ارزیابی روش‌های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب (SDR) تحت شرایط آب و هوائی مختلف مطالعه موردی :حوضه‌های آبخیز استان مرکزی

روح اله افسری *
دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

جمال قدوسی
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

در ایران بر اساس نتایج تحقیقات به عمل آمده در بسیاری از موارد، اختلاف نسبی بین مقادیر فرسایش و رسوب برآورد شده توسط مدل EPM با مقادیر رسوب اندازه گیری شده بیشتر از ۱۰ درصد گزارش شده است. در تحقیق حاضر اقدام به بررسی ۱۳ روش برآورد نسبت تحویل رسوب، جهت مقایسه با روش محاسبه آن در مدل EPMجهت ارتقاء دقّت مدل در دو حوضه آبخیز خمین و مزلقان واقع در استان مرکزی شده است، نتایج تحقیق نشان دهنده این است که روش مو و منگ[1](۱۹۷۷) و روش روئل[2](۱۹۷۷) به ترتیب با داشتن حداقل اختلاف نسبی در حوضه‌های آبخیز خمین و مزلقان، مناسب‌ترین روش‌ها هستند. بر این اساس توصیه می‌شود از روش محاسبه نسبت تحویل رسوب مو و منگ(۱۹۷۷)، در حوضه‌های آبخیز خشک و از روش روئل (۱۹۷۷)، در حوضه های آبخیز نیمه خشک ایران در صورت بکارگیری مدل EPM استفاده شود.

واژگان کلیدی : نسبت تحویل رسوب (SDR)[3]، **آبخیزهای خشک و نیمه خشک، مدل EPM، حوضه آبخیز خمین، حوضه آبخیز مزلقان.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

آگاهی از روش مناسب محاسبه نسبت تحویل رسوب (SDR) در حوضه‌های آبخیزاز اهمیّت ویژه‌ای در مباحث حفاظت خاک و آبخیزداری به ویژه برآورد مقادیر فرسایش و رسوب برخوردار است، یکی از چالش‌های مهم در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از چنین روش‌ها ویا مدل ها لزوم آگاهی از کارائی و میزان دقت آن‌ها است. در ایران به دلایل مختلف از روش MPSIAC و مدل EPM بیشتر از سایر روش‌ها و مدل‌های دیگر جهت برآورد فرسایش و رسوب در مطالعات و طرح‌های آبخیزداری استفاده می‌شود. از آن‌جا

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۸۸۶۶۷۲۸۹
E-mail:Ali_Afsary@yahoo.com

1 - Mou and Meng
2 - Roehl
3 - Sediment Delivery Ratio

که در روش MPSIAC برآورد کمی فرسایش میسر نمی‌باشد، از این رو به طور معمول با انتخاب یکی از روش‌های محاسبه نسبت تحویل رسوب(SDR)، اقدام به محاسبه مقدار فرسایش بر اساس مقدار رسوب برآورد شده می‌شود. در مدل EPM که امکان برآورد کمی مقادیر فرسایش و رسوب وجود دارد با برآورد مقدار فرسایش و محاسبه نسبت تحویل رسوب بر اساس روش ارایه شده در مدل، اقدام به برآورد کمی رسوب می‌گردد. به این ترتیب در مورد روشMPSIAC به دلیل عدم دقت روش مورد استفاده که در شرح خدمات مطالعات طرح‌های تفصیلی – اجرائی آبخیزداری اقدام به معرفی و لزوم استفاده از آن شده (قدوسی، ۱۳۸۹) و در مدل EPM که یکی از محدودیت‌های آن عدم کارائی روش محاسبه نسبت تحویل رسوب(SDR) عنوان شده است(احمدی، ۱۳۷٤)، بررسی روش‌ها و مدل‌های محاسبه و برآورد نسبت تحویل رسوب(SDR) با تأکید بر شرایط اقلیمی به دلیل محدود بودن استفاده از روش MPSIAC به مناطق نیمه خشک و محدود بودن استفاده از مدلEPM به مناطق نیمه خشک سرد کوهستانی با متوسط حداقل دمای هوای کمتر از ۱۰- درجه سانتی‌گراد(قدوسی،۱۳۸۹)، نشان دهنده‌ی این است که بلا وّجه به تنوع اقلیم به ویژه در آبخیزهای بزرگ نمی‌توان از یک روش و یا مدل خاص جهت برآورد فرسایش و رسوب استفاده کرد، از سوی دیگر به دلایل بیان شده در مورد محاسبه نسبت تحویل رسوب ضرورت دارد اقدام به شناسائی و معرفی روش‌ها یا مدل‌هایی شود که ضمن برخورداری از ساختار مناسب دارای سازگاری لازم با شرایط اقلیمی در مقیاس حوضه آبخیز باشد. یکی از راه حل‌های رفع این مسئله، ارزیابی روش‌های موجود جهت برآورد نسبت تحویل رسوب در مقیاس حوضه آبخیز به منظور شناسائی و معرفی مناسب ترین روش محاسبه یا برآورد ضریب رسوبدهی تحت شرایط آب و هوایی (اقلیم) مختلف است.

بررسی سوابق پژوهشی مبین این است که گرین فیلد[1](۲۰۰٤)، با بررسی و ارزیابی چهار مدل مختلف محاسبه برآورد نسبت تحویل رسوب در آتلانتا – آمریکا به این نتیجه رسیده است که روش‌ها یا مدل‌های محاسبه یا برآورد نسبت تحویل رسوب مبتنی بر روابط ویژگی‌های مرفومتریک حوضه آبخیز در مقایسه با سایر روش‌ها دارای دقت بیشتری هستند. بارتولیک[2] (۲۰۰۵)، با تقسیم بندی روش‌ها یا مدل‌های برآورد نسبت تحویل رسوب در دو گروه آماری – تجربی و تعیینی – فیزیکی بر این نکته اشاره دارد که مدل‌های آماری – تجربی به دلیل نیاز به داده‌های کمتر و سهولت انجام محاسبات، از نظر کلی بر مدل های تعیینی – فیزیکی که به داده‌های ورودی بیشتری نیازمند هستند، ارجحیت دارند. صابر همیشگی، (۱۳۸۵)، با بررسی برخی مدل‌های برآورد نسبت تحویل رسوب در زیر حوضه آبخیز لوارک واقع در حوضه آبخیز لتیان–تهران، گزارش داده است که به دلیل تجربی بودن تمامی مدل‌های ابداع و ارایه شده برای برآورد نسبت تحویل رسوب در مقیاس حوضه آبخیز، ضرورت دارد مناسب ترین روش از طریق آزمون و ارزیابی آن‌ها در حوضه‌های آبخیز معرف، مشخص و معرفی شود. ابراهیمی، (۱۳۸۵)، بلا وّجه به نتایج حاصل از ارزیابی دو گروه از مدل‌های برآورد یا محاسبه نسبت تحویل رسوب در حوضه آبخیز کورسر – نوشهر با اقلیم معتدل

1- Greenfield
2- Bartoholic

مرطوب، اظهار داشته است مدل‌هایی که در آن‌ها به جای عامل مساحت، طول آبراهه اصلی و ارتفاع متوسط حوضه آبخیز از سطح دریا لحاظ شده، مدل های مناسب تری هستند. نورانی، (۱۳۸۵)، با ارزیابی هفت مدل از مدل‌های برآورد نسبت تحویل رسوب در حوضه آبخیز طالقان رود با اقلیم نیمه خشک سرد به این نتیجه رسیده است که مدل ویلیامز – برنت[1] (۱۹۷۲)، مناسب ترین مدل برای برآورد نسبت تحویل رسوب در حوضه آبخیز طالقان رود و آبخیزهایی با شرایط اقلیمی مشابه می‌باشد.

به این ترتیب می‌توان بیان کرد که با توجه به وجود روش‌ها و مدل‌های متعدد موجود جهت برآورد نسبت تحویل رسوب(SDR)، انتخاب و استفاده بهینه و مناسب از آن‌ها باید مبتنی بر شرایط اقلیمی حاکم بر بر حوضه‌های آبخیز باشد. در این میان یکی از مهم ترین موارد که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته، انتخاب روش و یا مدل مناسب برای برآورد نسبت تحویل رسوب جهت استفاده در ترکیب و تلفیق با روش‌ها و مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب است که می‌تواند منجر به امکان برآورد مقادیر کمی فرسایش و یا رسوب در چنین مدل‌هایی شود. بر این اساس در تحقیق حاضر با توجه به محدودیت‌های مشخص شده برای مدل برآورد فرسایش و رسوب EPM که در آن اقدام به ارایه رابطه ای برای برآورد نسبت تحویل رسوب شده است، سعی بر بررسی دقت و کارآیی روش مذکور با سایر روش‌ها و مدل‌های محاسبه و یا برآورد نسبت تحویل رسوب جهت رفع محدودیت مرتبط به این موضوع در مدل EPM با هدف افزایش دقت و کارآیی این مدل شده است.

داده‌ها و روش‌ها

داده‌ها و مواد و متغیرهای مورد مطالعه

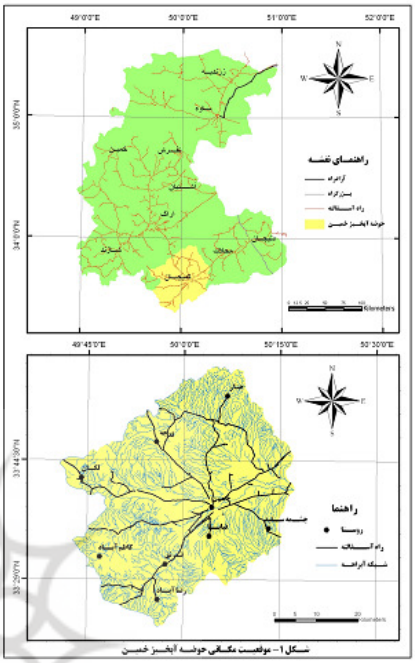
در انجام این تحقیق از اطلاعات مستخرج از منابع مختلف شامل کتب و مقالات علمی – پژوهشی،گزارش مطالعات انجام شده، آمار و اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی و رسوب سنجی، نقشه‌های پایه توپوگرافی، زمین شناسی و منابع اراضی و عکس‌های هوایی و نیز نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه‌های مرتبط با موضوع تحقیق استفاده شده است.

ابزارهای پژوهش

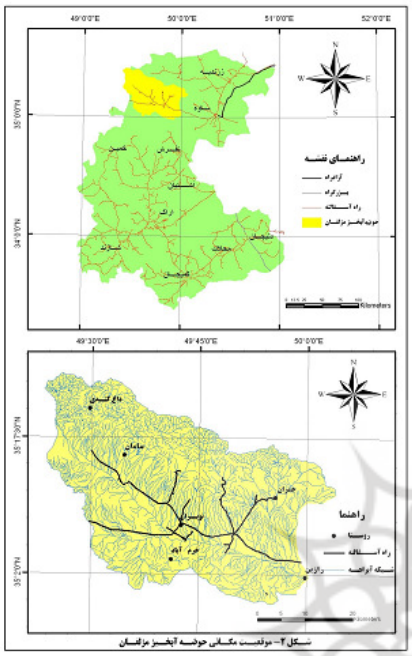
این تحقیق با توجه به لزوم در نظر گرفتن شرایط اقلیمی متفاوت به ترتیب در حوضه‌های آبخیز خمین و مزلقان با اقالیم خشک و نیمه خشک در محدوده‌های جغرافیایی ۴۰َ ۴۹° تا ۱۷َ و ۵۰° طول شرقی و ۲۲َ ۳۳° تا ۵۶َ و ۳۳° عرض شمالی و ۲۲َ و ۴۹° تا ۱۰َ و ۵۰° طول شرقی و ۵۷َ و ۳۴° تا ۲۵َ و ۳۵° عرض شمالی با مساحت‌های ۲۰۷۵ و ۱۴۲۹ کیلومتر مربع در جنوب و شمال شرق استان مرکزی انجام شده است(شکل‌های ۱ و ۲). در اجرای عملیات میدانی و تجزیه و تحلیل داده‌ها به ترتیب شامل نمونه

1- Brends and Williams

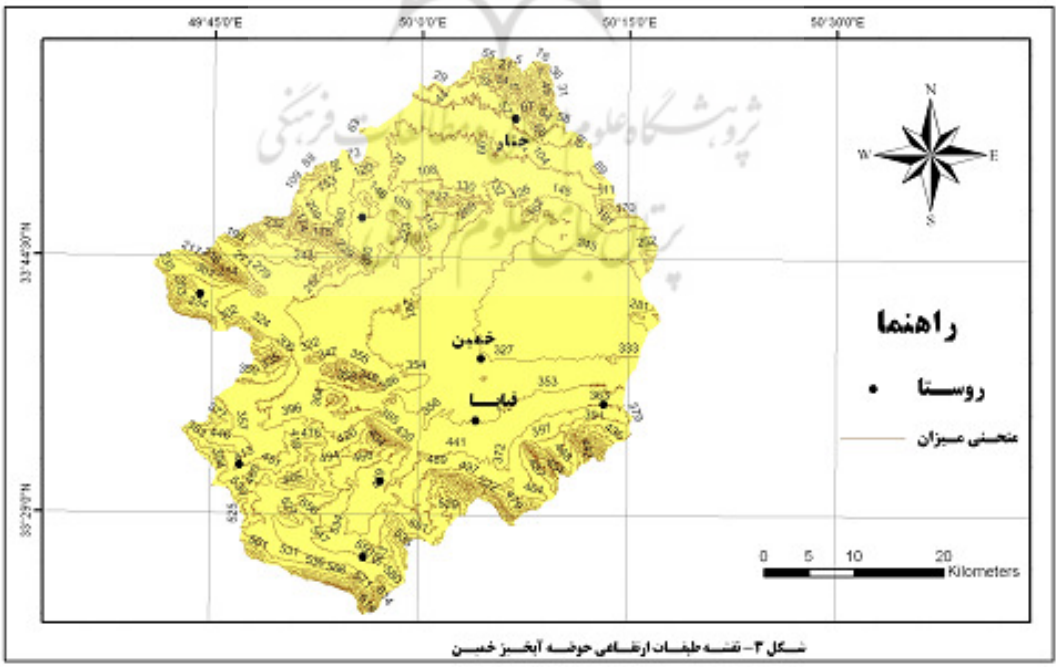
برداری‌های میدانی، تدقیق داده‌ها شامل زمین شناسی، خاک، ویژگی‌های فیزیوگرافی در سازگاری و تطبیق با ساختار مدل‌ها یا روش‌های برآورد نسبت تحویل رسوب و پردازش داده‌ها از ابزار و ادوات فنی- مهندسی ذیربط و بسته‌های نرم افزاری Spss و Arc-GIS استفاده شده است(شکل‌های ۳، ٤، ٥ و ٦).



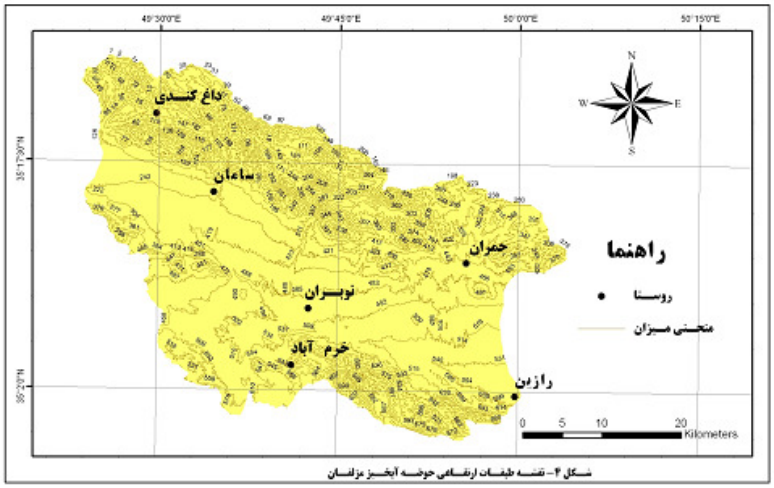
شکل ۱: موقعیت مکانی حوضه آبخیز خمین



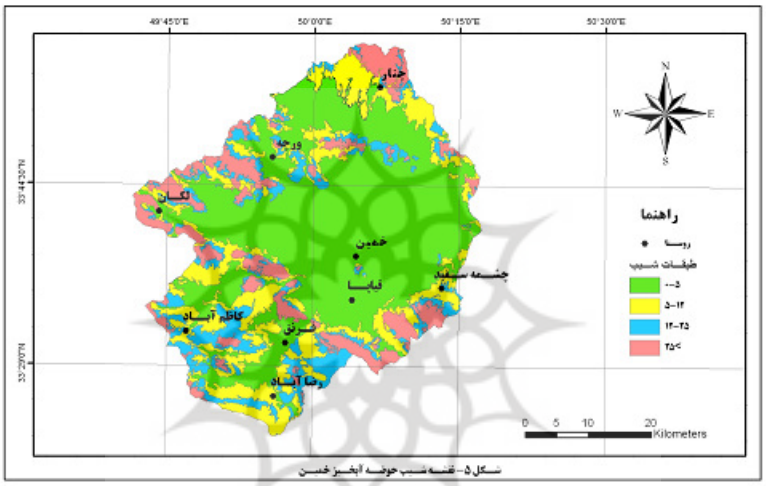
شکل ۲: موقعیت مکانی حوضه آبخیز مزلفان



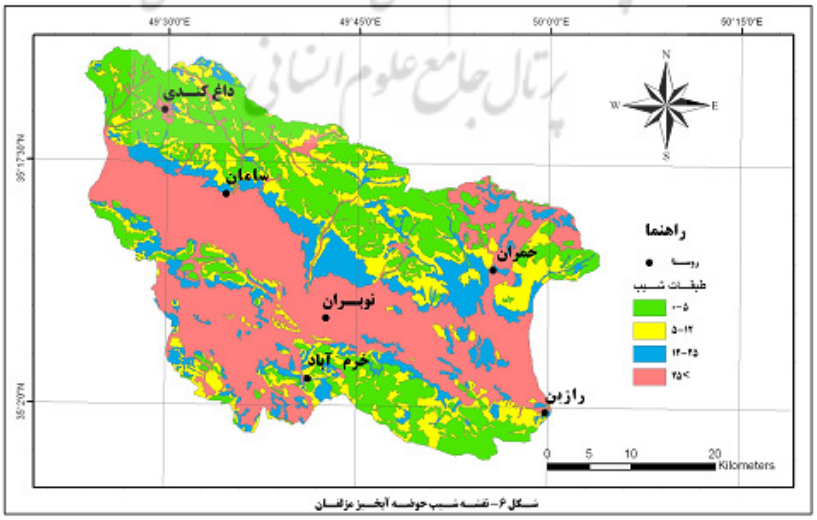
شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز خمین



شکل ٤: نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز مزلفان



شکل ٥: نقشه شیب حوضه آبخیز خمین



شکل ٦: نقشه شیب حوضه آبخیز مزلفان

روش‌ها

در این تحقیق ابتدا اقدام به تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی در تطبیق با روش‌های اقلیم شناسی دومارتن[1] اصلاح شده و آمبرژه[2] و تقسیم بندی حوضه‌های آبخیز استان مرکزی بر اساس نوع اقلیم شده است. سپس با توجه به وجود چهار گروه مختلف از روش‌ها و مدل‌های محاسبه و برآورد نسبت تحویل رسوب و انتخاب ۱۳ روش و مدل از بین آن‌ها براساس نتایج حاصل از ارزیابی‌های پیشین انجام شده در جهان و ایران اقدام به تکمیل و تدقیق اطلاعات مربوط به عوامل لحاظ شده در هر یک از روش‌ها و مدل‌ها از طریق بازدیدها و انجام مطالعات میدانی و انتخاب نقاط آزمایشی در هر مورد به روش نمونه برداری کاملا تصادفی شده است. محاسبه مقدار رسوب ویژه هر یک از حوضه‌های آبخیز بر اساس داده‌های اندازه گیری شده در ایستگاه‌های رسوب سنجی پس از پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش میانگین دسته‌ها محاسبه شده است. برآورد مقدار کمی فرسایش ویژه با استفاده از مدل EPM به عنوان مدل مناسب معرفی شده برای حوضه‌های آبخیز نیمه خشک کوهستانی صورت گرفته و با محاسبه نسبت تحویل رسوب در دو حوضه آبخیز مورد مطالعه اقدام به ارزیابی آن‌ها بر اساس روش مقایسه تطبیقی و تغییرات نسبی شده است.

روش تجزیه و تحلیل

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق بر اساس روش تجزیه و تحلیل همبستگی از طریق ایجاد روابط رگرسیونی از یکسو و محاسبات مربوط به تغییرات نسبی جهت دستیابی و مشخص کردن مناسب ترین مدل‌ها یا روش‌های برآورد یا محاسبه ضریب رسوبدهی بر اساس اقلیم، صورت پذیرفته است.

مدل‌ها یا روش‌های مورد بررسی محاسبه و برآورد نسبت تحویل رسوب در چهار گروه به شرح زیر می‌باشند:

گروه ۱- روش‌های مبتنی بر مساحت حوضه آبخیز :

- رنفرو[3] (۱۹۷۵)، $\text{Log (SDR)} = 1/7935 - 0/4191 \text{ Log (A)}$

که در آن:

SDR = نسبت تحویل رسوب و A = مساحت آبخیز بر حسب مایل مربع می‌باشد.

- ونانی[2] (۱۹۷۵) که $SDR=0/42\ A^{-0/125}$

در آن :

SDR= نسبت تحویل رسوب و A = مساحت حوضه آبخیز بر حسب مایل مربع است.

- روش سرویس حفاظت خاک آمریکا[3] (۱۹۷۹) $SDR=0/51\ A^{-0/11}$

که در آن:

1- Demartonn
2- Amberje
1- Renfero
2- Vonani
3- United State of America Soil Conservation Service

SDR= نسبت تحویل رسوب و A = مساحت آبخیز بر حسب مایل مربع می‌باشد.

– لارنس[1] (۱۹۹۶) $SDR=A^{./2}$

که در آن:

SDR= نسبت تحویل رسوب و A= مساحت حوضه آبخیز بر حسب کیلومتر مربع است.

گروه ۲– روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های ژئومورفولوژی حوضه آبخیز :

– ویلیامز و برنت (۱۹۷۲) $SDR=0/627\ (SLP)^{./403}$

که در آن:

SDR= نسبت تحویل رسوب و SLP= شیب آبراهه اصلی می‌باشد.

– رنفرو (۱۹۷۵) $\text{Log SDR}=./294259 + 0/82362\ \text{Log}(\frac{R}{L})$

که در آن:

SDR= نسبت تحویل رسوب، R = اختلاف ارتفاع بین بلندترین و کم ارتفاع ترین نقاط حوضه آبخیز (متر) و L= طول حوضه آبخیز (متر) می‌باشد.

– روئل (۱۹۶۲) $\text{Log SDR} = 4/5 – 0/23\ \text{Log}\ (A) - 0/5125\ \text{Log}(\frac{R}{L}) - 2/788\text{Log}(BR)$

که در آن:

A= مساحت آبخیز بر حسب مایل مربع، $\frac{R}{L}$ = نسبت پستی و بلندی به طول آبخیز بر حسب مایل به مایل و BR= نسبت دو شاخه شدن یا ضریب دو شاخه شدن شبکه آبراهه‌های حوضه آبخیز می‌باشد.

– مو و منگ (۱۹۸۰) $SDR=1/29 + 1/37\ \text{Ln RC} – 0/025\ \text{Ln A}$

که در آن:

A= مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع) و RC= تراکم شبکه آبراهه به ویژه تراکم شیارها و خندق‌ها در حوضه آبخیز (کیلومتر بر کیلومتر مربع) می‌باشد.

گروه ۳– روش‌های مبتنی بر مساحت و ویژگی‌های فیزیوگرافی و هیدرولوژی حوضه آبخیز:

– ماتخلر و بوئی[2] (۱۹۷۵) $DR=0/488 – 0/006\ A + 0/01\ RO$

که در آن:

A= مساحت آبخیز (مایل مربع) و RO= متوسط ارتفاع رواناب سالانه (اینچ) می‌باشد.

– ویلیامز[3] (۱۹۷۷) $SDR=1/366 \times 10^{-12}\ (A)^{-0/0998}\ (\frac{R}{L})^{0/362}(CN)^{5/44}$

که در آن:

SDR= نسبت تحویل رسوب، A = مساحت حوضه آبخیز بر حسب مایل مربع، $\frac{R}{L}$= نسبت پستی و بلندی به طول آبخیز بر حسب مایل به مایل CN= شماره منحنی می‌باشد.

1- Larens
2-Mutcher-Bowie
3- Williams

- SWAT(2005)[1] $SDR=\frac{q_p}{r_{ep}}$

که در آن :

q_p= حداکثر عمق رواناب سطحی (میلی‌متر بر ساعت) و r_{ep} = مقدار بارش مازاد یا مساوی مقدار حداکثر بارش مؤثر (میلی–متر بر ساعت) می‌باشد.

– روش‌های مبتنی بر ویژگیهای خاک حوضه آبخیز و هیدرولیک رسوب :

– والینگ[2] (۱۹۸۳) $SDR=C_{soil}/C_{sed}$

که در آن:

C_{soil}= درصد رس موجود در خاک حوضه آبخیزو C_{sed}= درصد میزان رس موجود در رسوب تولیدی می‌باشد.

– سوایف و لیود[3](۲۰۰۲)

$$Z=0/9004–0/134(Lnx)- 0/0465(Lnx)^2 – 0/00749(Lnx)^3 – 0/0399(Lny)+0/0144(Lny)^2 +0/00308(Lny)^3$$

ه در آن:

Z= ضریب رسوب دهی، x = فاصله منبع تولید رسوب تا مسیر آبراهه اصلی انتقال رسوب (کیلومتر) و y= شیب مربوط به پهنه هر یک از منابع تولید رسوب است ($x>0$ و $y>0$) می‌باشد.

نتایج

ویژگی‌های حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه

– نتایج حاصل از بررسی‌های به عمل آمده در زمینه ویژگی‌های حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه در تطبیق با ساختار روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارایه شده‌اند.

جدول ۱: ویژگیهای توپوگرافی و فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه

نام حوضه آبخیز	مساحت (Km^2)	محیط (km)	طول حوضه آبخیز (km)	شیب متوسط (درصد)	پستی و بلندی	حداکثر ارتفاع از سطح دریا (m)	حداقل ارتفاع از سطح دریا (m)	ارتفاع متوسط از سطح دریا (m)	طول آبراهه اصلی (km)	مجموع طول آبراهه ها (km)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	تراکم آبراهه (km)	فراوانی آبراهه درجه یک (درصد)	نسبت انشعاب BR
خمین	۲۰۷۵	۱۰٤	۳۵	۹/۳	۰/۰٤۱	۳۲۵۷	۱۸۳۰	۲۱۸۵	۳۸/۷	۳٤۲/۵	۱/۷	۰/۵۵	۱۲/٦٤	٤/٤۵
مزلقان	۱٤۲۹	۱۸۷/۵	٦۹/۷۵	۱۱/۹	۰/۰۲۳	۲۹۸٦	۱۳۰۰	۱۹۵۱	۷۵	۷۲۲/۵	۱/۰۵	۰/٤٤	۷/۵۵	۳/۵

3- Soil and Water Assessment Tool
4- Walling
1- Swif and Lioyd

جدول ۲: مقادیر اندازه گیری شده دبی آب، رسوب، حجم کل آب و تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز خمین و مزلقان

پارامتر / حوضه آبخیز	دبی آب $Q_w(litsec^{-1})$	دبی رسوب $Q_S(grlit^{-1})$	حجم آب سالانه (m^3) Q	رسوب کل $Q_{st}(Ton)$	رسوب ویژه $(TonKm^{-2}yr^{-1})$	متوسط بارندگی سالانه	مساحت Km^2
خمین	۱/۳	۱۶۱/۱٤	٤۰۹۹٦/۸	٤۱۸۲۷۲/۰۵	۲۰۱/۵۸	۲۱۷	۲۰۷۵
مزلقان	۵/۳۱	۳۰۷۲/۳۵	۱٦۷۱٤۰/۸	۵۱۳۱۲۲/۲٦	۳۵۹/۰۸	۳۳۵	۱٤۲۹

– نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه گیری شده دبی آب و رسوب ایستگاه‌های رسوب سنجی در حوضه‌های آبخیز خمین و مزلقان بر اساس روش میانگین دسته‌ها به ترتیب معادل۴۱۸۲۷۲/۰۵ و ۵۱۳۱۲۲/۲٦ تن در سال است که برابر ۲۰۱/۵۸ و ۳۵۹/۰۸ تن در کیلو متر مربع در سال می‌باشد.

این در حالی است که مقادیر رسوب ویژه برآورد شده با بکارگیری مدل EPM در دو حوضه آبخیز خمین و مزلقان به ترتیب معادل ۲۳۰/۹ و ٤۰٤/۲ تن در کیلو متر مربع در سال با مقادیر رسوب کل ٤۷۹۱۱۷/۵ و ۵۷۷٦۰۱/۸ تن در سال به دست آمده است. با در نظر گرفتن مقادیر تولید رسوب اندازه گیری و برآورد شده در حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه، نتیجه مقایسه تطبیقی مبتنی بر محاسبه اختلاف نسبی بین متوسط مقادیر کل رسوب اندازه گیری و برآورد شده سالانه، به ترتیب برای آبخیزهای خمین و مزلقان برابر با ۱٤/۵ و ۱۲/٦ در صد می‌باشد. با توجه به هدف تحقیق، نتیجه حاصل از برآورد نسبت تحویل رسوب بر اساس روش‌ها و مدل‌های مورد آزمون ۱۳گانه(جدول ۳) و محاسبه متوسط رسوب سالانه حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه با بکارگیری مقادیر برآورد شده نسبت‌های تحویل رسوب(جداول ٤ و ۵)، نشان دهنده این است که روش‌های موومنگ و روئل به ترتیب با اختلاف نسبی٤/۱ و ٦/٤ در صد در مقایسه با مقادیر برآورد شده نسبت‌های تحویل رسوب بر اساس روش ارایه شده در مدل EPM در حوضه‌های آبخیز خمین و مزلقان دارای کمترین اختلاف نسبی می‌باشند(جدول ٦).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

جدول۳ : نتایج حاصل از برآورد مقادیر نسبت تحویل رسوب بر اساس روش‌های مورد آزمون در حوضه‌های آبخیزهای خمین و مزلقان

روش SDR / حوضه آبخیز	EPM (۱۹۸۸)	رنفرو (۱۹۷۵)	ونانی (۱۹۷۵)	SCS (۱۹۸۳)	لارنس (۱۹۹٦)	ویلیامزو برنت (۱۹۷۲)	مانرو رنفرو (۱۹۷۵)	روئل (۱۹٦۲)	مو و منگ (۱۹۸۰)	ویلیامز (۱۹۷۷)	SWAT (۲۰۰۱)	ماتخلرو بوئی (۱۹۷۵)	سوایف و لیود (۲۰۰۰)	والینگ (۱۹۹٦)
خمین	۰/۵٤	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۲٤	۰/۲۲	۰/۷۷	۰/۱٤	۰/٤۵	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/٤۵	۰/۱۰	۰/٦۳	۰/۸٦
مزلقان	۰/۵۵	۰/۳٤	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/٦٤	۰/۱۰	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۰۳	۰/۵٤	۰/۱۷	۰/۳٦	۰/۸۵

جدول ٤ : نتایج مقایسه تطبیقی و اختلاف نسبی مقادیر رسوب مشاهده شده با مقادیر برآورد شده در حوضه آبخیز خمین

رسوب / مدل یا روش	رسوب کل (تن در سال)	اختلاف مطلق	اختلاف نسبی (درصد)
EPM (۱۹۸۸)	٤٧٩١١٧/٥٠	٦٠٨٤٥/٤٥	١٤/٥
رنفرو (۱۹۷۵)	٣٤٦٠٥١/٥٠	٧٢٢٢٠/٥٥	١٧/٣
ونانی (۱۹۷۵)	١٥٩٧١٦/١٠	٢٥٨٥٥٥/٩٥	٦١/٨
SCS (۱۹۸۳)	٢١٢٩٥٤/٨٠	٢٠٥٣١٧/٢٥	٤٩/١
لارنس (۱۹٦٦)	١٩٥٢٠٨/٥٠	٢٢٣٠٦٣/٥٥	٥٣/٣
ویلیامزو برنت (۱۹۷۲)	٦٨٣٢٢٩/٨٠	٢٦٤٩٥٧/٧٥	٦٣/٣
مانر و رنفرو (۱۹۷۵)	١٢٤٢٢٣/٦٠	٢٩٤٠٤٨/٤٥	٧٠/٣٠
روئل (۱۹٦٢)	٣٩٩٢٩٠/٢٠	١٨٩٨١/٨٥	٤/٥
مو و منگ (۱۹۷۷)	٢٤٨٤٤٧/٢٠	١٦٩٨٢٤/٨٥	٤/١
ویلیامز (۱۹۷۷)	٨٨٧٣/١٠	٤٢٧١٤٥/١٥	٩٧
SWAT (۲۰۰۱)	٣٩٩٢٩٠/٢٠	١٨٩٨١/٨٥	٤/٥
ماتخلرو بوئی (۱۹۷۵)	٨٨٧٣١/١٠	٣٢٩٥٤٠/٩٥	٧٨/٨٠
سوایف و لیود (۲۰۰۰)	٥٥٩٠٠٦/٢٠	١٤٠٧٣٤/١٥	٣٣/٦
والینگ (۱۹۹٦)	٧٦٣٠٨٧/٩٠	٣٤٤٨١٥/٨٥	٨٢/٤

جدول ٥: نتایج مقایسه تطبیقی و اختلاف نسبی مقادیر رسوب مشاهده شده با مقادیر برآورد شده درحوضه آبخیز مزلقان

رسوب / مدل یا روش	رسوب کل (تن در سال)	اختلاف مطلق	اختلاف نسبی (درصد)
EPM (۱۹۸۸)	٥٧٧٦٠١/٨٠	٦٤٤٧٩/٢	١٢/٦
رنفرو (۱۹۷۵)	٣٥٧٠٥٨/٥٠	١٥٦٠٦٤/١	٣٠/٤
ونانی (۱۹۷۵)	١٩٩٥٣٢/٧٠	٣١٣٥٨٩/٩	٦١/١
SCS (۱۹۸۳)	٢٦٢٥٤٣/٠٠	٢٥٠٥٧٩/٦	٤٨/٨
لارنس (۱۹٦٦)	١٤٠٥٤٥/٩٠	٣٧٢٥٧٦/٧	٧٢/٦
ویلیامزو برنت (۱۹۷۲)	٦٧٢١١٠/١٠	١٥٨٩٨٧/٥	٣٠/٩
مانر و رنفرو (۱۹۷۵)	١٠٥٠١٧/٢٠	٤٠٤١٠٥/٤	٧٩/٥
روئل (۱۹٦٢)	٥٤٦٠٨٩/٥٠	٣٢٩٦٦٩/٩	٦/٤
مو و منگ (۱۹۷۷)	١٧٨٥٢٩/٢١	٣٣٤٥٩٣/٣٩	٦٥/٢١
ویلیامز (۱۹۷۷)	٣١٥٠٥/٢٠	٤٨١٦١٧/٤٠	٩٣/٩
SWAT (۲۰۰۱)	٤٧٩١٤٨/٢٠	٣٣٩٧٤/٤	٦/٦
ماتخلرو بوئی (۱۹۷۵)	١٧٨٥٢٩/٣٠	٣٣٤٥٩٣/٣	٦٥/٢
سوایف و لیود (۲۰۰۰)	٣٧٨٠٦١/٩٠	١٣٥٠٦٠/٧	٢٦/٣
والینگ (۱۹۹٦)	٨٩٢٦٤٦/٣٠	٣٧٩٥٢٣/٧	٧٣/٩

جدول ٦: نتیجه محاسبه اختلاف نسبی کمتر از ۲۰ درصد بین مقادیر رسوب مشاهده شده با برآورد شده بر اساس روش‌ها یا مدل‌های مختلف محاسبه نسبت تحویل (مقادیر بر حسب درصد)

مدل / حوضه آبخیز	مومنگ (۱۹۷۷)	روئل (۱۹۷۷)	SWAT (۲۰۰۱)	EPM (۱۹۸۸)	رنفرو (۱۹۷۵)	بیشترین اختلاف نسبی
خمین	٤/١	٤/٥	٤/٥	١٤/٥	١٧/٣	روش یا مدل ویلیامز(۱۹۷۷) ۹۷
مزلقان	>٢٠	٦/٤	٦/٦	١٢/٦	>٢٠	روش یا مدل ویلیامز (۱۹۷۷) ۹۳/۹

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل، می‌توان نتیجه گیری کرد که روش مو و منگ (۱۹۷۷) با اختلاف نسبی ٤/١ درصد در حوضه آبخیز خمین با اقلیم خشک سرد تا نیمه خشک سرد و روش روئل(۱۹۷۷) با اختلاف نسبی ٦/٤ درصد در حوضه آبخیز مزلقان با اقلیم نیمه خشک سرد تا مرطوب سرد مناسب ترین روش‌های جهت محاسبه نسبت تحویل رسوب هستند. بنابراین توصیه می‌شود در حوضه آبخیز خمین و حوضه‌های آبخیز دارای اقلیم مشابه از روش مو و منگ و در حوضه آبخیز مزلقان و حوضه‌های آبخیز دارای اقلیم مشابه از روش روئل در جایگزینی با روش ارایه شده در مدل EPM جهت افزایش دقت آن استفاده شود.

شایان ذکر است که نتایج حاصل از این تحقیق در تطبیق با یافته‌های تحقیقاتی قوهستانی (۱۳۸۸)، همیشگی (۱۳۸۵)، ابراهیمی (۱۳۸۵) و نورانی (۱۳۸۵) می‌باشد، که در آن‌ها بر لزوم ارزیابی مدل‌های برآورد نسبت تحویل رسوب (SDR) در آبخیزهای مختلف کشور، از دیدگاه‌ها و جنبه‌های مختلف از جمله شرایط اقلیمی تأکید شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- ابراهیمی، زهرا (۱۳۸۵) : ارزیابی و واسنجی چند مدل برآورد نسبت تحویل رسوب مطالعه موردی در حوضه آبخیز کورکورسر نوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی استاد دکتر علی سلاجقه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۲- احمدی، حسن(۱۳۷۸) : ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱چاپ سـ وّم، انتشارات دانشگاه تهران.

۳- صابر همیشگی، س.م(۱۳۸۵): ارزیابی چند مدل برآورد نسبت تحویل رسوب و انتخاب مناسب‌ترین مدل: مطالعه موردی در زیر آبخیز لوارک- لتیان، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی استاد دکتر جمال قدوسی، دانشکده کشاورزی تربیت مدرس.

٤- فیض نیا، سادات، (١٣٧٤): مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم‌های مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ٤٧، صص ٩٥ تا ١١٥.

٥- قدوسی، جمال، (١٣٨٩): مدل‌های فرسایش و رسوب، جزوه درسی دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

٦-محم ّدی، عبد الحسین، (١٣٨٢): بررسی تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز دریاچه نمک، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر سادات فیض نیا، دانشگاه تهران.

٧- مهدوی‌محم ّد، (١٣٧٨): هیدرولوژی کاربردی، جلد اوّ، انتشارات دانشگاه تهران.

٨- مهدوی‌محم ّد، (١٣٧٨): هیدرولوژی کاربردی‌جلد د وّم، انتشارات دانشگاه تهران.

٩- مرکز تحقیقات منابع آب تماب، (١٣٨٨)بانک اط ّلاعات منابع آب سطحی.

١٠- مهندسین مشاور رویان(١٣٧٦): مطالعات فاز توجیهی حوضه آبخیز شاقو، معاونت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی، (صص ٣٣-٥٥).

١١- نورانی‌سی ّده نرگس خاتون (١٣٨٥): ارزیابی چهار روش برآورد نرخ تولید رسوب (SDR) به منظور انتخاب مناسب‌ترین روش، مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر جمال قدوسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

12- Arnold, J. G., Williams, JR., Srinivasan, R. and Wking (1996): The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) User Manual. Temple, Tx.

13- Ferro, V. and D. Stefano, (2002): Sediment Delivery Process and Spatial Distribution of Caesium-137 in Small Sicilian Basin-Hydro.Processes. Vol. 12. Pp. 701-711.

14- Maner, B. (1958): Factors Affecting Sediment Delivery Rates in The Red Hills Physiographic Area. Am. Geophys. Union Trans. Vol. 34. Pp. 669-675.

15- Prosser, L., Sivaplan M. and Moran, C. (2001): Modeling Sediment Delivery Ratio Based on Physical Principles. Center of Nestern Australia. 1200.

16- Renfro R. and Waldo P. (1975): Validations of Sediment Delivery Ratio Predictions Techniques. Research. P 95.

17- Rohel, J. H. (1962): Sediment Source Areas, Delivery Ratios and Influencing Morphological Fastors. Commission and Land Erosion. Assn. Int. Hydro. Sci. Pub. No.

18- SCS/USD (1972): Sediment Sources, Yields and Delivery Ratios. National Engineer Hand Book Section (3) Sedimentation.

19- Vanani, J. (1975): Soil Erosion Prediction. New York in Irk P. 210.

20- Williams, J, R. (1977): Sediment Delivery Ratios Determined With Sediment and Run off Models. In: Erosion and Solid Matter Transport in Ireland Waters. Iahs. Aishpub. No (12).Pp 168-179.

21- Williams, J. R. and H. D. Bernat. (1972): Sediment Yield Prediction Based on Watershed Hydrology. Trans, The ASAE. Pp. 1100-1104.