

مقایسه روش‌های برآورد نسبت تحویل رسوب متوسط با روش مستقیم در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق

نویسندگان:

لیلا غلامی^۱، سیدحمیدرضا صادقی^۲ و عبدالواحد خالدی درویشان^۳

چکیده

مهار صحیح و کارآی رسوب مستلزم وجود دانش کافی در مورد فرآیند فرسایش خاک و تولید رسوب می‌باشد. با توجه به اینکه بار رسوب معمولاً به‌طور مستقیم برای کل حوزه اندازه‌گیری نمی‌شود در نتیجه روش‌های غیرمستقیم از قبیل استفاده از مدل‌های نسبت تحویل رسوب برای تخمین آن تهیه شده‌اند که دقت عمل آنها بسیار متفاوت است. در این تحقیق سعی گردیده تا اختلاف برخی از روش‌های مورد استفاده در برآورد نسبت تحویل رسوب متوسط شامل مدل‌های مبتنی بر خصوصیات توپوگرافی حوزه، خصوصیات کانالی حوزه و مدت زمان بارندگی مازاد در حوزه آبخیز چهل گزی سد قشلاق مورد سنجش قرار گیرد. برای این منظور داده‌های دبی و رسوب یازده رگبار در فصول پاییز و زمستان ۸۵ و بهار ۸۶ در محل خروجی حوزه آبخیز در فواصل زمانی نیم‌ساعت برداشت شده و پس از رسم رسوبنگار مقادیر رسوب کل هر یک از رگبارها محاسبه شد. از طرف دیگر مقدار فرسایش هر یک از رگبارها از طریق پلات‌های فرسایش و با استفاده از مدل USLE برآورد شده و سپس نسبت تحویل رسوب مشاهده‌ای که حاصل تقسیم رسوب کل هر رگبار بر فرسایش رگبار است محاسبه گردید. در نهایت مقادیر نسبت تحویل رسوب تخمینی هر یک از روش‌های مورد بررسی با مقادیر مشاهده‌ای متناظر هر رگبار مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ارزیابی ضمن تاکید بر تغییرپذیری زیاد نسبت تحویل رسوب طی رگبارها از ۱/۲۶ درصد تا ۸۴/۶۷ درصد نشان می‌دهند که بهترین مدل مبتنی بر مساحت مدل USD-SCS و سپس مدل Corn watershed Iowa USA بوده و نیز بهترین حالت برای تطابق نتایج در مدل مبتنی بر بارندگی مازاد حالت بارندگی مازاد یک ساعته می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های مبتنی بر شیب آبراهه اصلی و نسبت (R/L) از کارایی خوبی برای تخمین نسبت تحویل رسوب رگبارها در منطقه مورد مطالعه برخوردار نیستند.

واژگان کلیدی: نسبت تحویل رسوب، رابطه جهانی هدررفت خاک، فرسایش و رسوب رگبار، سد قشلاق

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، پست الکترونیکی: gholami.leily@yahoo.com، آدرس: سنندج، خیابان مردوخ جنوبی، کوچه بهارستان ۶، شماره ۳، شرکت مهندسی مشاور مهتاب گستر زاگرس، تلفن تماس: ۰۹۱۸۳۷۹۵۴۷۷

^۲ دانشیار و مدیر گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، آدرس: نور، بلوار امام خمینی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، گروه مهندسی آبخیزداری.

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، آدرس: سنندج، خیابان مردوخ جنوبی، کوچه بهارستان ۶، شماره ۳، شرکت مهندسی مشاور مهتاب گستر زاگرس.

مقدمه

امروزه در توسعه استراتژی‌های مدیریت خاک و کشاورزی پایدار و کاهش مقدار رسوبات در پایین‌دست رودخانه‌ها، تشخیص مناطقی با فرسایش زیاد امری ضروری است. این نیازها موجب می‌شوند که محققین در امر فرسایش و رسوب به مطالعه فرآیندهای تحویل رسوب در داخل حوزه‌های آبخیز روی آورند (راشکی، ۱۳۸۵).

نسبت تحویل رسوب^۱ یکی از معیارهای مهم مورد استفاده در تبدیل مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب به یکدیگر بوده که در بسیاری از موارد زمینه‌ساز استفاده بهینه از منابع مختلف می‌باشد. بررسی منابع مختلف در موضوع نسبت تحویل رسوب و روش‌های برآورد آن نشان می‌دهند که این نسبت به طور کلی به دو روش مستقیم و غیرمستقیم برآورد می‌گردد (USDA-SCS, 1981). روش‌های قدیمی برآورد SDR اغلب به وجود داده‌های ثبت شده طولانی مدت از بار رسوبی در ایستگاه‌های اندازه‌گیری در آبراهه و همچنین وجود یک اندازه‌گیری یا تخمین معقول از شدت فرسایش در دامنه وابسته هستند (Lu et al., 2006). برخی روش‌های نسبت تحویل رسوب را می‌توان برای یک رگبار به کار برد و برخی دیگر مقدار متوسطی از نسبت تحویل رسوب حوزه را به دست می‌دهند. بنابراین لحاظ اهداف مورد نظر در هنگام مقایسه روش‌های مختلف و انتخاب شیوه مناسب بسیار حائز اهمیت است. بسیاری از روش‌های موجود برای تخمین SDR اغلب به وسیله روش داده‌پردازی^۲ ایجاد شده‌اند. برخی از این مدل‌ها از قبیل رابطه SDR-مساحت توصیف‌گرهای محلی از قبیل بارندگی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خصوصیات خاک می‌باشند. این روش‌ها اغلب از روابط تجربی استفاده می‌کنند که داده‌های بسیار زیادی را برای واسنجی لازم دارند. حال آنکه در بسیاری از حوزه‌ها این چنین داده‌هایی کم بوده و فقط در اندازه‌های محلی موجود می‌باشند (Khanbilvardi and Rogowski, 1984). تحقیقات و بررسی‌های گسترده‌ای در زمینه عوامل موثر و برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه‌های آبخیز صورت گرفته است که نهایتاً منجر به ارائه مدل‌های جدیدی برای برآورد نسبت تحویل رسوب شده است. Glymph (۱۹۵۴) برای اولین بار از اصطلاح "شدت تحویل رسوب" برای بیان نسبت بین بار رسوب سالانه حوزه به فرسایش ناخالص سالانه آن استفاده نمود. Schum (۱۹۷۲) اظهار نمود زمانی تولید رسوب با فرسایش برابر می‌باشد که هیچ‌گونه ته‌نشستی در هیچ بخش اتفاق نیفتاده و به عبارت دیگر مقدار SDR مساوی ۱ باشد (راشکی، ۱۳۸۵). Maner (۱۹۵۸) ارزیابی SDR با استفاده از نسبت پستی و بلندی به طول آبراهه (R/L) را بهتر از سایر روش‌ها بیان نمود. در نسبت مذکور، R اختلاف بین ارتفاع متوسط خط تقسیم حوزه و ارتفاع بستر آبراهه در نقطه اندازه‌گیری بار رسوبی است و L به‌عنوان بیشترین طول خط‌القعر موازی با شاخه اصلی شبکه زهکشی از نقطه اندازه‌گیری بار رسوبی تا خط تقسیم حوزه تعریف می‌شود. Haan و همکاران (۱۹۹۴) اولین تخمین تقریبی نسبت تحویل رسوب را به کمک مساحت در امریکا به شکل منحنی‌هایی ارائه دادند. تخمین فرسایش در این منحنی‌ها بر مبنای USLE استوار بود. Ferro و Porto (۲۰۰۰)، Fernandez و همکاران (۲۰۰۳)، Gubin و همکاران (۲۰۰۵) مدل توزیعی تحویل رسوب^۳ (SEDD) به همراه مدل RUSLE را برای برآورد میزان رسوب سالانه بکار بردند. Manouj و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان برآورد فرسایش و رسوب سالانه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، این سیستم را به‌عنوان روشی پایه برای تعیین سطح تولید

¹ Sediment Delivery Ratio, SDR

² Data-Driven

³ Sediment delivery distributed model

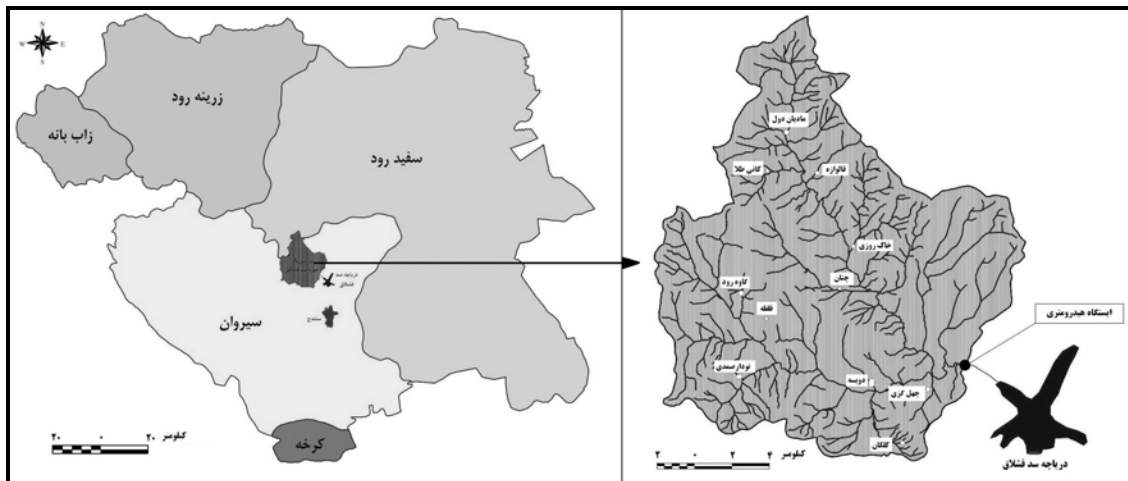
رسوب و پیش‌بینی رسوبات سالانه در حوزه آبخیز Bihar هند معرفی نمودند. آنها از نرم‌افزار Illwis برای تجزیه و تحلیل‌های جغرافیایی و از نرم‌افزار Erdas برای تجزیه و تحلیل‌های رقومی داده‌های پوشش گیاهی و خصوصیات خاک با استفاده از داده‌های ماهواره استفاده و به کار بردند. آنها از مفهوم نسبت تحویل رسوب برای تعیین مقدار نهایی رسوبات سالیانه استفاده نمودند (راشکی، ۱۳۸۵). Lu و همکاران (۲۰۰۳) SDR را بر اساس اصول و قواعد فیزیکی (شبیه‌سازی خطی) دو منبع ذخیره رسوب در حوزه (ذخیره دامنه‌ای و ذخیره شبکه کانالی) مدل کردند و مدل ساده‌ای برای حمل رسوب ارائه دادند. Lu و همکاران (۲۰۰۶) از نسبت تحویل رسوب برای تصحیح اثر کاهش بار رسوبی در خروجی استفاده کردند. نتایج نشان داد که بار رسوبی حوزه‌ها اغلب از لحاظ اندازه کمتر از فرسایش خاک اندازه‌گیری شده در پلات‌های دامنه‌ای می‌باشد و این به دلیل آن است که مدل‌های فرسایش خاک از قبیل USLE شدت فرسایش خاک ناخالص در مقیاس پلات را بیشتر از شدت‌های اندازه‌گیری شده در خروجی حوزه‌ها تخمین می‌زنند. Kinnell (۲۰۰۶) برخی قضایای مرتبط با مدل‌سازی فرسایش و تحویل رسوب از دامنه‌ها را از جنبه کیفیت آب مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که در بسیاری از حوزه‌ها مجموع رسوبی که به‌طور واقعی روی دامنه‌ها ته‌نشین شده بسیار کمتر از مقادیر نشان داده شده توسط SDR است. Chang (۲۰۰۶) با بررسی نسبت تحویل رسوب در طی رگبار به این نتیجه رسید که این نسبت در طول هر رگبار تغییر خواهد کرد. Ramos-Scharron و MacDonald (۲۰۰۷) در آمریکا به این نتیجه رسیدند که بار رسوبی تخمین زده شده به‌وسیله SDR از حوزه‌ای به حوزه دیگر تغییر می‌کند. طبق همین نتایج مقدار بار رسوبی تخمینی برای حوزه‌های با پتانسیل تحویل رسوب متوسط به SDR انتخابی حساسیت بالایی نشان می‌دهند. در ایران نیز گروسی (۱۳۷۶) قابلیت مدل ANSWER را در پیش‌بینی رسوب تولید شده به هدف اصلی مطالعه نسبت تحویل رسوب حوزه آبخیز در ۳ رگبار مورد پژوهش قرار داد. نسبت تحویل رسوب در این رگبارها بین ۳۲ تا ۶۸٪ حاصل شد. 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٪، و با متوسط شدت بارش به صورت مستقیم در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار ارزیابی شد. راشکی (۱۳۸۵) حوزه کهنوک خاش را برای برآورد SDR با استفاده از مدل توزیعی نرخ تحویل رسوب متوسط به سلول‌هایی به ابعاد ۲۰ متر شبکه‌بندی و مقدار آن را ثابت برآورد کرد. دستورانی (۱۳۸۵) در برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه زیارت گلستان ضمن برآورد SDR به این نتیجه رسید که استفاده از روابط متکی بر مساحت حوزه دارای دقت کافی نمی‌باشند.

همان‌طور که از بررسی سوابق استنباط می‌شود، روابط متعددی برای تخمین نسبت تحویل رسوب تهیه و معرفی گردیده‌اند (Roehl, 1962; Haan et al., 1994; Ferro and Minacapilli, 1995) که نیاز به داده‌های ورودی متفاوت داشته و به همین دلیل دامنه استفاده و دقت آنها بسیار متغیر می‌باشد. ولی تاکنون مقایسه‌ای مدون و جامع از توانمندی آنها در تخمین نسبت تحویل رسوب صورت نگرفته است. از این‌رو در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا قابلیت برخی روش‌های مورد استفاده در برآورد نسبت تحویل رسوب متوسط در حوزه آبخیز چهل‌گزی سد قشلاق مورد سنجش قرار گرفته و روش یا روش‌های برتر معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب و بررسی توانایی آنها در برآورد SDR رگبارها، حوزه چهل‌گزی 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٪ و حداقل، حداکثر و متوسط ارتفاع حوزه به ترتیب ۱۵۵۰، ۲۸۵۰ و ۲۲۰۰ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. موقعیت کلی حوزه در استان کردستان در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ شمای کلی و موقعیت حوزه آبخیز چهل‌گزی سد قشلاق در استان کردستان

برای بررسی کارایی روش‌های مورد استفاده یازده رگبار با همزمانی بارش، رواناب و رسوب با مشخصات ضروری مندرج در جدول ۱ جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفتند. اطلاعات خصوصیات بارش با استفاده از چارت‌های باران‌نگاری و مشخصات رواناب از طریق هیدروگراف‌های سیل‌های مربوط به بارش‌های مورد مطالعه طی عملیات صحرائی و از طریق کسر رواناب پایه از هیدروگراف کل با استفاده از روش خط مستقیم به دست آمده‌اند. با توجه به عدم وجود داده‌های رسوب معلق دقیق و ضرورت دستیابی به اطلاعات قابل اعتماد در این زمینه مبادرت به برداشت نمونه از ایستگاه چهل‌گزی و تهیه رسوب‌نگارها برای یازده رگبار شد. ابتدا در محل ایستگاه هیدرومتری مقطع عرضی جریان رودخانه را به بخش‌های یک متری تقسیم نموده و سپس عمق جریان با فواصل زمانی نیم‌ساعت به کمک اشل قرائت شد. سرعت جریان نیز در بخش‌های مورد نظر اندازه‌گیری و برداشت نمونه‌های آب و رسوب با روش انتگراسیون عمقی (توفیقی، ۱۳۸۱) در همان نقاط اندازه‌گیری سرعت جریان و بلافاصله پس از اندازه‌گیری سرعت انجام شد. برداشت اطلاعات دبی و رسوب تا تمام شدن رگبار و رسیدن ارتفاع جریان رودخانه به ارتفاع اولیه جریان قبل از رگبار ادامه یافت. از هر نمونه حجمی برابر ۱۰۰ سی‌سی جدا و پس از عبور از کاغذ صافی به مدت یک‌ساعت در آن قرار داده شد (آقابیکگی امین، ۱۳۸۴). سپس با توزین نمونه‌های کاغذ صافی همراه با رسوب، وزن رسوب در ۱۰۰ سی‌سی محاسبه گردید.

روش‌های مورد استفاده در تخمین نسبت تحویل رسوب

در تحقیق حاضر، نسبت تحویل رسوب به صورت مستقیم اندازه‌گیری و با تخمین‌های حاصل از روش‌های غیرمستقیم مدل‌های مبتنی بر خصوصیات توپوگرافی حوزه، مدل‌های مبتنی بر خصوصیات کانالی حوزه و مدل‌های مبتنی بر مدت زمان بارندگی مازاد مقایسه گردید.

جدول ۱ مشخصات رگبارهای انتخابی

ردیف	تاریخ رگبار	مقدار بارش (میلی متر)	مدت بارش (دقیقه)	شدت نیم ساعته (سانتی متر بر ساعت)	حجم رواناب (مترمکعب)	دبی اوج (مترمکعب 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

در روش مستقیم از نسبت داده‌های اندازه‌گیری شده رسوب طی تهیه رسوب‌نگارها در ۱۱ رگبار به وقوع پیوسته و فرسایش خاک به‌دست آمده در پلات‌های مستقر در منطقه (شاهویی، ۱۳۷۱) استفاده شد. با توجه به تفاوت فرساینده‌گی به‌وقوع پیوسته در منطقه مورد مطالعه در هنگام اندازه‌گیری فرسایش (شاهویی، ۱۳۷۱) و ضرورت تطابق مقادیر مذکور با شرایط حاکم بر رگبارهای مورد مطالعه، نسبت بین تخمین‌های فرسایش رگبار به‌وسیله مدل USLE و مقادیر مشاهده‌ای فرسایش بررسی شد. نتایج به‌دست آمده حکایت از نسبت ۱/۲۹۹ برابری مقادیر مشاهده‌ای نسبت به برآوردی USLE در مقیاس رگبار داشته است. در این روش فرسایش هر رگبار با استفاده از مدل USLE به شکل کلی رابطه ۱ و عامل فرساینده‌گی ارائه شده در رابطه ۲ (صادقی، ۱۳۸۴) اندازه‌گیری شد. از طرفی نسبت مقدار فرسایش مشاهده‌ای به تخمینی مدل USLE در شرایط بسیار مشابه پوشش گیاهی در فرسایش‌پذیری حاکم بر پلات-های اندازه‌گیری ۱/۰۳۴ بوده و لذا امکان استفاده از مدل USLE برای تخمین فرسایش ناشی از سایر رگبارهای مورد استفاده در این تحقیق را به‌خوبی فراهم آورد.

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

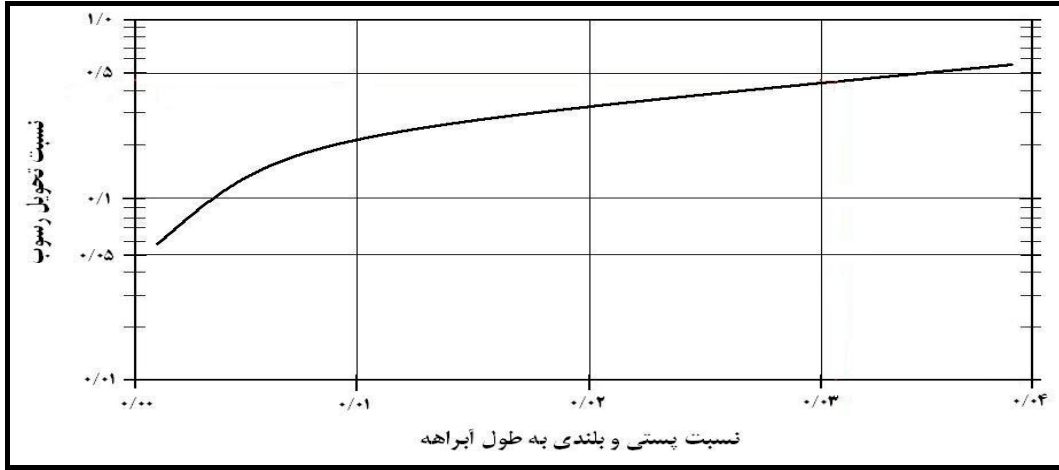
$$R = EI_{30} / 100 \quad (2)$$

که در آن‌ها A مقدار متوسط هدررفت خاک در مقیاس رگبار، R، K، L، S، C و P نیز به‌ترتیب عامل فرساینده‌گی^۱ باران و رواناب، فرسایش‌پذیری خاک^۲، طول شیب، تندی شیب، مدیریت زراعی و مدیریت اراضی، E انرژی جنبشی رگبار بر حسب (تن در متر بر هکتار) و I₃₀ حداکثر شدت نیم ساعته رگبار (سانتی متر بر ساعت) می‌باشد. در روش مدل‌های مبتنی بر خصوصیات توپوگرافی حوزه، متوسط نسبت تحویل رسوب مربوط به کل حوزه با استفاده از اشکال ۲ تا ۴ که به‌ترتیب توسط Renfro (۱۹۷۵)، USDA-SCS (۱۹۸۱) و Walling (۱۹۸۳) و Ferro و

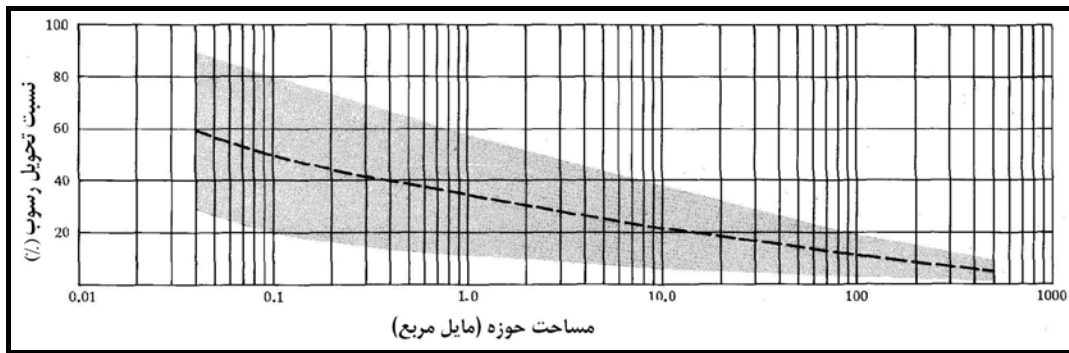
¹ Erosivity

² Erodibility

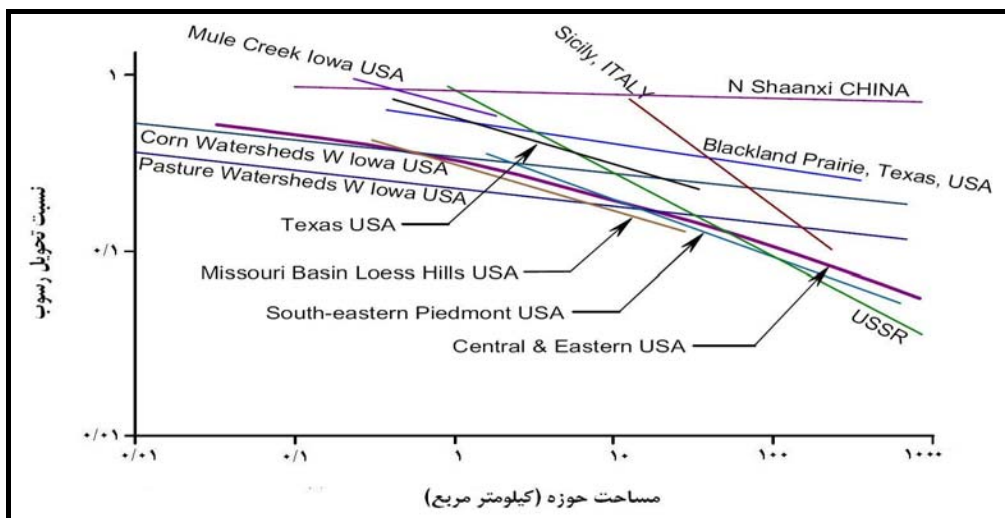
Renfro (1975) USD-SCS (1972)، Maner (1958)، Minacapilli (1995) تهیه و همچنین روابط ۳ تا ۷ که توسط Williams (1977) ارائه شده‌اند محاسبه شود.



شکل ۲ اثر نسبت پستی و بلندی به طول آبراهه بر نسبت تحویل رسوب (Renfro, 1975)



شکل ۳ رابطه بین مساحت حوزه و نسبت تحویل رسوب در امریکا (USDA-SCS, 1981)



شکل ۴ روابط نسبت تحویل رسوب و مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع در ایالات متحده آمریکا، اروپا و آسیا

$$\text{Log}(\text{SDR}) = 2/94259 + 0/82362 \text{ Log } R/L \quad (3)$$

$$\text{SDR} = 0/51 A^{-0/11} \quad (4)$$

$$\text{Log}(\text{SDR}) = 1/7935 - 0/14191 \text{ Log } A \quad (5)$$

$$\text{SDR} = 0/42 A^{-0/125} \quad (6)$$

$$\text{SDR} = 1/366 \times 10^{-11} A^{-0/0998} R/L^{0/3629} \text{ CN}^{0/444} \quad (7)$$

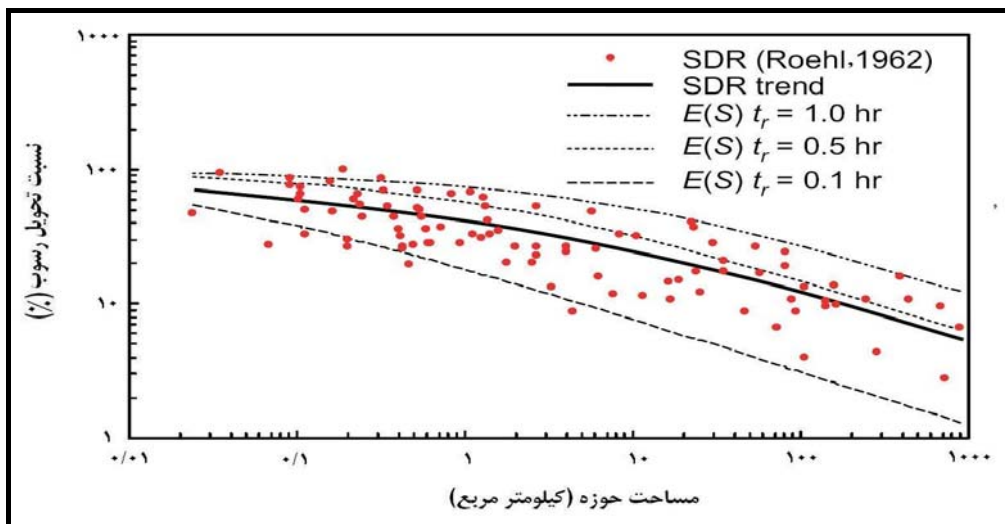
که در آنها نسبت R/L پستی و بلندی به طول آبراهه اصلی، A مساحت حوزه در رابطه 4 و 6 (مایل مربع) و در رابطه 5 و 7 (کیلومتر مربع)، CN شماره منحنی حوزه و SDR نیز نسبت تحویل رسوب می باشد.

در روش مدل های مبتنی بر خصوصیات کانالی حوزه Williams و Brendet (1972) با استفاده از شیب آبراهه اصلی رابطه 8 را برای تخمین نسبت تحویل رسوب ارائه دادند.

$$\text{SDR} = 0/627 \text{ SLP}^{0/403} \quad (8)$$

که در آن SLP درصد شیب کانال اصلی می باشد.

همچنین در روش مدل های مبتنی بر مدت زمان بارندگی مزاد Roehl (1962) با استفاده از تلفیق اثرات مساحت و مدت زمان بارندگی مزاد شکل 5 را برای برآورد نسبت تحویل رسوب ارائه داد.



شکل 5 تلفیق اثرات مساحت و مدت زمان بارندگی مزاد بر نسبت تحویل رسوب (Roehl, 1962)

سپس 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 (صادقی، 1384) انجام شد. کلیه تجزیه و تحلیل ها با استفاده از نرم افزار SPSS13 و Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

روش های مختلف پیشنهاد شده برای برآورد نسبت تحویل رسوب در برآورد نسبت تحویل رسوب متوسط شامل مدل های مبتنی بر خصوصیات توپوگرافی حوزه، مدل های مبتنی بر خصوصیات کانالی حوزه و مدل های مبتنی بر مدت

زمان بارندگی مازاد از طریق استخراج عوامل مورد نیاز محاسبه و مقادیر به دست آمده 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.

جدول ۲ درصد نسبت تحویل رسوب با استفاده از روش‌های برآورد SDR متوسط و روش اندازه‌گیری

عامل	رگبار	۸۴/۶۷	۴۰/۰۴	۱۰/۵۳	۵۰/۸۳	۸/۹۰	۱/۲۶	۱۲/۴۸	۳/۳۳	۲/۴۱	۱۰/۲۹	۱/۷۳
مساحت	اندازه‌گیری	۸۴/۶۷	۴۰/۰۴	۱۰/۵۳	۵۰/۸۳	۸/۹۰	۱/۲۶	۱۲/۴۸	۳/۳۳	۲/۴۱	۱۰/۲۹	۱/۷۳
	مایل مربع						۱۲/۰۰					
	USSR						۵/۸۰					
	South- Eastern Piedmont USA						۶/۸۸۰					
	Central & Eastern USA						۷/۹۰					
	Pasture watershed Iowa USA						۱۴/۰۰					
	Corn watershed Iowa USA						۲۰/۰۰					
	USA, Texas.Blackland Prairie						۷۱/۰۰					
	Shaanxi China						۷۱/۰۰					
	USD-SCS						۳۰/۶					
	Renfro						۲۸/۰۵					
	Vanoni						۲۳/۵۰					
	R/L	Renfro						۴۷/۰۰				
Maner							۵۰/۷۹					
بارندگی مازاد	شیب آبراهه اصلی						۱/۲۶					
	۰/۱ ساعت						۱/۲۶					
	۰/۵ ساعته						۱۰/۰۰					
	۱ ساعته						۱۹/۰۰					

نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد کلیه روش‌های برآورد SDR متوسط به‌جز روش‌های Blackland ،Shaanxi China ، USA، Texas.Prairie، نسبت پستی و بلندی به طول آبراهه اصلی Renfro و رابطه Maner برای محاسبه پستی و بلندی بر آبراهه اصلی را می‌توان برای دستیابی به یک تخمین کلی از SDR در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود اگرچه دقت لازم برای کاربرد آن در مقیاس رگبار را ندارد. برای حوزه مورد مطالعه مدل-های تجربی و همچنین روش‌های ترسیمی مبتنی بر مساحت حوزه و مقدار R/L روش‌هایی هستند که نسبتی متوسط و کلی را برای تحویل رسوب یک حوزه به دست می‌دهند که به‌دلیل در نظر نگرفتن پارامترهای خاص هر رگبار از قبیل خصوصیات بارش و رواناب می‌باشد.

جدول ۳ مقایسه حاصل از روش‌های برآورد SDR متوسط و روش اندازه‌گیری در حوزه چهل‌گزی سد قشلاق

عامل	روش	مشخصه‌های آماری SDR				میانگین روش	انحراف معیار	اشتباه از معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌دار		
		میانگین	حداکثر	میانگین	میانگین								
مساحت	مایل مربع				۵/۳۱۵			۰/۶۶۹	۱۰	۷/۹۴۵	۲۶/۳۵۲	۰/۵۱۹	
	USSR				۱۱/۵۱۵			۱/۴۴۹				۰/۱۷۸	
	South- Eastern Piedmont USA				۱۰/۵۱۵			۱/۳۲۳				۰/۲۱۵	
	Central & Eastern USA				۹/۴۱۵			۱/۱۸۵				۰/۲۶۳	
	Pasture watershed Iowa USA				۳/۳۱۵			۰/۴۱۷				۰/۶۸۵	
	Corn watershed Iowa USA				-۲/۶۸۵			-۳/۳۸۰				۰/۷۴۲	
	USA. Texas.Blackland Prairie				-۵۳/۶۸۵			-۶/۷۵۷				**۰/۰۰۰	
	Shaanxi China				-۵۳/۶۸۵			-۶/۷۵۷				**۰/۰۰۰	
	USD-SCS				-۱۳/۲۸۵	۸/۹۰	۱۲/۲۳	۸۴/۶۷				۱/۲۶	۱/۲۵
	Renfro				-۱۰/۷۳۵			-۱/۳۵۱				۰/۲۰۶	
بارندگی مازاد	Vanoni				-۶/۱۵۵			-۰/۷۷۸	۰/۴۵۴				
	۰/۱ ساعت				۱۵/۲۱۵			۱/۹۱۵	۰/۰۸۵				
	۰/۵ ساعته				۷/۳۱۵			۰/۹۱۲	۰/۳۷۹				
	۱ ساعته				-۱/۶۸۵			-۰/۲۱۲	۰/۸۳۹				
R/L	شیب آبراهه اصلی				۱۶/۰۴۹			۲/۰۲۰	۰/۰۷۱				
	Renfero				-۲۹/۶۸۵			-۳/۷۳۶	**۰/۰۰۴				
	Maner				-۳۳/۴۷۵			-۴/۲۱۳	**۰/۰۰۲				

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ و ۹۹٪

از طرف دیگر با وجود ثابت بودن مساحت حوزه تخمین‌های حاصل از نمودارها و روابط مختلف حاکم بر مساحت و SDR برای حوزه مورد مطالعه یکسان نمی‌باشد که این امر به دلیل منطقه‌ای بودن روابط تهیه شده و عدم لحاظ سایر متغیرهای حاکم بر فرآیند تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز می‌باشد داده‌های صحرائی نشان می‌دهند که رابطه SDR و مساحت حوزه به طور قابل ملاحظه‌ای در حوزه‌های مختلف جهان تغییر می‌کند و برای یک مساحت حوزه مشخص و همچنین مقدار R/L معین، هر رابطه‌ای از نسبت تحویل رسوب با مساحت و یا مقدار R/L فقط یک مقدار مشخصی برای SDR که متناسب با آن حوزه است محاسبه می‌کند، پس در حقیقت نسبت تحویل رسوب نباید فقط به مساحت حوزه نسبت داده شود، بلکه عواملی چون توپوگرافی، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و شرایط کاربری اراضی که همگی رابطه نزدیکی با فرآیندهای هیدرولوژیکی دارند نیز می‌بایست مد نظر قرار گیرند. از این رو استفاده از روش‌هایی که حداقل ارتفاع رواناب حوزه و یا دبی حداکثر سالانه را لحاظ نموده‌اند و نیز تعیین SDR برای هر یک از واحدهای مرفولوژیک ضروری است. یافته‌های به دست آمده در این خصوص با نتایج دستورانی (۱۳۸۵) مبنی بر ضرورت عوامل مختلف در کنترل رسوب مطابقت دارد. بنابراین کاربرد و کارایی مدل تخمین SDR به کمک مساحت حوزه به دلیل اینکه نمی‌تواند SDR را به دیگر عوامل اقلیمی و متغیرهای محیطی ارتباط دهد، با محدودیت

مواجه می‌گردد که موید نظرات Lu و همکاران (۲۰۰۶) و همچنین Carlose و MacDonald (۲۰۰۷) در خصوص نقش دخالت‌های انسانی در کنترل رسوب خروجی حوزه می‌باشد.

منابع

- آقابیگی امین، س.، ۱۳۸۴. الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق در زیرحوزه‌های مهم رودخانه هراز. پایان-نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۷ ص.
- توفیقی، ب.، ۱۳۸۱. تهیه مدل تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز زرین‌درخت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۱ ص.
- دستورانی، ج.، قلی‌نژاد، س.، سلاجقه، ع.، دستورانی، ق. ۱۳۸۵. ارزیابی روش‌های مختلف برآورد نسبت تحویل رسوب در حوزه آبخیز زیارت. چکیده مقالات اولین همایش ملی- دانشجویی مرتع، آبخیز و بیابان.
- راشکی، ع. ۱۳۸۵. بررسی کارایی تلفیق مدل‌های 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.
- سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۳۷۲. مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیزداری پارسل A سد قشلاق، ۲۶۱ ص.
- شاهویی، ص.، عبدالملکی، پ.، نجم‌الدینی، ن.، شاهویی، س. و طوماریان، ن. ۱۳۷۱. رابطه میزان فرسایش با عوامل موثر در طول یک رگبارش، گزیده مقالات سومین کنگره علوم خاک ایران، ۱۵-۱۷ شهریور ۱۳۷۱، ۴۱-۵۶.
- صادقی، س. ح. ر.، ۱۳۸۴. مقایسه برخی روش‌های برآورد فرسایش باران. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۹، (۱): ۴۶-۵۲.
- گروسی، ع. ۱۳۷۶. تغییر در مدل رایانه ای Answers به منظور محاسبه نسبت رسوبدهی (SDR) در یک حوزه آبخیز کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز. ۱۴۰ ص.

- **Chang, M.**, 2006. Forest hydrology, an introduction to water and forest. 2nd Edition, Iowa State University , 474p.
- **Ferro, V. and Minacapillia, M.**, 1995. Sediment Delivery Processes at Basin Scale. Hydrologic Science Journal 40(6): 703-718.
- **Ferro, V. and Porto, P.**, 2000. Sediment Delivery Distributed (SEDD) Model, Journal of Hydrologic Engineering, 5(4): 633-647.
- **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.
- **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.
- **Gubin, F., Shulin C. and Donald K.M.**, 2006. Modeling the Impacts of No-Till Practice on Soil Erosion and Sediment Yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. Journal of Soil & Tillage Research 85 (1-2): 36-49.

- **Haan, C.T., Barfield, B.J. and Hayes, J.C.,** 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments, Academic Press, INC., 588p.
- **Khanbilvardi, R.M. and Rogowski, A.S.,** 1984. Quantitative Evaluation of Sediment Delivery Ratios. Water Resources Bulletin, 20: 865-874.
- **Kinnell, P.I.A.,** 2006. Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells. Soil Science Society of American Journal. 605-1315.
- **Lu, H., Moran, C.J. and Prosser, I.,** 2006. Modelling Sediment Delivery Ratio over the Murray Darling Basin. Environmental Modelling & Software, 21:1297-1308.
- **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.
- **Maner, S.B.,** 1958. Factors Affecting Sediment Delivery Rates in the Red Hills Physiographic Area, Transaction of American Geophysics, 39: 669-675.
- **RamosScharron, C.E and MacDonald, L.H.,** 2007. Development and Application of a GIS-Based Sediment Budget Model, Journal of Environmental Management 84 (2007) 157–172.
- **Renfro, G.W.,** 1975. User of Erosion Equation and Sediment Delivery Ratio for Predicting Sediment Yield. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources, Agricultural Resources Services, ARS-S-40, 33-45. US Dept. Agric., Washington, D.C.
- **Roehl, J.W.,** 1962. Sediment Source Areas, Delivery Ratios and Influencing Morphological Land Resources, Oct. 1962. International Association. Hydrologic Science Journal Publication. pp 59.
- **USDA-SCS.,** 1972. Sediment sources, yields, and delivery ratios. National Engineering Handbook, Section 3 Sedimentation.
- **USDA-SCS.,** 1981. United States Department of Agriculture- Soil Conservation Service Engineering Handbook, Section 3. Sedimentation.
- **Walling, D.E.,** 1983. the Sediment Delivery Problem, Journal of Hydrology, 65: 209-237.
- **Williams, J.R.,** 1977. Sediment Delivery Ratios Determined with Sediment and Runoff Models. Proceedings Symposium on Erosion and Solid Matter Transport in Inland Water. Int l. Assoc. Hydrological Science. No. 122, pp. 168-179.
- **Williams, J.R. and Brendet, A.D.,** 1972. Sediment Yield Computed with the Universal Equation. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, 98(HY12), pp. 2087-2098.

Comparison Sediment Delivery Ratio Methodes in Chehelgazi Watershed of Gheshlagh Dam

L. Gholami ¹, S.H.R. Sadeghi and A.V. Khaledi Darvishan

Abstract

The knowledge on soil erosion and sediment yield Processes is strictly required for efficient sediment controlling. Since sediment yield is usually not measured directly for the entire watersheds, the indirect estimation methods such as sediment delivery ratio (SDR) models with different level of accuracy are usually developed. In the present study an attempt was made to assess the differences between estimates of some SDR methods viz. Models based on watershed topographic and watershed channel characteristics and duration of effective rainfall in Chehelgazi watershed of Gheshlagh dam in Kurdistan Province of Iran. To achieve this purpose the discharge and sediment data from 11 storms during autumn and winter 2006 and spring 2007 at the outlet of watershed with interval of half hour were collected and the total amount of sediment from each storm was calculated using sedimentgraphs. On the other hand the amount of erosion from each storm was estimated using erosion plots and the USLE model and then the measured SDR was calculated from division total amount of sediment and erosion from each storm. The SDRs estimated from models was then compared with measured SDR for each storm. The results of the study emphasis a great variability of SDR from 1.26 to 84.67 percent and show that among of models based on watershed area, the USD-SCS model and the Corn watershed Iowa USA model have the best results respectively and also show that the best agreement with measured data occurs with duration of effective rainfall equal to 1 hour. The results also show that the models based on main stream slope and R/L ratio are deficient to predict stormwise SDR in the study watershed.

Key words: *Sediment delivery ratio, Univeersal soil loss equation, Storm erosion and sediment, Gheshlagh dam*

¹ Master Student, Dept. of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares Univ., Noor, Mazandaran, Iran, E-mail: gholami.leily@yahoo.com