دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تعیین مدل مناسب رسوبدهی در مراتع نیمه خشک با استفاده از رسوب‌سنجی مخازن کوچک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دره مرید استان کرمان)

پیمان معدنچی[۱]، محمود عرب خدری[۲] و محمود حبیب نژاد روشن[۳]

۱- مربی پژوهشی، گروه حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، (نویسنده مسوول: petmanmadanchi@gmail.com)
۲- دانشیار پژوهشی، گروه حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۳- استاد، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱۳

چکیده

مدل‌های تجربی از مناسب‌ترین ابزار برآورد فرسایش و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز فاقد اندازه‌گیری هستند. اصولا، قبل از استفاده از هر مدل تجربی باید نسبت به ارزیابی آن اقدام کرد. برای ارزیابی دو مدل تجربی MPSIAC و EPM در استان کرمان، ۱۰ بند با کاربری مرتع در حوزه‌های بالادست آن‌ها انتخاب شدند. عمر بندهای منتخب دوازده سال بود و بدلیل عدم سرریز جریان، کل رسوب آن‌ها به تله افتاده بود. مقدار رسوب نهشته شده پشت بندها از طریق نقشه‌برداری، عمق سنجی و اندازه‌گیری جرم مخصوص تعیین شد. رسوبدهی متوسط سالانه هر آبخیز با لحاظ عمر سد محاسبه گردید. مقدار حداقل، حداکثر و متوسط رسوبدهی مشاهده‌ای ۱۰ بند به ترتیب ۰/٦، ١٦/٩ و ٩/٣ تن بر هکتار در سال بدست آمد. در مرحله بعد، با مطالعه آبخیز بالادست و تهیه نقشه عوامل مدل‌ها، رسوبدهی متوسط سالانه هر دو مدل برآورد گردید. مقدار حداقل، حداکثر و متوسط رسوبدهی متناظر برآوردی ۱۰ آبخیز با مدل‌های MPSIAC و EPM به ترتیب ۳/۷، ۵/۷، ٤/٦٦ و ۱/۱، ۱۹/۸، ۱۰/۹۳ تن بر هکتار در سال محاسبه شد. مقایسه میانگین مقادیر برآوردی با مشاهده‌ای با آزمون t-استیودنت، اختلاف معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان نداد. البته مدل MPSIAC با مربع خطای نسبی (۰/۰۹) کمتر از مدل EPM (۰/۱۸) مناسب‌تر تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: MPSIAC، EPM، مخازن کوچک، رسوب، استان کرمان

مقدمه

فرسایش خاک از جمله فرآیندهایی است که منابع آب و خاک کشور ما را به صورت مستقیم و غیرمستقیم شدیدا تهدید می‌کند. هر چند بخشی از این پدیده طبیعی بوده و جلوگیری از آن امکان پذیر نمی‌باشد، لیکن شناخت تمام فرآیندهای فرسایش و عواملی مانند نزولات جوی، سنگ مادر، خاک، عامل توپوگرافی، پوشش گیاهی و غیره که در تولید رسوب ومیزان فرسایش حوزه‌های آبخیز دخیل هستند بسیار مهم می‌باشد. طی دهه‌های اخیر تلفات منابع آب و خاک در حوزه‌های آبخیز در اثر بهره‌برداری غیراصولی از آنها شدت فزاینده‌ای پیدا کرده است که این موضوع باعث کاهش تولید و کاهش عمر مفید مخازن و افزایش میزان تولید رسوب شده است و در جهت اصلاح این روند مدیریت آبخیزداری استان‌های مختلف کشور اقدام به اجرای عملیات حفاظت خاک در حوضه‌های مختلف محل مأموریت خود کرده‌اند که شامل بندهای سنگ و سیمانی، خاکی، چپری و ... می‌باشد.

اولین تحقیقات علمی در زمینه فرسایش خاک توسط ولنی دانشمند برجسته آلمانی انجام شد (۱۲). تا حال حاضر دانشمندان روش‌های تجربی متعددی را برای کمی کردن مقدار فرسایش در مجامع علمی مختلف ارائه داده‌اند که از میان آن‌ها، مدل PSIAC[۱] بیشتر از سایر مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است و پس از اصلاح این مدل توسط جانسون و گمبهارت (۱۵) و ارائه آن بعنوان مدل MPSIAC[۲]، این مدل بعنوان یک مدل استاندارد توسط وزارتخانه‌ها و سازمان‌های وظیفه‌مند در تامین آب، مهار فرسایش و رسوب و حفاظت خاک نظیر وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی و بخش‌های خصوصی، آموزشی و تحقیقاتی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. علاوه بر مدل مذکور، از مدل EPM[۳] نیز استفاده زیادی به وسیله سازمان‌های مختلف صورت گرفته است به طوری که در اغلب مطالعات حوزه‌های آبخیز کشور، غالباً یکی از دو مدل مذکور به منظور برآورد مقادیر فرسایش و تولید رسوب، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۵). به دلیل اینکه کارایی این مدل‌ها بیشتر در حوضه‌های بزرگ واسنجی شده است، بررسی در ارتباط با کارایی این مدل‌ها در حوضه‌های کوچک ضروری به نظر می‌رسد. بروشکه و عرب‌خدری (۳) در پژوهشی علاوه بر اندازه‌گیری مستقیم رسوب نهشته شده در پشت بندها، رسوب‌دهی آبخیزهای انتخابی را با استفاده از مدل‌های MPSIAC و EPM نیز برآورد کردند که مقایسه میانگین‌ها با آزمون نا پارامتری من- ویتنی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان نداد. در مرحله آخر مدل با آماره‌های MAE و MBE مورد آزمون قرار گرفتند و نتایج نشان داد که مدل MPSIAC با MAE =۱/۳۴ و MBE=۰/۱۲ نسبت به مدل EPM برتری دارد. پاره‌کار و همکاران (۱۸) با بکار گیری مدل MPSIAC در آبخیز ایوانکی و استفاده از نتایج ۱۶ پروژه تحقیقاتی دیگر به این نتیجه رسیدند که اثر عوامل کاربری اراضی، فرسایش مناطق بالادست و پوشش زمین بر فرسایش و رسوب بیشتر بوده و دو عامل اقلیم و رواناب اثر کمتری را نشان دادند. آن‌ها استفاده از این مدل را در آبخیزهای با رسوب بیش از ۲/۲ تن در هکتار مناسب ندانستند. قضاوی و همکاران (۸) در

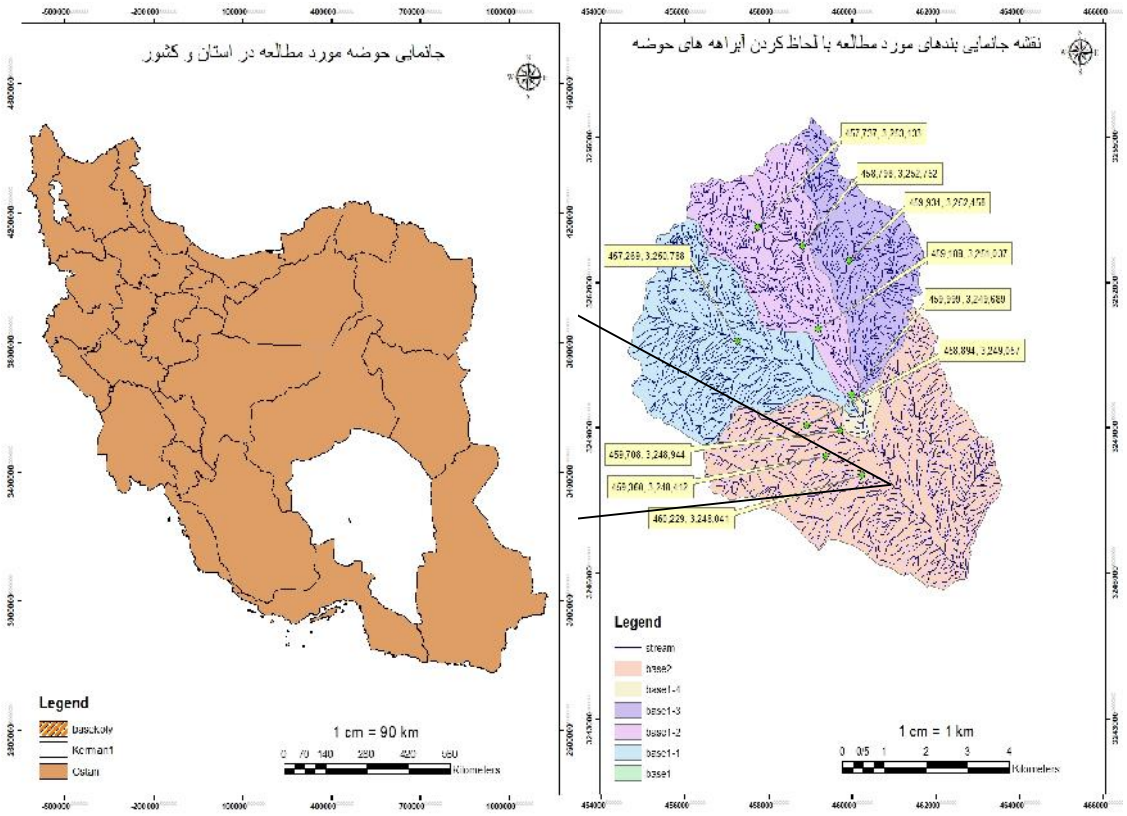
1- Pacific Southwest Inter - Agency Committee 2- Modified PSIAC 3- Erosion Potential Metho

تحقیقی در حوزه آبخیز قله‌قاف در استان گلستان به این نتایج رسیدند که در زیر حوضه شماره یک فرسایش کیفی با مدل EPM در حد متوسط، با مدل MPSIAC در حد بالا و با مدل PSIAC در حد متوسط طبقه‌بندی شد، در زیر حوضه شماره دو نیز کیفیت فرسایش به ترتیب خیلی پایین، بالا و پایین بر اساس مدل‌های EPM، MPSIAC و PSIAC بود. به طور کلی نتایج نشان داد که مدل PSIAC برای ارزیابی کیفی فرسایش بهتر عمل می‌کند. عیسی‌زاده و همکاران (۶) در پژوهشی در حوضه‌های کوچک برای مقایسه مدل‌های تجربی برآورد فرسایش خاک در ۱۰ حوضه بالادست مخازن، میزان فرسایش را با مدل‌های RUSLE و MPSIAC به منظور مقایسه با مقدار واقعی اندازه گیری شده برآورد کردند، نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار برآورد شده رسوب توسط مدل MPSIAC در سطح ۵ درصد وجود ندارد، در مقابل آزمون T نتایج معکوسی را در مدل RUSLE نشان داد. سپس کاربرد و الویت دو مدل با روش‌های آماری مانند MAE و MBE مورد آزمون قرارگرفتند، با در نظر گرفتن صحت و دقت مدل MPSIAC برای برآورد فرسایش خاک و رسوب در اولویت اول قرار گرفت با حداقل MAE = ۰/۷۹ و MBE= ۰/۹۰. مرادی و همکاران (۱۷) در پژوهشی به منظور مقایسه مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز پور احمدی در استان هرمزگان بعد از تعیین فرسایش و رسوب ویژه از هر دو روش نتایج نشان داد که در بعضی از زیر حوضه‌ها نتایج حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC با هم انطباق خوبی دارند ولی نتایج مدل EPM در مناطق با فرسایش بالا نسبت به مدل MPSIAC از اطمینان کمتری برخوردار است. معدنچی و همکاران (۱۶) در مطالعه جهت ارزیابی اثرات عملیات آبخیزداری اجرا شده اعم از مکانیکی و بیولوژیکی بر کاهش فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز دره مرید بافت استان کرمان، از محاسبه مجدد پارامترهای مدل MPSIAC و اندازه‌گیری رسوبات پشت بندهای اصلاحی در حوضه استفاده شد، میزان رسوب حوضه ۳۶۶۵۳/۳۸ تن در سال برآورد شد و با مقدار ۵۱۳۷۸/۴۶ تن در سال که در مطالعات اولیه برآورد شده بود با استفاده از آزمون T جفت نمونه ای در محیط نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، و بر طبق نتایج آزمون‌های آماری مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین رسوب ویژه و فرسایش ویژه در هر یک از پارسل‌های حوضه آبخیز دره مرید وجود دارد. قدرتی و نظامی (۱۰) طی مطالعه‌ای در حوضه شفا رود و دیوسالار و همکاران (۴) در مطالعه‌ای در حوزه آبخیز سولقان قم برای محاسبه میزان فرسایش از مدل MPSIAC استفاده کردند. بررسی سوابق تحقیقاتی موضوع مورد نظر نشان می‌دهد که در اغلب تحقیقاتی که انجام شده است مدل MPSIAC مورد تأیید قرار گرفته است و تعداد محدودی از آنها مدل EPM را مفید معرفی نموده‌اند. ولیکن تعداد ارزیابی‌های انجام شده بر اساس داده‌های رسوب سنجی رودخانه‌ها در مقایسه‌با ارزیابی‌های صورت گرفته بر اساس رسوب سنجی مخازن بندها و سدها بسیار بیشتر بوده و همچنین پژوهش‌های انجام شده در خصوص مدل MPSIAC نیز در مقایسه با مدل EPM دارای فراوانی بیشتری هستند. این تحقیق با هدف تعیین کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد رسوب اراضی مرتعی نیمه خشک در حوزه آبخیز دره مرید کرمان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت وخصوصیات منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دره مرید از زیر حوضه‌های هلیل‌رود در شهرستان بافت بخش مرکزی، دهستان کیسکان روستای دره مرید در استان کرمان واقع شده است. روستای دره مرید در فاصله ۱۲ کیلومتری شمال غرب بافت قرار دارد. مساحت حوزه ۵۴/۶ کیلومتر مربع و محیط آن ۳۰ کیلومتر می‌باشد. مختصات حوزه مذکور برابر با ۵۳ ۳۱ ۵۶° تا ۲۸ ۳۶ ۵۶° طول شرقی و ۲۳ ۲۰ ۲۹° تا ۴۱ ۲۵ ۲۹°عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع بلندترین نقطه حوضه ۳۰۶۵ در ارتفاعات کوه شاه و پائین ترین نقطه آن در خروجی حوضه معادل ۲۵۰۰ متر است. منطقه دارای آب و هوای سرد و خشک بوده و تابستان‌های معتدل دارد و اغلب نزولات آسمانی منطقه به صورت باران ودر ارتفاعات شمالی و شمال شرقی اغلب نزولات به صورت برف است متوسط بارندگی حوضه ۲۶۲ میلی‌متر و حداکثر مطلق درجه حرارت هوا ۳۸ و درجه حرارت حداقل آن ۲۰- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شیب متوسط حوضه مورد مطالعه ۸/۵۶ درصد و جهت عمومی حوزه شمالی- جنوبی است. طول بلندترین آبراهه اصلی ۱۳ کیلومتر با ضریب گراویلیوس ۱/۱۴ و شیب آن ۲/۳ درصد است که این آبراهه از ارتفاع ۲۸۰۰ متری سرچشمه می‌گیرد. که در شکل ۱ محل قرار گرفتن حوضه در استان و کشور مشخص شده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه مورد مطالعه در استان و کشور
Figure 1. Lotion of the watershed in proviance

موقعیت بندهای مورد مطالعه

بندهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل ده بند خاکی و حوزه‌های آبخیز بالادست آنها است که در حوزه دره مرید پراکنش یافته‌اند. بندهای مورد مطالعه در طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۹ توسط مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد سازندگی سابق احداث گردیده‌اند و همگی ازنوع خاکی هستند، هدف اصلی از احداث آن‌ها کنترل سیلاب بوده و از زمان احداث تا کنون هیچگاه سرریز ننموده‌اند. موقعیت و مشخصات بندهای مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

مطالعه وضعیت فیزیوگرافی و توپوگرافی

پس از تعیین محل هر بندها با GPS، نهایتا نقشه محدوده حوزه آبخیزهریک از بندها در محیط ArcGIS10.1 آماده‌سازی شدند و اطلاعات مربوطه استخراج شدکه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- وضعیت توپوگرافی و فیزیوگرافی حوزه آبخیز بندها

Table 1. Physiographic information of dams watershed

شماره بن	مساحت (ha)	محیط (m)	حداکثر ارتفاع (m)	متوسط شیب (٪)	طول آبراهه اصلی (m)
۱	۱۲۶	۴۸۷۸	۲۸۸۱/۶	۳۲/۹۷	۲۴۶۵
۲	۳۳/۴	۳۱۱۳	۲۷۷۷/۷	۲۶/۱۹	۱۷۳۹/۵
۳	۶۲/۲	۳۴۷۸	۲۸۸۰/۹	۲۴/۸۲	۴۳۷۱
۴	۱۶۸۲/۵	۱۸۲۸۲/۵	۲۹۴۰/۸	۳۵/۵	۲۹۵۲
۵	۵/۵	۱۱۷۷	۲۶۶۲/۵	۹/۲۹	۶۶۸
۶	۴۷۲/۳	۱۱۳۷۸	۲۹۸۲	۴۶/۸۲	۲۵۴۰
۷	۱۴۳/۲	۵۷۷۰/۶	۳۰۲۱	۴۵/۹	۴۷۷۷
۸	۸۵/۲۳	۴۴۱۵/۵	۲۹۶۳/۷	۴۲/۹۳	۲۴۲۸
۹	۳۴۱/۵	۹۵۹۸	۳۰۹۹/۵	۵۹	۵۲۴۰
۱۰	۸۰۱/۵	۱۳۸۳۸	۲۹۴۵	۳۲/۹	۴۳۳

جهت برآورد کمی میزان رسوب حوزه آبخیز بندهای مورد مطالعه، نیازهای اطلاعاتی روش‌های تجربی مورد استفاده (EPM و MPSIAC) اعم از فیزیوگرافی، هواشناسی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی، خاکشناسی و فرسایش برای هر یک از حوضه‌ها محاسبه شد.

مدل MPSIAC

این مدل که پس از اصلاح مدل PSIAC در سال ۱۹۸۲

پیشنهاد شد نه (۹) عامل مؤثردر رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز را در نظر می‌گیرد و با نمره‌دهی به این عوامل، میزان رسوب‌دهی یک حوزه آبخیز را برآورد می‌نماید. عوامل مورد نظر در این مدل شامل زمین شناسی سطحی، خاک، اقلیم، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت فرسایش اراضی بالادست و فرسایش رودخانه‌ای می‌باشند که برای برآورد نمره هر یک از این عوامل، رابطه‌ای معرفی شده است. پس از تعیین نمره عوامل، مقادیر به دست آمده با یکدیگر جمع شده و به عنوان R یا درجه رسوب‌دهی شناخته می‌شود. براساس مقدار R و دخالت آن در معادله (۱)، رسوبدهی حوزه آبخیز برآورد می‌گردد.

$$Qs = 0.253e^{0.036R} \qquad (۱)$$

در این رابطه Q_s مقدارتولید رسوب بر حسب تن در هکتار در سال می‌باشد که برای تعیین وزن رسوبات نهشته شده در مخازن بندها، نیاز به وزن مخصوص رسوبات می‌باشد که برای تعیین این عامل توضیح داده خواهد شد.

مدل EPM:

در این مدل، چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش، ضریب کاربری اراضی، ضریب حساسیت خاک به فرسایش، شیب متوسط حوضه، ارزیابی و امتیازدهی می‌شوند و با استفاده از فرمول (۲) میزان تولید رسوب حوزه‌های آبخیز برآورد می‌گردد (۲۰).

$$Gsp = Wsp \times Ru \qquad (۲)$$

دراین رابطه:

Gsp= تولید رسوب برحسب مترمکعب برکیلومتر مربع در سال

Wsp= فرسایش ویژه برحسب مترمکعب درکیلومترمربع درسال که ازمعادله (۳) برآورد می گردد.

$$Wsp = T.H.Z^{\frac{3}{2}}.® \qquad (۳)$$

که درآن:

H= بارندگی متوسط سالیانه برحسب میلی‌متر

®= عدد پی برابر ۳/۱۴۱۵۹

T= ضریب درجه حرارت که از معادله (۴) بدست می‌آید.

$$T = (\frac{t}{10} + 0.1)^{\frac{1}{2}} \qquad (۴)$$

و در آن:

t = میانگین درجه حرارت سالیانه برحسب درجه سانتی‌گراد است.

Z= ضریب فرسایش که از فرمول (۵) بدست می‌آید.

$$Z = Y.Xa(\cdot + I^{\frac{1}{2}}) \qquad (۵)$$

Ru= ضریب رسوبدهی حوزه آبخیز که از فرمول (۶) بدست می آید.

$$Ru = 4 \times (O \times D)^{1/2} / (L + 10) \qquad (۶)$$

در این رابطه:

RU= ضریب رسوبدهی

O= محیط حوزه آبخیز برحسب کیلومتر مربع

L= طول حوزه آبخیز به کیلومتر

D= اختلاف ارتفاع بین ارتفاع متوسط حوزه آبخیز و ارتفاع نقطه خروجی حوزه آبخیز به کیلومتر.

تعیین میزان رسوب‌گذاری مخازن بندها در طی دوره دوازده ساله:

برای تعیین میزان رسوبات به تله افتاده در پشت بندهای خاکی، نقشه برداری از رسوبات پشت سازه‌ها انجام شد و حجم رسوبات پشت آن‌ها با خطوط تراز یک متری مشخص گردید. سپس، سطح رسوبات داخل مخازن بندها برای تعیین محل حفر گمانه‌ها با فاصله ۳ متری شبکه‌بندی و پس از حفر گمانه‌ها عمق متوسط رسوبات تعیین و حجم متوسط آنها محاسبه شد. به منظور تبدیل حجم رسوبات مخازن بندها به وزن و بعبارتی ساده تر برای تعیین وزن رسوبات نهشته شده در مخازن بندها، نیاز به وزن مخصوص رسوبات می‌باشد. برای تعیین این عامل در رسوبات مخزن هر بند، چند پروفیل حفر شد و از افق‌های مختلف آن نمونه‌گیری شد، سپس وزن مخصوص این نمونه‌ها تعیین گردید. به این صورت که از هر افق در پروفیل رسوبات نمونه برداری شد و در آزمایشگاه در دمای ۱۰۵ درجه برای ۲۴ ساعت در آون نگهداری و سپس توزین شدند و از طریق تقسیم وزن نمونه خشک به حجم وزن مخصوص ظاهری رسوبات هر افق به دست آمد و برای متوسط‌گیری وزن مخصوص ظاهری رسوبات در هر یک از مخازن بندها، بر اساس حاصلضرب وزن مخصوص هر یک از افق‌های رسوب در عمق افق مربوطه و تقسیم آن بر کل اعماق پروفیل‌های حفر شده در مخزن هر بند بدست آمد. پس از اندازه‌گیری حجم رسوبات مخازن هر یک از بندها و تعیین میانگین وزن مخصوص ظاهری رسوبات آن‌ها، وزن رسوبات ترسیب شده از حاصل‌ضرب وزن مخصوص ظاهری در حجم رسوبات بدست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

بعد از تعیین مقادیر برآورد شده رسوب‌دهی حوضه‌های بندهای مورد بررسی از طریق مدل‌های MPSIAC و EPM و اندازه‌گیری میزان رسوبگذاری در مخازن بندها، برای آزمون مقایسه میانگین دو گروه در محیط نرم‌افزار SPSS17 توسط آزمون t مستقل مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و به این ترتیب دقت برآوردهای ناشی از مدل‌ها در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده تعیین می‌شود و به منظور انتخاب مدل مناسب‌تر، از میانگین نسبی مربعات خطا استفاده شد.

نتایج و بحث

برآورد رسوب‌دهی حوضه بندها با استفاده از مدل MPSIAC:

جهت تعیین درجه رسوب‌دهی، امتیازات عوامل نه گانه روش MPSIAC را با هم جمع و سپس با استفاده از معادله شماره (۱) ابتدا میزان تولید رسوب به صورت حجمی و سپس به صورت وزنی با استفاده از وزن مخصوص ظاهری محاسبه شده برحسب کیلوگرم در متر مکعب، برآورد شد و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مجموع امتیازات و برآورد رسوبدهی حوضه هر بند به روش MPSIAC

Table 2. Total sum of points and estimated sediment yield of eachdam in MPSIAC metod

شماره بند	زمین شناسی سطحی	خاک	آب و هوا	هرز آب	پستی و بلندی	پوشش زمین	استفاده فعلی از زمین	وضعیت فرسایش	فرسایش رودخانه‌ای	مجموع امتیازات R	مقدار رسوب Q_S $m^3/ha/y$	مقدار رسوب Q_S Ton/ha/y
۱	۵	۴/۵	۰/۹۴	۰/۳۶	۶/۶۲	۸/۳۳	۱۶	۱۷/۷۵	۱۳/۳۶	۷۲/۸۶	۳/۴۷	۴/۷۲
۲	۵	۴/۵	۰/۹۴	۰/۳۸	۴/۲۸	۸	۱۶	۱۷/۲۵	۱۱/۶۹	۶۸/۰۴	۲/۹۳	۳/۹۸
۳	۵	۴/۵	۰/۸۸	۰/۳۷	۵/۸	۸/۳۳	۱۶	۱۳/۲	۱۱/۶۹	۶۵/۷۷	۲/۷۰	۳/۶۷
۴	۵	۴/۵	۰/۸۸	۰/۲۹۱	۴/۲۳	۸/۷۵	۱۶/۲۵	۱۷/۵	۱۳/۳۶	۷۰/۷۶	۳/۲۴	۴/۴۰
۵	۵	۴/۵	۰/۹۲	۰/۴۲	۲/۴۴	۱۰	۱۷	۱۷	۱۱/۶۹	۶۸/۹۷	۳/۰۲	۴/۱۱
۶	۶/۳۳	۵/۶۷	۰/۸۸	۰/۳۱	۴/۱۱	۸/۷۵	۱۶	۱۷/۷۵	۱۳/۳۶	۷۳/۱۶	۳/۵۱	۴/۷۷
۷	۶/۲	۵/۸۳	۰/۹۲	۰/۳۵۲	۶/۳۳	۹	۱۶	۱۷/۷۵	۱۳/۳۶	۷۵/۷۴	۳/۸۷	۵/۲۶
۸	۵	۴/۵	۰/۹۲	۰/۳۵۱	۱۰/۰۱	۹/۳۳	۱۶/۶۶	۱۷	۱۱/۶۹	۷۵/۴۶	۳/۸۴	۵/۲۲
۹	۴/۴۹	۴/۵	۰/۹۲	۰/۳۳	۹/۴۴	۹/۳۳	۱۶/۶۶	۱۷/۲۵	۱۵/۰۳	۷۷/۹۹	۴/۱۶	۵/۶۵
۱۰	۵	۴/۵	۰/۴۴	۰/۲۹	۴/۶۴	۸/۷۵	۱۶/۲۵	۱۸/۲۵	۱۵/۰۳	۷۳/۶۵	۳/۵۸	۴/۸۶

برآورد رسوب‌دهی حوضه بندها با استفاده از مدل EPM:

ضریب رسوبدهی نشان‌دهنده نسبت رسوبات منتقل شده به فرسایش حوزه آبخیز در محل خروجی حوزه آبخیز می‌باشد و بر اساس معادله (۶) برآورد می‌گردد. با استفاده از ضریب مذکور و دخالت آن در مقدار فرسایش ویژه حوزه‌های آبخیز طبق معادله (۲) مقادیر رسوب‌دهی ویژه آن‌ها بدست آمد که در مدل EPM بر حسب واحد حجم می‌باشد. به منظور تبدیل مقادیر رسوب‌دهی ویژه حوزه‌های آبخیز به واحد وزن، از مقدار وزن مخصوص ظاهری ۱۳۶۰ کیلوگرم برمترمکعب استفاده شد. به این ترتیب مقدار رسوب‌دهی ویژه حوزه‌های آبخیز برحسب واحد وزنی نیز برآورد گردید. نتایج در جدول۳ منعکس شده است.

جدول ۳- نتایج برآورد ضریب رسوب‌دهی در حوزه‌های آبخیز بندها

Table 3. Estimation of sediment yied coefficient in dam watershed

شماره بند	ضریب فرسایش	کاربری اراضی	حساسیت خاک به فرسایش	شیب متوسط حوضه	ضریب رسوبدهی	فرسایش ویژه ($m^3/km^2/y$)	رسوبدهی ویژه ($m^3/km^2/y$)	رسوبدهی ویژه ($ton/km^2/y$)	رسوبدهی ویژه (ton/ha/y)
۱	۰/۶۷	۰/۶	۰/۹	۲۰/۰۹	۰/۱۷۲	۳۹۶۸/۷۸	۶۸۲/۶۳	۹۲۸/۳۷	۹/۲۸
۲	۰/۶	۰/۶	۰/۹	۱۲/۹۸	۰/۱۰۰	۲۸۹۴/۱۷	۲۸۹/۴	۳۹۳/۵۹	۳/۹۳
۳	۰/۶۷	۰/۶	۰/۹	۱۷/۵۹	۰/۱۲۴	۳۶۰۳/۷۳	۴۴۶/۸۶	۶۰۷/۷۳	۶/۰۷
۴	۰/۶۷	۰/۶	۰/۹	۱۲/۸۳	۰/۴۷۲	۲۹۶۲/۰۹	۱۳۹۸/۱۰	۱۹۰۱/۴۱	۱۹/۰۱
۵	۰/۶	۰/۶	۰/۹	۷/۴۲	۰/۰۳۹	۲۰۴۹/۰۳	۷۹/۹۱	۱۰۸/۶۷	۱/۰۸
۶	۰/۶۶	۰/۶	۱	۵/۵	۰/۲۹۲	۱۷۷۷/۷۲	۵۱۹/۰۶	۷۰۵/۹۶	۷/۰۵
۷	۰/۶	۰/۶	۰/۹۹	۱۹/۱۹	۰/۲۰۹	۴۲۳۵/۸۰	۸۸۵/۲۸	۱۲۰۳/۳۸	۱۲/۰۳
۸	۰/۶	۰/۶	۰/۹	۳۰/۳۴	۰/۲۳۴	۵۱۴۴/۹۳	۱۲۰۳/۹۱	۱۶۳۷/۳۱	۱۶/۳۷
۹	۰/۶۷	۰/۶	۰/۶۸	۲۸/۷۴	۰/۳۳۱	۳۲۶۶/۲۴	۱۰۸۱/۱۱	۱۴۷۰/۳۰	۱۴/۷۰
۱۰	۰/۶۶	۰/۶	۰/۹	۱۴/۰۸	۰/۴۶۱	۳۱۵۶/۴۳	۱۴۵۵/۱۱	۱۹۷۸/۹۴	۱۹/۷۸

تعیین رسوبدهی حوزه‌های آبخیز ازطریق اندازه‌گیری رسوبات مخازن بندها:

در حوضه دره مرید اغلب سازه‌ها با طول حدوداً ۲۵ متر بودند. سطح آبگیری که همان حجم کلی مخزن سد و سطح مخزن که همان سطح رسوب به تله افتاده است، مشخص و با حاصل ضرب سطح رسوب به تله افتاده در عمق متوسط آن حجم متوسط رسوبات به تله افتاده پشت هر بند محاسبه شد که در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- تعیین حجم و وزن رسوبات تله افتاده در مخازن بندهای مورد مطالعه

Table 4. Determination of the volume and weigh of sediment trapped in the reservoirs of dam examined

شماره بند	تعداد سال‌های رسوبگیری	مساحت حوضه (ha)	حجم رسوبات مخزن (m^3)	وزن رسوبات مخزن (ton)	رسوبدهی ویژه($m^3/ha/y$)	رسوبدهی ویژه(ton/ha/y)
۱	۱۲	۱۲۶/۰	۶۳۴۸/۱۱	۸۶۴۴/۳۳	۴/۲۰	۵/۷۱
۲	۱۲	۳۳/۴	۴۸۹۹/۳۹	۶۷۶۱/۱۷	۱۲/۱۵	۱۶/۸۶
۳	۱۲	۶۲/۲	۴۷۰۹/۰۵	۶۴۵۱/۱۴	۶/۳۰	۸/۶۴
۴	۱۲	۱۶۸۲/۵	۸۸۲۳/۰۷	۱۲۱۷۵/۸۴	۰/۴۴	۰/۶۰
۵	۱۲	۵/۵	۷۱۳/۷۳	۹۲۷/۸۵	۱۰/۸۱	۱۴/۰۵
۶	۱۲	۴۷۲/۰۳	۶۸۱۳/۶۶	۹۴۷۰/۹۹	۱/۲۰	۱/۶۷
۷	۱۲	۱۴۳/۲	۵۷۲۰/۷۱	۸۰۰۹/۰۰	۳/۳۲	۴/۶۰
۸	۱۲	۸۵/۲۳	۶۱۰۴/۶۳	۸۳۶۳/۳۵	۵/۹۶	۸/۱۷
۹	۱۲	۳۴۱/۵	۴۹۶۷/۵۲	۶۸۵۵/۱۹	۱/۲۰	۱/۶۷
۱۰	۱۲	۸۰۱/۵	۶۳۷۱/۵۷	۸۷۹۲/۷۸	۰/۶۶	۰/۹۱

بررسی و مقایسه آماری مقادیر رسوبدهی اندازه‌گیری شده در حوزه‌های آبخیز مورد تحقیق از طریق رسوب‌سنجی مخازن بندها و مقادیر برآورد شده از طریق مدل‌های MPSIAC و EPM به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شد. به طور میانگین میزان رسوب برآورد شده از حوضه بندها ۶/۲۸ تن می‌باشد و میانه آن ۵/۱۵ تن در هکتار در سال است و حداقل رسوب ۰/۶ و حداکثر آن ۱۶/۸۶ تن در هکتار در سال اندازه گیری شد که نشان‌دهنده تغییرات فاحشی در میزان رسوبدهی حوضه‌ها می‌باشد.

جهت مقایسه میانگین‌ها از روش میانگین نسبی مربعات خطا و T مستقل استفاده شد، ابتدا از آزمون کلموگوروف اسمیرنوف در محیط نرم افزار SPSS جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها استفاده شد و مشخص گردید که تمامی داده‌ها که عبارتند از مقادیر رسوبدهی محاسبه شده از روش‌های MPSIAC بر حسب M^3، MPSIAC بر حسب TON، EPM بر حسب M^3، EPM بر حسب TON و مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده با عنوان MEASUR بر حسب M^3 و MEASUR بر حسب TON نرمال بودند (در غیر این صورت می‌بایست از آزمون ناپارامتری استفاده شود) سپس از آزمون پارامتری T مستقل در محیط نرم افزار SPSS جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. این روش دو آزمون را بر روی داده‌ها انجام می‌دهد ابتدا آزمون لون[1] انجام میدهد و اگر سطح معنی‌داری این آزمون از ۰/۰۵ بیشتر باشد در نتیجه واریانس‌های دو گروه با هم برابر هستند و برای تعیین سطح معنی داری آزمون T باید از Equal variances assumed استفاده می‌کنیم و در غیر این صورت از سطح معنی‌داری not assumed استفاده می‌شود، نهایتا نتایج آنالیز آماری مقایسه مقادیر رسوب مشاهده‌ای از مخازن بندها با مقادیر برآورد شده از طریق دو مدل MPSIAC و EPM نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین دو روش با مقدار واقعی برآورد شده وجود ندارد. میانگین نسبی مربعات خطای برآوردهای هر یک از مدل‌ها نیز تعیین شد که این مقدار برای مدل‌های MPSIAC و EPM به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۱۸ به دست آمد. t جدول در سطح معنی‌داری ۵ درصد ۲/۱۰ می‌باشد و در همه حالت‌ها t محاسبه شده از t جدول کوچکتر است در نتیجه اختلاف معنی‌داری در هیچ یک از گروه‌ها وجود ندارد.

مقایسه میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب حوضه‌های بندها از روش‌های MPSIAC و EPM به روش T مستقل نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد میانگین‌های برآورد شده حجمی و وزنی بر اساس دو روش ذکر شده با مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده حجمی و وزنی اختلاف معنی‌داری ندارند و در نتیجه می‌توان نتایج برآورد این دو مدل را پذیرفت اما تعیین میانگین نسبی مربعات خطای هریک از مدل‌های MPSIAC و EPM در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده از میزان رسوب مخازن بندها نشان دادکه خطای روش MPSIAC کمتر از روش EPM می‌باشد و این مقدار به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۱۸ محاسبه شد. به این صورت می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به دو سری تحلیل آماری انجام شده نتایج مدل MPSIAC نسبت به نتایج مدل EPM از دقت بالاتری برخوردار است ولی روش EPM را نیز نمی‌توان رد کرد زیرا در مقایسه میانگین‌ها ثابت شد که در سطح ۹۵ درصد مقادیر تخمین زده شده از این روش اختلاف معنی‌داری با میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب مخازن بندها ندارد. بررسی سوابق تحقیق جهت مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق هارگوون (۱۳) در پژوهشی در اتیوپی از طریق رسوب‌سنجی مخازن ۸ سد با مدل‌های مختلف انجام داد و مدل PSIAC را پیشنهاد کرد نیز همخوانی دارد. هاشمی و عرب‌خدری (۱۴) در تحقیقی که با استفاده از رسوب‌سنجی مخازن کوچک با استفاده از مدل EPM انجام دادند به این نتیجه رسیدند که، علی‌رغم این که مقدار رسوب برآورد شده با مقدار رسوب مشاهده‌ای اختلاف معنی‌داری ندارند ولی روش EPM از کارایی نسبتا پایینی در برآورد رسوب برخوردار است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

احمدی و محمدی (۲) در پژوهشی تاثیر عوامل ژئومرفولوژی را بر روی تخمین رسوب در حوزه آبخیز ده‌نمک با استفاده از مدل‌های PSIAC و EPM انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که دو مدل دارای نتایج تا حدودی نزدیک به هم می‌باشند ولی با توجه به جامع و کامل بودن مدل PSIAC این مدل برای تخمین میزان رسوبدهی توصیه می‌شود که با نتایج این تحقیق وجه مشترک دارند و همینطور در پژوهشی که بروشکه و عرب‌خدری (۳) برروی مدل‌های MPSIAC و EPM از طریق رسوب‌سنجی مخازن سدهای کوچک در آذربایجان غربی انجام دادند، نتایج نشان داد که مقایسه میانگین‌ها با آزمون ناپارامتری من–ویتنی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان نداد ولی داده‌ها را با آماره‌های MAE و MBE مورد آزمون قرار دادند و مشخص شد که مدل MPSIAC نسبت به مدل EPM برتری دارد که با نتایج حاصل از این تحقیق که از روش پارامتری T مستقل استفاده شد و دقیقا روش پارامتری روش من– ویتنی است هم‌خوانی دارد. در کل می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که روش MPSIAC به دلیل این‌که عوامل بیشتری را در حوضه درگیر محاسبه مقدار رسوب می‌کند نسبت به روش EPM ارجحیت دارد اما نمی‌توان کارایی مدل EPM را در تخمین مقدار رسوب حوضه نادیده گرفت.

منابع

1. Amini, S. 2010. Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan dam drainage basin with EPM, using GIS Iranian journal of earth sciences, 2: 173-180.
2. Ahmadi, H. and A. Mohammadi. 2010. Evaluation of Sediment of EPM and PSIAC Models Using Geomorphology Method (case study: Dehnamak Watershed). Iranian Journal of Range and Desert Research, 17(3): 340-352.
3. Borooshke, E. and M. Arabkhedri. 2015. Evaluation of MPSIAC and EPM Empirical Models in Western Azarbaijan Province Bassed on Sediment Surveying behind Small Dames. Iranian Journal of Watershed Engineering and Management, 7(3): 265-273.
4. Divsalar, A. et al. 2012. Assessment of sediment and the Environment factors affecting the Erosion Using MPSIAC in GIS (case study: Soleghan watershed, Qom province). Journal of Watershed Management Research, 4(7): 101-113.
5. FAO. 1976. Conservation in arid and semi-arid zones. Conservation guide 3, FAO, Rome.
6. Isazadeh, L., R. Sokouti, M. Homaee and E. Pazira. 2012. Comparison of emperical models to estimate soil erosion and sediment yield in micro catchments. Eurasian Journal of Soil Science, 1: 28-33.
7. Gavrilovic, Z. 1988. The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. Proceeding of international conference on River Regime. May 1988. Published by John Wiley and Sons. Paper, 12: 411-422.
8. Ghazavi, R., Y. Maghami, S. Sharafi, A. Vali and J. Abdi. 2012. Comparsion of EPM, MPSIAC and PSIAC models for estimating sediment and erosion by using GIS (case study: Ghaleh-Ghaph catchment, Golestan province).Iranian Journal of Geography and Development, 27: 30-32.
9. Ghobadi, Y. 2011. Determine of correlation coefficient between EPM and MPSIAC models and generation of erosion maps by GIS techniques in Baghmalek watershed, Khozestan, Iran. 5TH symposium on advances in science and technology. Havaran higher-education institute, Mashhad, Iran, may 12-14.
10. Ghodrati, A.R. and M.T. Nezami. 2011. Estimating the Sedimentation Coefficient in Shafaroud Watershed of Guilan. Journal of Watershed Management Research, 2(4): 83-94.
11. Hadley, R.F. and D.E. Walling. 1984. Erosion and sediment yield: some methods of measurement and modeling, Cambridge University press, Cambridge, England, 560 pp.
12. Hakimkhani, Sh. 2002. A Review of Studies and Thesis Done on the PSIAC in Iran and Criticism on them and Providing Instructions to Use it. PHD Seminar. Department of Natural Resources. Tehran University.
13. Haregeweyn, N., J. Poesen, J. Nyssen, G. Verstraeten, J.D. Vente, G. Govers, S. Deckers and J. Moeyersons. 2005. Specific sediment yield in Tigray-Northern Ethiopia: Assessment and semi-quantitative modelling. Journal of Geomorphology, 69: 315-331.
14. Hashemi, A.A. and M. Arabkhedir. 2007. Evaluation of EPM model by sediment measurement in reservoirs of small dams. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 42: 345-355.
15. Johnson, C.W. and K.A. Gebhardt. 1982. Predicting sediment yield from sagebrush rangelands. Proceeding of workshop on estimating erosion and sediment yield on rangelands, Tucson, Arizona , March 1981 US Department of Agriculture, Agricultural Reviews and Manuals, Western Series, 26: 145-156.
16. Madanchi, P., R. Bayat and K. Shahedi. 2018. Effect of Watershed management practices hn reducing the erosion and sedimentation in semi- arid range land (case study: Daremorid Basin in Kerman Province), Iranian Journal of Range and Desert Research, 24(4): 757-767.
17. Moradi, M., D. Ghonchepour, A, Nohegar and V. Mahmoodi Nejad. 2011. Acomparison of the MPSIAC and EPM models for Estimating Erosion and Sediment in the Poorahmadi Catchment. Iranian Journal of Environmental Erosion Researches, 1(4): 54-68.
18. Parehkar, A., N. Behnam and M. Shokrabadi. 2013. An investigation survey on MPSIAC model to predict sediment yield in Iran. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 5(6): 342-349pp.
19. PSIAC. 1968. Factors affecting sediment yield and selection and evaluation of measures for the reduction of erosion and sediment yield. Pacific Southwest Inter-Agency Committee (PSIAC) report of the water management subcommittee, 27 pp.
20. Refahi, H.Gh. 2005.Water Erosion and Controlling, 5ed Edition, University of Tehran press, Tehran, Iran, 550 pp.
21. Reynard, K.G. and J.J. Stone. 1982. Sediment yield from small semiarid range land watersheds. USDA-SEA-ARM, Western Series-No, 26: 129-144.
22. Shade, P. 1986. Sediment yield of three drainage basins in Guam. In proceeding of the fourth federal interagency sedimentation conference. March 24-27, 1986, Las Vegas, Nevada. Volume I, 1986. 252-260.
23. Tahernezami, M. and M. Izadi. 2013. Estimating the amount of erosion using the EPM and MPSIAC models in the basin of karaj dams shahrestanak International journal of Agriculture and crop sciences, 6(12): 773-777.
24. Walling, D.E. and B.W. Webb. 1988. The reliability of rating curve estimate of suspended sediment yield: Some further comment. In: Sediment Budgets (Proc. of Porto Symp.Dec.1988) IAHS Pub l., 174, 337-350.
25. Walling, D.E. 1994. Measuring sediment yield from river basins, in: R.Lal (Edd), Soil erosion research Methods. Soil and Water Conservation Society Pobl. 2nd edition, pp: 39-83.
26. Walling, D.E., A.L. Collins, H.M. Sichigabula and G.J.L. Leeks. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets. A Zambian example land Degradation and Development, 12: 387-415.
27. Van Rompaey, A.J.J., G. Verstaeten, K. Van Oost, G. Govers and J. Poesen. 2001. Modeling mean annual sediment yield using a distributed approach. Earth Surface Processes and landforms, 26: 1221-1236.

Evaluation of MPSIAC and EPM Models for Estimating Sediment Yield by Sediment Survey of small Reservoirs in Semi- Arid Ranglands (Case Study: Daremorid Basin, Kerman Province)

Peyman Madanchi[1], Mahmood Arabkhedri[2] and Mahmood Habibnejad Roshan[3]

1- Member of Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran (Corresponding author: peymanmadanchi@gmail.com)
2- Associate Professor, Water and Soil Conservation Department, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
3- Professor, Watershed Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
Received: December 17, 2017 Accepted: August 4, 2018

Abstract

Empirical models are one of the appropriate tools to estimate the rate of erosion and sediment yield in ungauged basins. Generally, empirical models might be evaluated before any application in other regions. For assessment of MPSIAC and EPM models in Kerman province, 10 small dams were chosen with rangeland use in their upstream. The age of all selected dams were 12 years without any overflow, and all the sediments had been trapped. The deposited materials were determined using reservoir survey and measurement of sediment depth and density. Observed average annual sediment yield (AASY) for each basin was then obtained by considering the age of dams. Results showed that the minimum, maximum and mean AASY for study catchments were 0.6, 16.9 and 6.3 ton/ha/yr respectively. In the next step, AASYs of those watersheds were estimated by surveying and mapping models' factors. The minimum, maximum and mean AASY for the MPSIAC and EPM models were 3.7, 5.7, … and 1.1, 19.8, … ton/ha/year correspondingly. Comparison between observed and estimated sediment means were performed by t-student test. The results demonstrated that there were no significant differences between estimated and observed sediment yield at 95% confidence level. However, the MPSIAC is more accurate due to the smaller relative mean square error (0.09) compared to the EPM (0.18).

Keywords: EPM, Kerman province, MPSIAC, Sediment, Small reservoir