رسوب‌سنجی مخازن سدهای کوچک به‌منظور ارزیابی مدل MPSIAC در استان سمنان

سیدعلی‌اصغر هاشمی[1]، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان
محمود عرب‌خدری، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۴/۱۷ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۸/۱۰/۰۴

چکیده

ارزیابی مدل‌های تجربی برآورد رسوب‌دهی در حوزه‌های آبخیز ضروری است. یکی از مدل‌های مورد استفاده در ایران، مدل MPSIAC می‌باشد و از جمله شیوه‌های مناسب ارزیابی این مدل، روش رسوب‌سنجی مخازن سدهای کوچک است. در این تحقیق، تعداد ۹ حوزه آبخیز کوچک در استان سمنان انتخاب شد و در خروجی این حوزه‌ها سدهای خاکی کوتاه با قدمت ده سال احداث گردید. این سدها تا زمان اندازه‌گیری سرریز نکرده بودند و به همین دلیل تمامی رسوبات تولیدی حوزه آبخیز بالادست آنها در مخازن سدها به تله افتادند. رسوبات ترسیب شده در مخازن این سدها از طریق عملیات نقشه برداری و اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری رسوبات محاسبه، و با برآوردهای حاصل از کاربردهای مدل MPSIAC با استفاده از آزمون t جفتی مقایسه شد. نتایج نشان داد که اختلاف بین میانگین‌ها برای مقادیر حجمی رسوب‌دهی برآورد شده با استفاده از مدل MPSIAC، با مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود؛ در حالی که اختلاف بین میانگین مقادیر وزنی رسوبات در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین تعیین کارآیی و میانگین نسبی مجذور مربعات خطای مدل نشان داد که مدل MPSIAC برای مناطق مورد بررسی کارآیی مناسبی ندارد.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌گیری رسوب، رسوب‌دهی، رسوب‌گذاری، مدل تجربی، سد خاکی

مقدمه

کم‌بود آمار رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز و نیاز کارشناسان به آگاهی از وضعیت فرسایش و رسوب‌دهی حوزه‌ها در نقاط مختلف کشور، استفاده از مدل‌های تجربی را اجتناب ناپذیر ساخته است. بسیاری از این مدل‌ها در سایر مناطق و با خصوصیات منطقه‌ای خاص خود ارائه شده‌اند (Haregeweyn و همکاران، ۲۰۰۵) که کاربرد آن‌ها در سایر مناطق را با خصوصیات متفاوت محدود می‌سازد؛ لذا ارزیابی مدل‌های مذکور ضروری است.

برای ارزیابی مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب‌دهی حوزه‌ها، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، رسوب‌سنجی مخازن سدها و بندهای کوچک است (حکیم‌خانی، ۱۳۸۱; محمودزاده، ۱۳۷۶). از میان شیوه‌های عمده‌ای که برای اندازه‌گیری و برآورد شدت فرسایش یا رسوب تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش اندازه‌گیری رسوبات مخازن آبی، توسط محققین مختلفی چون Hadley و Walling (۱۹۸۴) توصیه شده و اندازه‌گیری رسوبات مخازن، روشی عالی برای محاسبه تولید رسوب حوزه‌های آبخیز عنوان شده است (حکیم‌خانی به نقل از Walling، ۱۳۸۱). لذا ارزیابی مدل‌های مختلف تجربی برآورد فرسایش و تولید رسوب، می‌تواند بر مبنای این اندازه‌گیری‌ها، دقیق انجام شود. البته خطای کم‌تر این روش، نسبت به اندازه‌گیری‌های رودخانه‌ای، منوط به اندازه‌گیری صحیح ضریب تله‌اندازی مخازن، حجم و وزن مخصوص رسوبات انباشته شده و لحاظ آنها در محاسبات است (Walling، ۱۹۹۴).

[1] hashemiaa12@gmail.com

ارزیابی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب‌دهی حوزه‌ها، اغلب با استفاده از آمار رسوب‌دهی رودخانه‌ها انجام و از اندازه‌گیری مستقیم رسوبات در مخازن سدها و بندها، کم‌تر استفاده می‌شود. در صورتی‌که از یک طرف، آمار رسوب ایستگاه‌های رسوب‌سنجی غالباً مربوط به رسوب معلق بوده و کیفیت این آمار، به‌ویژه در دبی‌های سیلابی، نامناسب است (Walling و Webb، ۱۹۸۸)، و از طرف دیگر، تعداد ایستگاه‌های رسوب‌سنجی موجود در سطح کشور نیز محدود است؛ لذا در دقت و صحت نمونه‌برداری‌ها، معرف بودن نمونه‌ها برای مواقع سیلابی و روش‌های برآورد بار معلق از این نمونه‌ها نیز، در اغلب موارد شک و تردید وجود دارد (حکیم‌خانی، ۱۳۸۱). به طوری که در یک تحقیق در سد مهاباد، مقدار رسوب‌دهی برآورد شده با استفاده از آمار رسوب، تنها ۳۰ درصد از مقدار واقعی اندازه‌گیری شده را در مخزن سد نشان می‌دهد (بروشکه، ۱۳۸۲). در سد لتیان نیز با بررسی آمار رسوب در ۵ ایستگاه موجود در منطقه و رسوبات مخزن سد، که به روش عمق‌سنجی برآورد شد، اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین رسوبات مخزن سد با کل رسوبات خروجی از ایستگاه‌ها وجود دارد که صحت آمار ایستگاه‌ها را مورد تردید قرار می‌دهد (دادخواه و نجفی‌نژاد، ۱۳۷۶).

از میان مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و تولید رسوب، مدل PSIAC (۱۹۶۸) و مدل اصلاح شده آن MPSIAC (Johnson و Gebhardt، ۱۹۸۲) بیش‌تر از سایر مدل‌ها در ایران استفاده می‌شود؛ این دو مدل، معمولاً در مطالعات انجام شده 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، بسیار زیاد استفاده می‌شود (حکیم‌خانی، ۱۳۸۱) که لزوم ارزیابی آن‌ها را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. مدل‌های PSIAC و MPSIAC طی تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان ارزیابی شده‌اند. در تحقیقی که درحوزه آبخیز لوارک در بالادست سد لتیان در استان تهران به انجام رسید، مشخص شد که متوسط رسوب‌دهی برآوردی از حوزه مورد مطالعه به‌روش MPSIAC، معادل ۸۵ درصد متوسط رسوب‌دهی حوزه بر اساس اندازه‌گیری مقادیر رسوب‌گذاری درمخزن سد است (طهماسبی پور، ۱۳۷۳).

در منطقه تیگری[1] کشور اتیوپی، مدل PSIAC از طریق رسوب‌سنجی مخازن هشت سد ارزیابی شد؛ نتایج این تحقیق نشان داد که مدل PSIAC دارای تطابق خوب با مقادیر مشاهداتی است (Haregeweyn و همکاران، ۲۰۰۵). در تحقیق دیگری که در سه حوزه آبخیز رینولدزکریک[2] انجام شد، نتایج برآورد رسوب‌دهی حوزه‌ها براساس اندازه‌گیری مستقیم رسوبات و برآورد به‌روش MPSIAC در شرایط مختلف چرای مراتع مقایسه، و نتایج برآورد مدل MPSIAC تأیید شد. (Johnson و Gebhardt، ۱۹۸۲). همچنین رسوب‌دهی برآورد شده حوزه آبخیز چند سد با استفاده از مدل‌های MPSIAC، EPM و چند مدل تجربی دیگر با مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب‌گذاری مخازن سدهای مورد مطالعه مقایسه گردید و نتایج، نشان‌دهنده بیش‌ترین همبستگی بین برآوردهای مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد (Reynard و Stone، ۱۹۸۲).

درحوزه آبخیز شمال کارون، نتایج مطالعه فرسایش و رسوب نشان داد که برآورد مقدار رسوب‌دهی با روش MPSIAC، همبستگی خوبی با مقدار برآورد شده از ایستگاه رسوب‌سنجی داشته است (جلالیان، ۱۳۶۸).

پس از بررسی رسوب‌دهی در حوزه آبخیز قزل‌اوزن، مدل PSIAC مناسب‌ترین روش برای تخمین فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز سد سفیدرود معرفی شد (صادقی، ۱۳۷۰) و مدل MPSIAC، بیش‌ترین مطابقت را با مشاهدات صحرایی از خود نشان داد (باقرزاده‌کریمی، ۱۳۷۳). ارزیابی روش MPSIAC در برآورد رسوب سه حوزه آبخیز در بالادست سد لتیان، در مقایسه با آمار رسوب ایستگاه رسوب‌سنجی منطقه، مؤید دقت و کارآیی مدل MPSIAC بود (پاک‌پرور، ۱۳۷۴). نتایج یک بررسی در حوزه آبخیز رودخانه گل‌رودبار سمنان نشان داده که مدل MPSIAC، رسوب‌دهی این حوزه را با۳۰ درصد اختلاف، نسبت به مقدار برآورد شده از طریق آمار رسوب ایستگاه رسوب‌سنجی، برآورد می‌کند (قدرتی، ۱۳۷۵). مقایسه و ارزیابی مدل‌های MPSIAC و EPM در حوزه آبخیز طالقان از طریق برآورد رسوب‌دهی از روی آمار رسوب مشخص ساخت که مدل MPSIAC مناسب‌تر از مدل EPM است

[1] Tigray
[2] Reynolds Creek

(بیات، ۱۳۷۸)؛ در صورتی‌که مقایسه‌ای مشابه در حوزه آبخیز رامهٔ گرمسار در استان سمنان نشان‌دهنده برآورد نسبتاً دقیق‌تر مدل EPM نسبت به مدل MPSIAC است (هاشمی، ۱۳۸۰). ارزیابی کارآیی مدل MPSIAC در پنج حوزه آبخیز استان آذربایجان غربی نشان داد که به‌جز یک حوزه، اختلاف میانگین‌های مقادیر برآوردی مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده آمار رسوب خروجی حوزه‌ها معنی‌دار نیست؛ لذا میانگین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی،۸۰ درصد انطباق داشته و با اطمینان بالایی می‌توان به مدل MPSIAC اعتماد کرد (سکوتی‌اسکویی و همکاران، ۱۳۸۰).

مقایسه ارقام برآورد شده رسوب‌دهی حوزه آبخیز نوژیان استان لرستان به روش‌های MPSIAC، EPM و PSIACبا مقادیر اندازه‌گیری شده از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مشخص کرد که مقادیر برآورد شده با مدل MPSIAC کم‌ترین اختلاف و خطا را با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد (شاه‌کرمی، ۱۳۸۰)؛ در صورتی‌که ارزیابی دیگر در همین حوزه و با استفاده از GIS نشان‌دهنده عدم دقت مناسب مدل MPSIAC در مقایسه با آمار رسوب حوزه است (داوری و همکاران، ۱۳۸۴).

ارزیابی مدل MPSIAC در برآورد رسوب‌دهی شش حوزه آبخیز کوچک و متوسط نشان داد که در سطح ۱٪، اختلاف بین میانگین آمار رسوب به‌دست آمده از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی و مدل MPSIAC برای چهار حوزه آبخیز معنی‌دار نبوده ولی برای دو حوزه دیگر معنی‌دار است؛ دلیل این اختلاف، دو عامل پستی و بلندی و کاربری اراضی بوده است (رزمجو و همکاران، ۱۳۸۳).

در تحقیقی که در سه حوزه یل‌چشمه، گرماب‌دشت و قوری‌چای رامیان در استان گلستان انجام شد، تولید رسوب حاصل از برآورد مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی حوزه‌ها مقایسه گردید؛ نتایج نشان داد که برآوردهای مدل MPSIAC، فقط در حوزه گرمابدشت، دارای شباهت زیادی با مقادیر مشاهده‌ای دارد و در سایر حوزه‌ها، نتایج، قابل قبول نیست (پارسایی و همکاران، ۱۳۸۳).

به‌طور کلی، نتایج بررسی سوابق تحقیقاتی به‌غیر از چند مورد، از مناسب بودن مدل‌های MPSIAC و PSIAC حکایت می‌کند. با این همه، دو مشکل در خصوص سوابق تحقیقات یاد شده وجود دارد: اول آنکه بیش‌تر این پژوهش‌ها بر اساس آمار ایستگاه‌های رسوب‌سنجی انجام شده و فقط تعداد معدودی از آن‌ها با استفاده از رسوب‌سنجی مخازن سدها صورت گرفته است. تحقیقات انجام شده نشان داده روش متداول منحنی‌سنجی رسوب کاملاً تحت تاثیر کیفیت داده‌ها قرار دارد؛ علاوه بر این، میزان رسوب‌دهی را به‌طور متوسط ۶۰ درصد کم‌تر از مقدار واقعی برآورد می‌کند که این امر ناشی از تبدیل لگاریتمی است (Walling، ۱۹۹۴)؛ مشکل دیگر، همان‌طور که حکیم‌خانی (۱۳۸۱) نشان داده است، وجود برخی اشکالات در به‌کارگیری روش‌ها، از جمله استفاده از معادله نهایی مدل اصلاح شده به‌جای مدل اولیه است.

لذا این تحقیق با هدف ارزیابی مدل MPSIAC در برآورد رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز کوچک بر اساس سنجش رسوب‌گذاری مخازن سدهای کوتاه در برآورد میزان تولید رسوب حوزه‌های آبخیز در استان سمنان، به‌دلیل وجود سدهای ذخیره‌ای سرریز نشده و فرصت کافی برای عمل‌کرد، اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه در این تحقیق، شامل نه سد کوچک و حوزه‌های آبخیز بالادست آن‌ها است که در استان سمنان پراکنش دارند؛ این سدها در شهرستان‌های سمنان، دامغان و شاهرود واقع شده‌اند و در طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۳ توسط سازمان جهاد سازندگی (سابق) احداث شده‌اند. سدهای مورد نظر از نوع خاکی هستند و هدف از احداث آن‌ها کنترل سیلاب بوده است؛ ارتفاع آن‌ها کم‌تر از ۱۲ متر است و از زمان احداث تاکنون سرریز ننموده‌اند؛ به‌همین دلیل، تمامی رسوبات تولید شده از حوزه‌های آبخیز بالادست این سدها به تله افتاده است. مشخصات و موقعیت این سدها به‌ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است.

به‌منظور تعیین میزان رسوب‌دهی حوزه‌ها از طریق مدل MPSIAC، حوزه‌های آبخیز بالادست سدها مطالعه شدند و عوامل نه‌گانه مؤثر در رسوب‌دهی مدل MPSIAC، شامل زمین‌شناسی سطحی، اقلیم، خاک، رواناب سطحی، توپوگرافی، پوشش زمین، استفاده از اراضی، فرسایش اراضی بالادست و فرسایش رودخانه‌ای ارزیابی و امتیازدهی شدند و بر اساس معادله ارائه شده برای هر یک از عوامل، امتیاز آن به‌دست آمد. تعیین امتیاز عامل زمین شناسی با استفاده از طبقه‌بندی فیض‌نیا (۱۳۷۴) ، عامل خاک با استفاده از روش Wischmeier و Smith (۱۹۷۸) بر اساس نمونه‌گیری و تعیین بافت، مواد آلی، ساختمان و نفوذپذیری خاک در هر یک از حوزه‌های آبخیز انجام شد؛ همچنین امتیاز عامل اقلیم براساس برآورد از طریق آمار باران‌سنج ثبات ایستگاه‌های مجاور حوزه‌ها (شهمیرزاد، سمنان و پژوهشی سمنان برای حوزه‌های ردیف ۱ تا ۷، دامغان و رودبار برای حوزه ردیف ۸ و شاهرود و بسطام برای حوزه ردیف ۹ در جدول ۱)، و تعمیم به‌صورت منطقه‌ای برای هر حوزه تعیین شد. تعیین امتیاز عامل رواناب، براساس ارتفاع رواناب به‌روش جاستین، و دبی اوج سیل به‌روش استدلالی صورت گرفت که در تحقیق علی‌اصغری (۱۳۷۹) و اعتمادی (۱۳۷۶) ارزیابی و برای استان سمنان تأیید شده است. امتیاز عامل توپوگرافی بر اساس متوسط وزنی شیب، از طریق نقشه شیب در محیط نرم‌افزارهای GIS، و عوامل پوشش اراضی، و کاربری اراضی به‌روش ترانسکت خطی در هر گونه مرتعی تعیین گردید. امتیاز عوامل فرسایش اراضی بالادست و فرسایش رودخانه‌ای از طریق امتیاز دادن به عوامل هفت گانه روش BLM در هر گونه فرسایشی حوزه‌ها تعیین شد.

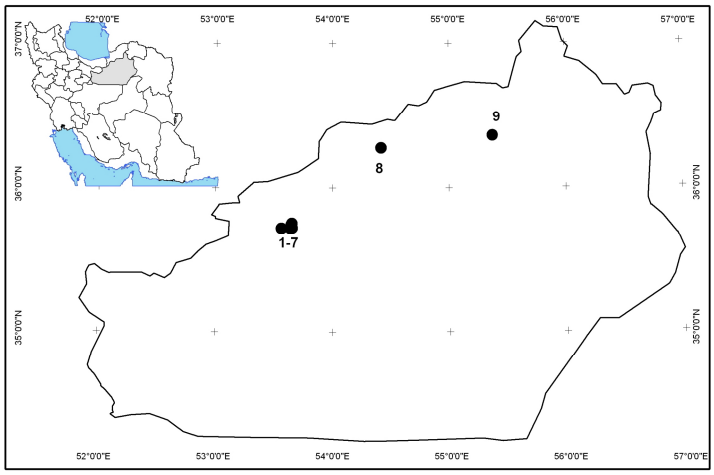
جدول ۱- موقعیت و مشخصات سدهای مورد بررسی

ردیف	نام سد	موقعیت جغرافیایی محل سد		شهرستان	سال احداث	مساحت حوزه آبخیز (ha)
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی			
۱	سولدره شرقی	۵۳° ۳۳′ ۵۲/۷۴″	۳۵° ۴۳′ ۱۹/۵۰″	سمنان	۱۳۷۱	۹۳/۵
۲	سولدره غربی	۵۳° ۳۳′ ۴۵/۲۴″	۳۵° ۴۳′ ۱۷/۲۸″	سمنان	۱۳۷۱	۹۲/۲
۳	عطاری	۵۳° ۳۸′ ۲۸/۹۲″	۳۵° ۴۳′ ۱۱/۱۶″	سمنان	۱۳۷۲	۶۲۷/۹۶
۴	ابراهیم‌آباد	۵۳° ۳۸′ ۵۰/۲۲″	۳۵° ۴۴′ ۵۱/۷۸″	سمنان	۱۳۷۲	۵۰۷/۸۱
۵	رویان	۵۳° ۳۹′ ۵/۵۸″	۳۵° ۴۵′ ۲۳/۶۴″	سمنان	۱۳۷۲	۵۳۸/۸۳
۶	علی‌آباد	۵۳° ۳۹′ ۲/۳۴″	۳۵° ۴۴′ ۱۱/۷۶″	سمنان	۱۳۷۲	۱۲۹/۲۵
۷	عمروان	۵۳° ۳۹′ ۱۵/۰۶″	۳۵° ۴۳′ ۲۷/۸۴″	سمنان	۱۳۷۲	۱۰۲/۳۵
۸	مارچشمه	۵۴° ۲۴′ ۵۹/۶۶″	۳۶° ۱۶′ ۳۹/۷۹″	دامغان	۱۳۷۳	۲۴۱۷/۵
۹	ارمیان	۵۵° ۲۲′ ۲۲/۸۶″	۳۶° ۲۱′ ۳۷/۱۴″	شاهرود	۱۳۷۳	۱۱۱۶/۴

نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، به‌عنوان نقشه‌های مبنا استفاده گردید و محدوده حوزه آبخیز بالادست هر یک از سدها بر روی این نقشه‌ها مشخص شدند؛ پس از آن با بازدید صحرایی و استفاده از موقعیت‌یاب جهانی، مرز کلیه حوزه‌ها به‌دقت کنترل و اصلاح گردید و به‌این ترتیب، مساحت حوزه آبخیز بالادست تمامی سدها با دقت بسیار بالایی به دست آمد؛ سپس با استفاده از معادله زیر میزان تولید رسوب حوزه‌ها برآورد شد (Johnson و Gebhardt، ۱۹۸۲):

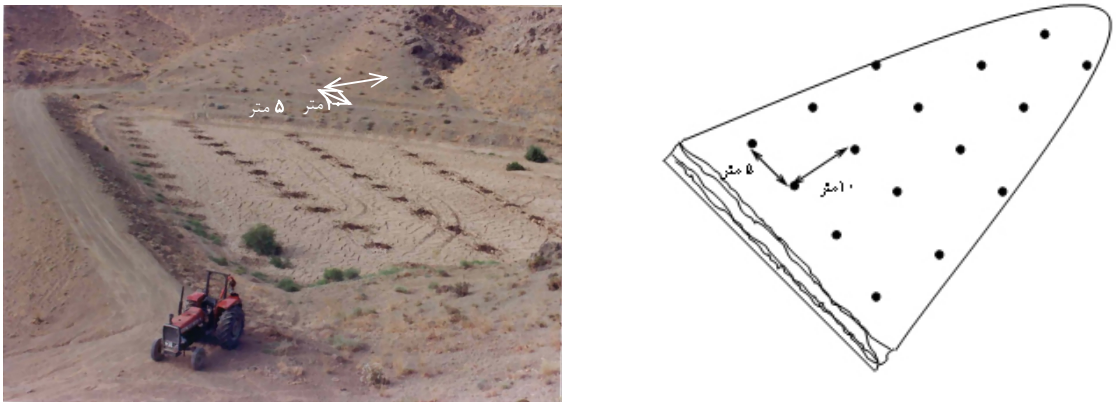
$$Q_s = 0.253e^{0.036R} \qquad (1)$$

که در آن، Qs، تولید رسوب برحسب تن در هکتار در سال (که با فرض مقدار ۱/۳۶۰ گرم بر مترمکعب، به‌عنوان وزن مخصوص ظاهری رسوبات به‌دست می‌آید) و R، مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه یا ضریب رسوب‌دهی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت بندها و سدهای مورد مطالعه در استان سمنان

رسوبات نهشته شده در مخازن سدها از طریق نقشه‌برداری تعیین گردید؛ برای این منظور سطح رسوبات مخازن بندها به ابعاد ۱۰×۵ متر شبکه‌بندی (شکل ۲) و عمق رسوب در هر یک از نقاط تقاطع شبکه مذکور از طریق حفر چاهک‌های گمانه‌ای اندازه‌گیری شد؛ برای اندازه‌گیری عمق رسوبات، از آگر دستی استفاده و به‌دلیل خشک بودن رسوبات در سطح مخازن سدها و برای شکستن قسمت سطحی رسوبات، از مته‌های چال‌کن متصل به تراکتور استفاده شد؛ در قسمت‌های زیرین، که غالباً مرطوب بودند و امکان استفاده از آگر دستی وجود داشت، این وسیله برای تعیین عمق رسوب به‌کار برده شد.



شکل ۲- محل‌های نمونه‌برداری در مخازن بندها (راست) و نمونه‌ای از مناطق حفر چاهک‌های گمانه‌ای در مخزن سد عطاری (چپ)

پس از تعیین عمق رسوبات در هر یک از نقاط، نقشه‌برداری توپوگرافی از مخزن هر بند و با دقت یک سانتی‌متر انجام شد و دو نقشه توپوگرافی، یکی برای وضعیت موجود مخزن و دیگری برای شرایط مخزن بدون رسوب به‌دست آمد؛ از اختلاف این دو نقشه، حجم رسوبات مخازن هر یک از بندها به کمک نرم‌افزار Surfer تعیین گردید.

تبدیل حجم رسوبات مخازن به وزن از طریق اندازه‌گیری وزن مخصوص رسوبات انجام شد؛ برای تعیین این عامل در رسوبات مخزن هر سد، چند پروفیل حفر و از افق‌های مختلف آن نمونه‌گیری شد؛ سپس وزن مخصوص این نمونه‌ها تعیین گردید. وزن مخصوص رسوبات با استفاده از لوله‌های فلزی، که برای همین منظور ساخته شده بودند، به این صورت تعیین شد که این لوله‌ها با توجه به اندازه‌های مختلفی که از آن‌ها تهیه شده بود، براساس عمق رسوبات هر افق، استفاده گردید و با واردکردن لوله در داخل قسمت مورد نظر از رسوب، نمونه لازم برداشت و در آزمایشگاه با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۲ ساعت خشک شد؛ سپس (غازان‌شاهی، ۱۳۷۶) وزن آن‌ها تعیین گردید. از

تقسیم وزن نمونه‌های خشک شده برحجم آن‌ها، وزن مخصوص ظاهری نمونه‌ها تعیین شد. میانگین 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 به‌دست آمد. تعداد پروفیل‌های حفر شده، بر اساس نسبت سطح فعلی رسوبات درشت‌دانه (منظور دلتای رسوبات درشت‌دانه) به کل سطح مخزن تعیین و با نسبت مذکور، تعداد پروفیل‌های بیش‌تری نیز در رسوبات ریزدانه حفر شد. 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 به دست آمد.

برای مقایسه مقادیر برآورد شده حوزه‌ها از طریق مدل تجربی با مقادیر اندازه‌گیری شده در مخازن سدها، از آزمون t جفتی برای بررسی اختلاف میانگین‌ها استفاده شد (سکوتی‌اسکویی و همکاران، ۱۳۸۰; فتوحی و اصغری، ۱۳۸۰).

به‌منظور ارزیابی کارآیی مدل، از روش ناش و ساتکلیف[1] (۱۹۷۰) و آمار میانگین نسبی مجذور مربعات خطا[2] استفاده شد (Van Rompaey و همکاران، ۲۰۰۱)که معادلات آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - Q_{mean})^2} \qquad (۲)$$

که در آن، ME ضریب کارآیی مدل، n تعداد مشاهدات، Q_{mean} میانگین مقادیر مشاهده‌ای، Q_i مقدار مشاهده‌ای و P_i مقدار برآوردی است. دامنه تغییرات ME از منفی بی‌نهایت تا ۱ بوده و مقادیر نزدیک‌تر به ۱، نشان‌دهنده کارآیی بالاتر مدل و مقادیر منفی ME، بیان‌گر عدم کفایت مدل هستند.

$$\mathrm{RMSE} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q_i - P_i)^2}}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Q_i} \qquad (۳)$$

که در آن، RMSE میانگین نسبی مجذور مربعات خطا، Qi مقادیر اندازه‌گیری شده یا مشاهده‌ای و Pi مقادیر برآورد شده می‌باشد. دامنه تغییرات RMSE از صفر تا بی‌نهایت و مقادیر نزدیک‌تر به صفر، نشان‌دهنده اعتماد بیش‌تر مدل است.

نتایج و بحث

نتایج امتیازدهی به عوامل مدل MPSIAC و مقادیر رسوب‌دهی حوزه‌ها، که با رابطه اصلی این مدل (معادله ۱) برآورد شد، در جدول ۲ و نتایج نقشه‌برداری و تعیین حجم و وزن رسوبات نهشته شده در مخازن سدهای مورد مطالعه، در جدول ۳ ارائه شده است. برآوردهای مدل MPSIAC، نشان‌دهندهٔ بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار رسوب‌دهی، به‌ترتیب در حوزه‌های آبخیز عمروان و سولدره شرقی است؛ در حالی‌که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار رسوب‌دهی از طریق رسوب‌سنجی مخازن، به‌ترتیب مربوط به حوزه‌های آبخیز عمروان و مارچشمه است.

نتایج آنالیز آماری مقایسه مقادیر رسوب‌دهی واقعی حوزه‌ها (اندازه‌گیری شده از مخازن سدها و بندها)، با مقادیر برآورد شده به‌ک مدل MPSIAC از طریق آزمون t جفتی نشان داد که در سطح ۵ درصد، بین میانگین مقادیر حجمی رسوب‌دهی برآوردهای مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، ولی بین مقادیر وزنی رسوب‌دهی مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده اختلاف وجود دارد. نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

[1] Nash, Sutcliff
[2] RRMSE (Relative Root Mean Square Error)

جدول ۲- امتیاز عوامل مدل MPSIAC و برآورد رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

حوزه آبخیز	امتیاز عوامل نه‌گانه مدل									R	$(tonha^{-1}y^{-1})$
	سنگ شناسی	خاک	اقلیم	رواناب	توپوگرافی	پوشش زمین	استفاده اراضی	فرسایش اراضی	فرسایش رودخانه		
سولدره شرقی	۳/۰۵	۱/۷۰	۱/۱۲	۰/۴۹	۱۰/۴۰	۱۱/۴۹	۱۷/۰۷	۳/۷۳	۰	۴۹/۰۴	۱/۴۷۸
سولدره غربی	۲/۶۱	۱/۹۵	۱/۱۲	۰/۴۸	۱۲/۷۱	۹/۹۵	۱۶/۶۴	۳/۵۸	۰/۱۵	۴۹/۱۷	۱/۴۸۶
عطاری	۵/۷۶	۳/۴۳	۱/۱۲	۱/۲۱	۵/۲۶	۱۳/۸۰	۱۶/۷۷	۶/۲۰	۰	۵۳/۵۶	۱/۷۴۰
ابراهیم آباد	۵/۱۸	۴/۳۵	۱/۱۲	۱/۱۴	۹/۶۷	۱۳/۹۰	۱۷/۹۵	۵/۴۰	۰	۵۸/۷۱	۲/۰۹۴
رویان	۵/۶۶	۴/۶۵	۱/۱۲	۱/۲۰	۷/۹۰	۱۱/۰۴	۱۷/۴۱	۷/۸۵	۵/۰۳	۶۱/۸۶	۲/۳۴۶
علی‌آباد	۵/۷۴	۱/۹۷	۱/۱۲	۰/۷۲	۵/۳۵	۱۵/۳۶	۱۸/۵۸	۷/۰۸	۱/۵۱	۵۷/۴۲	۱/۹۹۹
عمروان	۵/۹۹	۴/۲۸	۱/۱۲	۰/۷۱	۳/۷۶	۱۶/۰۳	۱۷/۶۷	۱۶/۵۸	۴/۰۹	۷۰/۲۴	۳/۱۷۱
مارچشمه	۵/۹۹	۳/۷۷	۲/۰۲	۱/۰۹	۷/۳۰	۴/۶۷	۱۷/۰۵	۵/۸۵	۵/۴۰	۵۳/۱۴	۱/۷۱۴
ارمیان	۶/۲۵	۴/۱۸	۲/۷۸	۱/۸۷	۶/۵۵	۶/۸۳	۱۵/۳۸	۱۱/۲۳	۴/۸۲	۵۹/۸۹	۲/۱۸۵

جدول ۳- حجم و وزن رسوبات نهشته شده در مخازن سدهای مورد بررسی

سد/بند	حجم رسوب (m^3)	وزن مخصوص $(grcm^{-3})$	وزن رسوب (ton)	مساحت (ha)	رسوب‌دهی ویژه $(m^3ha^{-1}yr^{-1})$	رسوب‌دهی ویژه $(tonha^{-1}yr^{-1})$
	(۱)	(۲)	(۳)=۲×۱	(۴)	(۵) =(۱/۴) /۱۰	(۶)=(۳/۴)/۱۰
سولدره شرقی	۱۱۸۳/۹۶	۱/۴۰۳	۱۶۶۱/۰۹۶	۹۳/۵	۱/۲۷	۱/۷۸
سولدره غربی	۶۲۸/۱۳۵	۱/۴۳۱	۸۹۸/۸۶۱	۹۲/۲	۰/۶۸	۰/۹۷
عطاری	۲۶۷۶/۱	۱/۴۱۲	۳۷۷۸/۶۵۳	۶۲۷/۹۶	۰/۴۳	۰/۶۰
ابراهیم آباد	۱۲۴۴/۴	۱/۴۳۶	۱۷۸۶/۹۵۸	۵۰۷/۸۱	۰/۲۵	۰/۳۵
رویان	۲۳۶۳/۲۹	۱/۳۸۵	۳۲۷۳/۱۵۷	۵۳۸/۸۳	۰/۴۴	۰/۶۱
علی آباد	۱۰۳۵/۸۹	۱/۳۴۷	۱۳۹۵/۳۴۴	۱۲۹/۲۵	۰/۸۰	۱/۰۸
عمروان	۲۶۲۴/۷۶	۱/۳۹۱	۳۶۵۱/۰۴۱	۱۰۲/۳۵	۲/۵۶	۳/۵۷
مارچشمه	۳۴۱۵/۴۶	۱/۴۰۹	۴۸۱۲/۳۸۳	۲۴۱۷/۵	۰/۱۴	۰/۲۰
ارمیان	۱۳۵۷۸/۷	۱/۳۳۸	۱۸۱۶۸/۳۰۱	۱۱۱۶/۴	۱/۲۲	۱/۶۳

جدول ۴- نتایج بررسی وتعیین پارامترهای آماری مقادیر رسوب‌دهی درحوزه‌های آبخیز

	تعداد	میانگین	اشتباه استاندارد میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	دامنه	حداقل	حداکثر
MPSIAC-M3*	۹	۱/۴۹	۰/۱۳	۱/۴۷	۱/۰۹	۰/۳۹	۰/۱۵	۲۶/۰۰	۱/۳۰	۲/۱۷	۱/۲۴	۱/۰۹	۲/۳۳
MPSIAC-Ton**	۹	۲/۰۲	۰/۱۸	۱/۹۹	۱/۴۸	۰/۵۳	۰/۲۸	۲۶/۰۰	۱/۳۰	۲/۱۸	۱/۶۹	۱/۴۸	۳/۱۷
MEAS- M3***	۹	۰/۸۷	۰/۲۵	۰/۶۸	۱۴۰	۰/۷۵	۰/۵۶	۸۶/۴۱	۱/۶۱	۲/۹۴	۲/۴۲	۰/۱۴	۲/۵۶
MEAS-Ton****	۹	۱/۲۰	۰/۳۵	۰/۹۷	۰/۲۰	۱/۰۴	۱/۰۸	۸۶/۶۶	۱/۶۶	۳/۱۳	۳/۳۷	۰/۲۰	۳/۵۷

*: مقادیر برآورد شده مدل MPSIAC برحسب واحد حجم (مترمکعب در هکتار در سال)

**: مقادیر برآوردشده مدل MPSIAC برحسب واحد وزن (تن در هکتار در سال)

***: مقادیر اندازه گیری شده رسوب‌دهی حوزه‌ها از طریق رسوبات مخازن سدها و بندها برحسب واحد حجم (مترمکعب در هکتار در سال)

****: مقادیر اندازه گیری شده رسوب‌دهی حوزه‌ها از طریق رسوبات مخازن سدها وبندها برحسب واحد وزن (تن در هکتار در سال

مقدار ME برای مقادیر برآوردی رسوب‌دهی با مدل MPSIAC، برابر ۰/۳۷۳- به‌دست آمد که نشان می‌دهد این مل از کارآیی مناسبی برخوردار نیست؛ همچنین میانگین نسبی مجذور مربعات خطای مدل (RRMSE)، برابر ۹۵ درصد به‌دست آمد که مؤید عدم کارآیی مناسب مدل MPSIAC در مناطق مورد مطالعه است.

جدول ۵- نتایج آزمون مقایسه میانگین ها به‌روش t استیودنت

	میانگین	انحراف معیار	میانگین استاندارد اشتباه	حدود اطمینان اختلاف (۹۵ درصد)		t *	درجه آزادی
				پایین	بالا		
MPSIAC(M3)(۱) – MEAS(M3)(۳)	۰/۶۲	۰/۸۷	۰/۲۹	-۰/۵۱	۱/۲۹	۲/۱۳	۸
MPSIACTN(۲) – MEASTON(۴)	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۲۷	۰/۲۰	۱/۴۴	۳/۰۷	۸

*: t جدول در سطح معنی‌داری ۵ درصد، برای درجه آزادی ۸ برابر ۲/۳۰۶ می‌باشد.

اندازه‌گیری رسوب‌دهی نه حوزه آبخیز کوچک از طریق رسوب‌سنجی مخازن سدها در استان سمنان نشان داد که میانگین رسوب‌دهی این حوزه‌ها، ۱/۱۹۹ و میانه آن ۰/۹۷ تن در هکتار در سال است. حداقل رسوب‌دهی حوزه‌ها، ۰/۲ و حداکثر آن برابر ۳/۵۷ تن در هکتار در سال اندازه‌گیری شده که نشان‌دهنده تغییرات بسیار بالای رسوب‌دهی حوزه‌ها می‌باشد؛ به‌طوری‌که ضریب تغییرات رسوب‌دهی حوزه‌ها ۸۶/۶۶ درصد است؛ همچنین انحراف معیار رسوب‌دهی، برابر ۱/۰۴ و واریانس ۱/۰۸ می‌باشد. چولگی داده‌ها مثبت و برابر ۱/۶۵۷ است که نشان‌دهنده تجمع مقادیر رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی در محدوده کم‌تر از میانگین است. از طرفی، برآوردهای رسوب‌دهی مدل MPSIAC نشان‌دهنده متوسط برآورد ۲/۰۲ تن در هکتار در سال برای حوزه‌ها بوده که ۶۹ درصد با میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده اختلاف دارد؛ همچنین انحراف معیار برآوردهای مدل، برابر ۰/۵۳، واریانس آن ۰/۲۸ و ضریب تغییرات مدل، ۲۶ درصد به‌دست آمده که همگی نشان‌دهنده اختلاف نسبتاً بالای برآوردهای مدل، در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند.

آزمون مقایسه میانگین‌ها به‌روش t جفتی نشان داد که در سطح ۵ درصد، میانگین برآوردهای حجمی مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار نداشته و به این ترتیب، مقدار برآورد شده مدل برحسب واحد حجم، در محدوده قبول آزمون مذکور قرار می‌گیرد؛ اما میانگین برآوردهای وزنی مدل MPSIAC با مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار دارند که مشخص می‌کند مقدار پیش‌فرض ۱/۳۶۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب وزن مخصوص ظاهری رسوبات در مدل MPSIAC (Johnson و Gebhardt، ۱۹۸۲)، برای مناطق مورد بررسی در این طرح قابل استفاده نیست و بایستی از مقادیر وزن مخصوص ظاهری رسوبات در همین مناطق، برای تبدیل حجم به وزن رسوبات استفاده کرد.

نتایج ارزیابی این تحقیق به‌کمک آزمون t جفتی با نتایج تمامی تحقیقات انجام شده، که به‌روش آزمون t، مدل MPSIAC را مورد ارزیابی قرار داده‌اند، مطابقت می‌کند؛ ولی اغلب این تحقیقات با تعداد نمونه‌های بسیار کم نتیجه‌گیری شده‌اند که به‌دلیل کمبود تعداد مشاهدات و محدودیت‌های آزمون t، استفاده از سایر آزمون‌های آماری را ضروری می‌نماید. به‌همین دلیل، در تحقیق حاضر از عوامل تعیین کارآیی (ME) و میانگین نسبی مجذور مربعات خطا (RRMSE) استفاده شد (Haregeweyn و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج تعیین‌کارآیی نشان داد که مدل MPSIAC از کارآیی بسیار در مناطق مورد بررسی دارد.

تحقیقات معدودی درباره ارزیابی مدل‌های تجربی از طریق رسوب‌سنجی مخازن سدها و بندها انجام شده که در اغلب آن‌ها، صرفاً برآوردهای مدل MPSIAC با مقادیر آمار رسوب ایستگاه‌های رسوب‌سنجی مقایسه شده‌اند؛ این درحالی است که مقدار رسوب‌دهی مشاهده‌ای آن‌ها از مقادیر دبی رسوب معلق ایستگاه‌های هیدرومتری و با اعمال ضریب بارکف برای برآورد دبی رسوب کل به‌دست آمده است (صادقی،۱۳۷۰؛ باقرزاده‌کریمی، ۱۳۷۳؛ طهماسبی‌پور، ۱۳۷۳؛ پاک‌پرور، ۱۳۷۴؛ بیات، ۱۳۷۸؛ شاه کرمی، ۱۳۸۱؛ رزمجو و همکاران، ۱۳۸۳؛ داوری و همکاران، ۱۳۸۴)، که در مقایسه با روش رسوب‌سنجی از مخازن بندها و سدها دقت کم‌تری دارد؛ لذا به‌منظور ارزیابی مدل‌ها و سنجش

میزان دقت آن‌ها، ادامه تحقیقات بر اساس داده‌های بسیار نزدیک به واقعیت، یعنی مقادیر رسوب مخازن، برای کل کشور ضروری به‌نظر می‌رسد.

قدردانی

مقاله حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی "ارزیابی مدل MPSIAC از طریق رسوب‌سنجی مخازن سدها و بندهای کوچک در استان سمنان" است که بدین‌وسیله از پشتیبانی و همکاری مسئولین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱.اعتمادی، ح. ۱۳۷۶. بررسی تغییرات رواناب سطحی در یک حوزه آبخیز (مطالعه موردی در حوزه آبخیز در جزین سمنان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲. باقرزاده‌کریمی، م. ۱۳۷۳. بررسی کارآیی مدل‌های فرسایش و رسوب و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. بروشکه، ا. ۱۳۸۲. برآورد رسوبدهی سرشاخه‌ها با استفاده از اندازه‌گیری رسوب در پشت سدهای رسوبگیری- مطالعه موردی سرشاخه‌های استان آذربایجان غربی. مجموعه مقالات دومین گردهمایی مجریان طرح‌های تحقیقاتی در زمینه رسوب‌سنجی مخازن بندها، سدها و مدل‌های رسوبی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ارومیه، صفحه ۱۲-۷.

۴. بیات، ر. ۱۳۷۸. بررسی کارآیی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۲۸ صفحه.

۵. پارسایی، ل.، ج. قدوسی، ح. عیسایی، ح. اعتراف، م. خواجه و س. فیض‌نیا. ۱۳۸۳. بررسی کارآیی مدل‌های تجربی EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب آبخیزهای استان گلستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ۸۷ صفحه.

۶. پاک‌پرور، م. ۱۳۷۴. ارزیابی روش‌هایPSIAC و EPM در برآورد رسوب و تعیین پراکنش فرسایش در حوزه آبخیز سد لتیان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۴۳ صفحه.

۷. جلالیان، ا. ۱۳۶۸. مطالعات کمی و کیفی فرسایش خاک در حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۳، صفحه ۴۴-۲۷.

۸. حکیم‌خانی، ش. ۱۳۸۱. مروری بر مطالعات و پایان‌نامه های انجام شده بر روی مدل PSIAC در ایران و بررسی ایرادهای وارده برآن‌ها و تهیه دستورالعمل استفاده از آن. سمینار دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۶۷صفحه.

۹. دادخواه، م. و ع. نجفی‌نژاد. ۱۳۷۶. کارآیی مدل ای.پی.ام در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز لتیان. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۰، شماره ۱، صفحه ۶۰-۴۹.

۱۰. داوری، م.، ح. بهرامی، ج. قدوسی و ن. طهماسبی‌پور. ۱۳۸۴. مقایسه مدل‌های MPSIAC، هیدروفیزیکی و EPM در تخمین فرسایش و بار رسوب با استفاده از GIS (مطالعه موردی حوزه آبخیز نوژیان). مجله علوم آب وخاک، جلد ۱۹، شماره ۱، صفحه ۷۶-۶۱.

۱۱. رزمجو، پ.، ن. بیرودیان و ا.ح. چرخابی. ۱۳۸۳ . بررسی کارآیی مدل پسیاک اصلاح شده در برآورد میزان رسوبدهی ناحیه البرز جنوبی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۱، شماره ۱، صفحه ۱۴۶-۱۳۷.

۱۲. سکوتی‌اسکویی، ر.، ا. بروشکه، ج. قدوسی و م. عرب‌خدری. ۱۳۸۰. ارزیابی کارآیی مدل پسیاک اصلاح شده در برآورد رسوب پنج حوزه آبخیز استان آذربایجان غربی. مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۱۴، شماره ۴، صفحه ۳۷-۳۵.

۱۳. شاه‌کرمی، ع. ۱۳۸۰. بررسی روش‌های برآورد رسوب PSIAC، MPSIAC و EPM در حوزه آبخیز نوژیان. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی- فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، صفحه ۵۷۲-۵۶۲.

۱۴. صادقی، ح. ۱۳۷۰. مقایسه چند روش برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز اوزن دره. مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهره‌برداری بهینه از اراضی.

۱۵. طهماسبی‌پور، ن. ۱۳۷۳. کاربرد و ارزیابی مدل جدید پسیاک برای تهیه نقشه فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز جاجرود (لوارک) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۷۹ صفحه.

۱۶. علی‌اصغری، م. ۱۳۷۹. مطالعه تطبیقی روش‌های کلاسیک ایکار و جاستین با روش‌های تبدیلی آن‌ها در مناطق خشک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۸۰ صفحه.

۱۷. غازان‌شاهی، ج. ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات مترجم، ۳۱۱ صفحه.

۱۸. فتوحی، ا. و ف. اصغری. ۱۳۸۰. کتاب آموزشی آنالیز آماری داده‌ها با SPSS 8 (ترجمه). انتشارات ناقوس، ۵۱۰ صفحه.
۱۹. فیض‌نیا، س. ۱۳۷۴. مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش اقالیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، صفحه ۱۱۶-۹۵.
۲۰. قدرتی، م. ۱۳۷۵. بررسی روش تجربیPSIAC جهت برآورد رسوب در آبخیزهای فاقد ایستگاه هیدورمتری در حوزه رودخانه سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۵۴ صفحه.
۲۱. محمودزاده، ا. ۱۳۷۶. بررسی رابطه رسوب تولیدی و کاربری زمین. مجله جنگل و مرتع، شماره ۲۵، صفحه ۳۶-۳۰.
۲۲. هاشمی، س.ع.ا. ۱۳۸۰. بررسی ومقایسه دو مدل برآورد فرسایش و رسوب در البرز مرکزی (محدوده استان سمنان). مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی-فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، صفحه ۶۰۳-۵۹۴.
23. Hadley, R.F. and D.E. Walling. 1984. Erosion and sediment yield: some methods of measurement and modeling. Cambridge University Press, Cambridge.
24. 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 modeling. Geomorphology, 69:315-331.
25. Johnson, C.W. and K.A. Gebhardt. 1982. Predicting sediment yield from sagebrush rangelands. In: Proceeding of Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands, Tucson, Arizona, US Department of Agriculture, Agricultural Reviews and Manuals, Western Series, 26:145-156.
26. Nash, J.E. and J.V. Sutcliff. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part I: a discussion of principles. Hydrology, 10:282-290.
27. Pacific Southwest Inter-Agency Committee (PSIAC). 1968. Report on factors affecting sediment yields in the pacific southwest area. Water Management Subcommittee, Sedimentation Task Force, p.10.
28. Reynard, K.G. and J.J. Stone. 1982. Sediment yield from small semiarid range land watersheds. USDA-SEA-ARM, Western Series, 26:129-144.
29. 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.
30. Walling, D.E. 1994. Measuring sediment yield from river basins. In: R. Lal (Ed.), Soil erosion research Methods. Soil and Water Conservation Society publ., 2nd edition, pp:39-83.
31. Walling, D.E. and B.W. Webb. 1988. The reliability of rating curve estimate of suspended sediment yield: Some further comment. In: Sediment Budgets (Proceeding of Porto Symp.), IAHS Pub., 174:337-350.
32. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses, A guide to conservation planning. Agriculture Handbook, No. 537, p58.

Sediment measurement in reservoirs of small dams for evaluation of MPSIAC model in Semnan province

Seyed Ali Asghar Hashemi[1], Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamedan, Iran
Mahmood Arabkhedri, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 07 July 2009 **Accepted**: 24 December 2009

Abstract

Evaluation of empirical models for sediment yield in watersheds is a necessity. One of the conventional models in Iran is MPSIAC that has been used extensively. Sediment measurement of small dam's reservoirs is one of the methods for evaluation of these models. In this research, 9 small watersheds were selected in Semnan Province. There is an earth small dam at the outlet of each watershed built in the past 10 years. These dams have not spilled since they were built. Therefore total sediment volume discharged from each watershed was entrapped behind the dams. The amount of deposited sediments in these reservoirs was measured by surveying and estimation of apparent Specific Weight which then compared with estimating values of MPSIAC model by paired t-test. The results showed that the difference between the means for estimated volumes of sediment yield by use of MPSIAC model at the level of 5% had no significant difference while the difference between mean weights of sediments at the level of 5% was significant. Also determination of performance and relative root mean square error showed that MPSIAC model has no appropriate efficiency for application in the region.

Key words: Empirical model, Earth dam, Sedimentation, Sediment measurement, Sediment yield

[1] hashemiaa12@gmail.com