳۷۶. تغییر در مدل رایانه های ANSWERS به منظور محاسبه نسبت رسوبدهی (SDR) در یک حوزه آبخیز کشاورزی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز، ۱۴۰ ص.
۹. علیزاده، ا.، ۱۳۸۱. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ پانزدهم، ۷۳۵ ص.
10. American Society of Civil Engineers, 1970. Sediment Sources and Sediment Yields. Journal of the Hydraulic Division, American Society of Civil Engineers, 96: 1283-1329.
11. Arnold, J.G., Williams, J.R., Srinivaasan, R. and King, K.W., 1996. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) User's Manual. Temple, TX, PP. 560-572.
12. Chang, M., 2006. Forest hydrology, an introduction to water and forest. 2nd Edition, Iowa State University, 474p.
13. Ferro, V. and Minacapillia, M., 1995. Sediment Delivery Processes at Basin Scale. Hydrological Science Journal 40(6): 703-718.
14. Ferro, V. and Porto, P., 2000. Sediment Delivery Distributed (SEDD) Model, Journal of Hydrologic Engineering, 5(4): 633-647.
15. 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.
16. Glymph, L.M.J., 1954. Studies of Sediment Yield from Watersheds. Int. Union of Geod and Geophys. Int. Assoc. Hydrology. 10th Gen. Assem, Rome, Italy, Part 1: 178-191.
17. 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. Soil & Tillage Research

- 85 (1-2): 36-49.
18. Haan, C.T., Barfield, B.J. and Hayes, J.C., 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. Academic Press, USA, 588p.
 19. Kinnell, P.I.A., 2005. Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells. Soil Science Society of American Journal, 69(33):674-680.
 20. Lu, H., Moran, C.J. and Prosser, I., 2006. Modelling Sediment Delivery Ratio over the Murray Darling Basin. Environmental Modelling & Software, 21:1297-1308.
 21. Lu, H., Moran, C.J., Prosser, I. and Sivapalan, M., 2003. Modelling Sediment Delivery Ratio based on Physical Principles. Environmental Modelling & Software, 35: 36-56.
 22. Ramos-Scharron, C.E. and MacDonald, L.H., 2007. Development and Application of a GIS-Based Sediment Budget Model, Journal of Environmental Management, 84: 157-172.
 23. Roehl, J.W., 1962. Sediment Source Areas, Delivery Ratios and Influencing Morphological Land Resources. Hydrologic Science Journal, 59:202-213.
 24. 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 Journal, 13 (1&2): 1-14.
 25. USDA-SCS, 1981. United States Department of Agriculture- Soil Conservation Service Engineering Handbook, Section 3. Sedimentation.
 26. Williams, J.R., 1977. Sediment Delivery Ratios Determined with Sediment and Runoff Models. Proceedings Symposium on Erosion and Solid Matter Transport in Inland Water. IAHS Publication, No. 122: 168-179.

Comparison of Sediment Delivery Ratio Estimation Methods in Chehelgazi Watershed of Gheslagh Dam

H.R. Sadeqi* – L. Gholami – A. Khaledi-darvishan¹

Abstract

The knowledge on soil erosion and sediment yield processes in the watersheds is strictly required for controlling sediment. Since sediment yield is not usually measured directly for the entire catchments, the indirect estimation methods such as sediment delivery ratio models with different levels of accuracy are usually developed. In the present study an attempt was made to assess the differences between estimates of some sediment delivery ratio methods viz. lumped parameter method in the MUSLE, SWAT model and Forest Service Sediment Delivery Index model and measured data in Chehelgazi watershed of Gheslagh dam in Iran. The sediment delivery ratio calculated based on the procedure used in each model was compared with each other and their applicability for sediment yield prediction was also evaluated on storm basis. Besides the significant differences in estimation of SDR, the results of this study verified that the lumped parameter method in the MUSLE model with accuracy of 97.8% had the highest efficiency in predicting sediment delivery ratio in the study watershed.

Key words: Sediment delivery ratio, MUSLE, SWAT, US Forest Service method, Gheslagh dam, Kurdistan Province, Iran

* Corresponding author Email: sadeghi@modares.ac.ir

1- Contribution from College of Agriculture, Tarbiat Modares