

بررسی کار آبی مدل EPM در برآورد میزان رسوبدهی حوضه مرزی غرب

حسین خالدیان^۱، علی جعفری اردکانی^۲، ناصر حبیبی^۳

۱. مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سنندج hkhaledian@yahoo.com

۲. مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران jafari1400@gmail.com

۳. کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سنندج n41habibi@yahoo.com

چکیده

برای بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور اندازه‌گیری رسوب صورت نگرفته و از مقدار رسوب آنها اطلاعات کافی در دسترس نیست. یکی از راه‌های تخمین رسوب حوضه‌ها، استفاده از مدل‌های تجربی مانند PSIAC، USLE و EPM است که در کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل EPM به دلیل استفاده از پارامترهای کمتر و سهولت تعیین عوامل آن، برای محاسبه برآورد رسوب در سطح کشور مناسب به نظر می‌رسد. از آنجایی که دقت مدل در شرایط مختلف اقلیمی، توپوگرافی و زمین ساختی متفاوت است، باید برای مناطق مختلف کشور آزمون شده و در نهایت برای شرایط آب و هوایی مختلف توصیه خاص آن ارائه گردد. در این تحقیق ابتدا داده‌های رسوب در محل ایستگاه‌های رسوب سنجی حوضه مرزی غرب تحلیل و مقدار رسوب متوسط سالانه برای هر ایستگاه محاسبه شد. سپس مقایسه متوسط رسوب مدل در محل ایستگاه‌ها با رسوب منحنی‌های سنجه (پس از اعمال درصد بارکف)، انجام شد. نتایج نشان داد از بین پنج ایستگاه مورد بررسی در چهار ایستگاه بین رسوب برآوردی و رسوب مشاهده‌ای از نظر خطای نسبی تفاوت معنی دار وجود ندارد. میانگین خطای نسبی رسوب در حوضه‌های مذکور ۶۲ درصد و ضریب تبدیل مدل به ایستگاه ۰/۷۸ به دست آمد. میانگین رسوب مدل ۲/۷ و میانگین رسوب ایستگاه ۲ تن در هکتار در سال بدست آمد.

کلمات کلیدی: رسوب، حوضه مرزی غرب، فرسایش، مدل EPM

مقدمه

برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری همسو با توسعه پایدار و با اعمال مدیریت مسئولانه بر منابع، علاوه بر نیازهای امروز به منافع آینده نیز توجه دارد که در این راستا استفاده از دانش و اطلاعات فراهم آمده از طریق پژوهش‌های علمی و تلفیق آنها با علوم طبیعی، آموزش، فرهنگ، ارتباطات و علوم اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی انسان برای ادامه حیات خود به مواد غذایی نیاز دارد که در اثر وجود آب و خاک بدست می‌آید. فرسایش عاملی است که وجود آب و خاک را به خطر می‌اندازد و موجب از بین رفتن آنها می‌شود. فرآیند فرسایش خاک و فزونی رسوبات، بعنوان دو محرک تنش‌زا، مهمترین تهدید برای منابع غذایی انسان به حساب می‌آیند و اثرات طولانی مدتی بر بهره‌وری خاک و کشاورزی پایدار دارد. در حالیکه در بسیاری از حوضه‌های کشور اطلاعات کافی از مقدار رسوب حوضه‌ها در دست نیست. یکی از روش‌های محاسبه رسوب در حوضه‌های فاقد آمار رسوب، استفاده از مدل‌های تجربی است. در این روش‌ها که با برقراری ارتباط بین مقدار رسوب و عوامل مختلف، روابط تجربی به وجود آمده است، با محاسبه عوامل و پارامترهای مدل‌ها، مقدار رسوب سالانه در حوضه‌های بدون آمار برآورد می‌گردد.

سابقه تحقیق

مدل EPM یک مدل تجربی است که پس از حدود ۴۰ سال تحقیق و اندازه‌گیری فرسایش و رسوب در کشور یوگسلاوی در سال ۱۹۸۸ توسط گاوریلوویچ ارائه گردیده است. این مدل اساساً برای کاربرد در حوضه‌های سیل‌خیز جنوب و جنوب شرقی یوگسلاوی توسعه یافته، اما در چندین کشور دیگر با شرایط آب و هوایی مختلف از جمله ایران به کار گرفته شده است. خالدیان و همکاران (۱۳۷۳) در تحقیقی با استفاده از مدل EPM در حوزه قشلاق کردستان، میزان رسوب در این حوضه را $\frac{3}{2}$ تن در هکتار برآورد نموده که $\frac{4}{2}$ برابر رسوب مشاهداتی بوده است. در این تحقیق ضمن برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل مذکور و همچنین سزیوم-۱۳۷ نهایتاً مقادیر ضرایب حساسیت سنگ و خاک مدل EPM را جهت تطبیق بیشتر با شرایط و ویژگی‌های محل تحقیق اصلاح نموده‌اند. (بیات، ۱۳۷۸) طی مطالعه‌ای با عنوان بررسی کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز طالقان به کمک GIS) به بررسی این دو مدل پرداخت. تولید رسوب این حوضه آبخیز با استفاده از مدل‌های MPSIAC و EPM با فرض $\frac{1}{5}$ تن در مترمکعب برای وزن مخصوص ظاهری به ترتیب برابر با $\frac{1306}{5}$ و ۹۹۹ تن در کیلومترمربع به دست آمد که این برآوردها به ترتیب $\frac{98}{31}$ و $\frac{74}{96}$ درصد با تولید رسوب برآوردی از روی آمار رسوب (۲۶۵ تن در کیلومترمربع با فرض ۳۰ درصد بارکف) همخوانی نشان داده است.

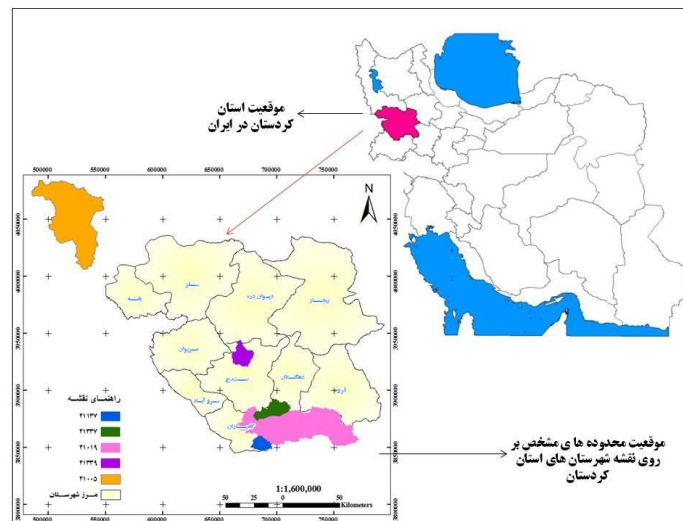
(نعمتی، ۱۳۷۳) روش EPM را در حوزه آبخیز شاهرود از زیر حوضه‌های سفیدرود مورد بررسی قرارداد و بیان نمود که نتایج برآوردی با میزان رسوب مشاهداتی (منحنی سنجه) انطباق خوبی دارد. (هاشمی، ۱۳۸۰) در مطالعه دیگری در رامه گرمسار در استان سمنان نتیجه‌گیری نموده که برآورد رسوب با استفاده از مدل EPM نسبت به برآورد رسوب با مدل MPSIAC دقیق‌تر است. پارسایی و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی در سه حوزه آبخیز پل چشمه، گرماب دشت و قوری چای رامیان در استان گلستان مشاهده نموده‌اند که رسوب برآورد شده با استفاده از مدل EPM تنها در حوضه پل چشمه با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری همخوانی دارد. (محمدیان شوئیلی و سرور، ۱۳۸۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان روش‌های برآورد فرسایش و رسوب بر اساس مدل‌های تجربی رایج EPM، MPSIAC و PSIAC در حوزه آبخیز گوهرود گیلان نشان دادند مقادیر حاصل از مدل EPM با مقادیر رسوب واقعی حوزه آبخیز مورد مطالعه بسیار نزدیک و این مدل به‌عنوان مدل مناسب شناخته شد.

(Bazzoffi, ۱۹۸۵) مدل گاوریلوویچ را برای پیش‌بینی رسوب در چهار حوضه در ایتالیای مرکزی به کار برد. این حوضه‌ها مساحتی از $\frac{0}{6}$ تا ۲۱۵ کیلومترمربع داشتند. وی نتیجه گرفت که شکلی از مدل که به‌طور جزئی اصلاح شده است، در برآورد رسوب به‌ویژه برای حوضه‌های کوچک بهتر جواب می‌دهد، درحالی‌که مدل اصلی، میزان رسوب را بیشتر برآورد می‌کند؛ بنابراین در مدل سازگار شده با شرایط حوضه، ضریب مقاومت خاک نصف شد، درحالی‌که ضریب رسوب‌دهی درست تشخیص داده شد. (Globovnic و همکاران، ۲۰۰۳) مدل گاوریلوویچ را در دو زیر حوضه مدیریتانه‌ای در اسلونی و کروآتیا به کار بردند. در حوضه رود دراگونجا اسلونی (با مساحت ۸۶ کیلومترمربع)، مدل EPM پیش‌تر در ۱۹۷۱ در برآورد رسوب به کار گرفته شده بود. مقایسه نتایج برآورد رسوب سال

۱۹۹۱ با ۱۹۷۱ نشان داد که مقدار رسوب حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. این می تواند به دلیل نصب تجهیزات حفاظت خاک و همچنین افزایش سطح جنگل ها از ۲۵ درصد به ۶۵ درصد و متعاقب آن کاهش سطح اراضی زراعی در منطقه باشد. Emmanouloudis و همکاران، (۲۰۰۳) مدل گاوریلویچ را برای تشخیص فرسایش کل بدون در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب در یک حوضه بزرگ در یونان (۷۰۰۰ کیلومتر مربع) به کار بردند. میزان تخریب سالیانه برآورد شده برای حوضه زیاد بود. وی نشان داد که مدل چون دارای داده های مکانی (ژئولوژی، خاک و کاربری) است، می تواند در محیط GIS به کار رود. نتایج به دست آمده از پژوهش های مختلف نشان می دهند که دیدگاه واحدی در مورد مدل EPM برای برآورد رسوب در حوضه های آبخیز وجود ندارد. بعضی این مدل را دارای دقت خوب و بعضی دارای دقت پایین دانسته اند که منشأ این اختلاف نظرها می تواند به عواملی نظیر مساحت حوزه آبخیز مورد مطالعه، آمار رسوب مشاهده ای، میزان تخمین بارکف و عواملی از این دست باشد. از این رو نیاز به تحقیقات بیشتر برای رسیدن به مقادیر واقعی تر برآورد رسوب با استفاده از این روش است. در این تحقیق تأکید بر استفاده از روش های مناسب برای برآورد رسوب مشاهده ای در راستای کاهش خطای حاصل از رسوب برآوردی از مدل EPM بوده است.

معرفی محل تحقیق

منطقه مورد مطالعه شامل پنج واحد هیدرولوژیکی از حوزه آبخیز مرزی غرب در زاگرس شمالی است و بصورت نوار باریکی با عرض متوسط ۵۰ کیلومتر و طول ۳۲۰ کیلومتر گسترش دارد. در تقسیم بندی های طرح جامع آب بعنوان بخشی از حوضه منطقه سوم مطالعاتی با کد ۱-۳ مشخص می گردد. این حوضه بین مختصات جغرافیائی $44^{\circ} 47'$ تا $57^{\circ} 47'$ طول شرقی و $31^{\circ} 54'$ تا 36° عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه 38731 کیلومتر مربع است که 30917 کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی و 7814 کیلومتر مربع را دشت و کوهپایه تشکیل می دهد. دشت های حوضه زاب به مساحت 660 کیلومتر مربع در حاشیه رودخانه زاب واقع شده و دشت های حوضه سیروان به مساحت 1677 کیلومتر مربع اکثراً در حوضه گاو رود قرار گرفته است. از نظر ارتفاع نیز طیف گسترده ای از 450 متر تا 2800 متر را شامل می گردد. میانگین سالانه بارندگی در حوضه مطالعاتی از حدود 250 میلی متر در مناطق جنوبی تا بالغ بر 1000 میلی متر در مناطق شمالی متغیر است [شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۷].



شکل ۱- موقعیت حوضه های انتخابی

انتخاب ایستگاه ها

از بین ایستگاه های رسوب سنجی واقع در منطقه، تعداد ۵ ایستگاه دارای طول دوره آماری و تعداد داده نسبتاً مناسب بوده که برای تجزیه و تحلیل در منطقه مورد مطالعه مورداستفاده قرار گرفت. ایستگاه های انتخابی عبارتند از ایستگاه گرژال رودخانه زاب کوچک، ایستگاه بیارکامیاران رودخانه رازآور، ایستگاه تونل رودخانه رمشت، ایستگاه تونل رودخانه چهل گزی و ایستگاه شیلان رودخانه شیلان. اطلاعات این ایستگاه ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی های فیزیوگرافی ایستگاه های هیدرومتری منتخب

کد ایستگاه	نام رودخانه	نام ایستگاه	مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	محیط حوضه (کیلومتر)	شیب متوسط حوضه (درصد)	شیب رودخانه اصلی (درصد)	طول رودخانه اصلی (کیلومتر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۲۱-۰۰۵	زاب کوچک	گرزال	۲۱۸۰	۳۰۷	۴۹	۱/۰۳	۱۲۳	۱۰۸۷
۲۱-۱۳۷	رازآور	بیار	۵۸	۶۱	۱۷	۰/۹۲	۲۰	۱۴۳۰
۲۱-۳۳۷	رمشت	تونل	۳۱۱	۹۶	۲۳	۱	۳۵	۱۳۹۰
۲۱-۳۳۹	چهل گزی	تونل	۲۸۰	۷۹	۳۱	۱/۴۸	۲۹/۵	۱۵۵۰
۲۱-۰۱۹	شیلان	شیلان	۲۰۰	۳۲۷	۲۵	۰/۶۷	۱۵۵	۱۳۳۰

برآورد رسوب معلق بر مبنای منحنی سنج رسوب

روش های برآورد رسوب از نظر نوع منحنی سنج رسوب و استفاده از دبی جریان به صورت زیر طبقه بندی می شوند که معادله کلی آنها به شرح رابطه (۱) است:

$$Q_s = a(Q_w)^b$$

رابطه (۱)

Q_s رسوب معلق به تن در روز، Q_w دبی جریان به مترمکعب بر ثانیه، a و b ضرایب معادله

در این تحقیق که از روش متوسط دسته ها استفاده شده است، دبی جریان با یک نمونه معین به تعدادی دسته تقسیم می شود برای دبی متوسط جریان هر دسته، متوسط دبی رسوب همان دسته نیز به دست می آید و منحنی سنج رسوب برای جفت داده ها ترسیم می شود. بخش اعظم رسوب به وسیله چند سیل بزرگ حمل می شود که بخش کوچکی از کل دوره زمانی مورد نظر را تشکیل می دهند و نمونه برداری رسوب به دلایل مختلف به طور محدود صورت می گیرد و این نمونه ها معمولاً معرف شرایط سیلابی و پرابی رودخانه ها نیستند؛ بنابراین تعداد زیاد نمونه های دبی های پایه روند منحنی سنج رسوب را دیکته می کند و منحنی مذکور معرف دوره های پرابی نخواهد بود.

پس از استخراج منحنی سنج رسوب، دبی روزانه ایستگاه ها تهیه و سری زمانی آنها تشکیل داده شد. با اعمال معادلات منحنی سنج رسوب در سری زمانی دبی های متوسط روزانه، بار معلق برای هر یک از روزهای دوره آماری به دست آمد. با جمع کردن بار معلق تمام روزهای سال، بار معلق همان سال محاسبه شد. مجموع تولید رسوب معلق سال های دوره آماری به تعداد سال ها تقسیم و متوسط تولید رسوب معلق سالانه برآورد گردید. از تقسیم رسوب سالانه بر مساحت حوضه، رسوب ویژه هر حوضه محاسبه گردید.

محاسبه رسوب با استفاده از مدل

در این مدل چهار عامل جهت تعیین ضریب فرسایش مورد استفاده قرار می گیرند که به شرح زیر می باشند:

ضریب فرسایش مشاهده ای حوزه آبخیز (Ψ)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، شیب متوسط حوضه (I)، ضریب مقاومت خاک و سنگ به فرسایش (Y).

برای تعیین ضریب مقاومت خاک و سنگ در این طرح، حساسیت واحدهای سنگ شناسی به فرسایش در کشور مورد توجه و بررسی قرار گرفت. برای این منظور، کلیه سازندها، واحدهای سنگی و نهشته های سخت نشده در ده رده مختلف شامل رده فوق العاده مقاوم (I)، بسیار مقاوم (II)، متوسط تا مقاوم (IV)، متوسط (V)، متوسط تا ضعیف (VI)، ضعیف (VII)، بسیار ضعیف (VIII)، فوق العاده ضعیف (IX) و کاملاً ضعیف، سست و منفصل (X) طبقه بندی شدند. در ادامه کلیه سازندها و نهشته های سخت شده و غیر متراکم کشور به تفکیک زون های زمین شناسی در یکی از این ده گروه جای گرفته و نقشه های مربوطه تهیه گردید. در این طبقه بندی خاک ها و نهشته های منفصل نیز در گروه های متوسط، ضعیف تا کاملاً سست و منفصل قرار می گیرند. سپس ضرایب طبقه بندی فوق بر اساس جدول زمین شناسی مدل تنظیم گردید.

ضریب شدت فرسایش (Z) از رابطه (۲) برای هر یک از زیر حوضه ها و نهایتاً کل حوضه قابل محاسبه است:

$$Z = Y \cdot Xa (\Psi + I^{0.5})$$

رابطه (۲)

در مدل مورد استفاده برای تخمین فرسایش ویژه در حوزه آبخیز از رابطه (۳) استفاده می شود:

$$Wsp = T \cdot H \cdot J \cdot Z^{1.5} \quad \text{رابطه (۳)}$$

Wsp : فرسایش ویژه برحسب مترمکعب در کیلومترمربع،

T : ضریب درجه حرارت که از رابطه (۴) به دست می آید،

$$T = ((t / 10) + 0.1)^{0.5} \quad \text{رابطه (۴)}$$

t : میانگین درجه حرارت سالانه در حوزه آبخیز برحسب درجه سانتی گراد، H : ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز برحسب میلی متر، J : عدد ثابت ۳/۱۴ است.

پس از محاسبه فرسایش ویژه با بهره گرفتن از جدول (۲) کلاس فرسایش در ۶ دسته خیلی شدید تا خیلی کم طبقه بندی می شود.

جدول ۲- طبقه بندی شدت فرسایش

مقدار متوسط Z	محدوده Z	شدت فرسایش	کلاس فرسایش
۱/۲۵	> 1	خیلی شدید	V
۰/۸۵	$1 > Z > 0/71$	شدید	IV
۰/۵۵	$0/7 > Z > 0/41$	متوسط	III
۰/۳	$0/4 > Z > 0/2$	کم	II
۰/۱	$Z < 0/19$	خیلی کم	I

برای تعیین میزان رسوبدهی حوضه، باید فرسایش ویژه را در ضریب نگهداشت رسوب (Ru) ضرب کرد. این ضریب از رابطه (۵) به دست می آید.

$$Ru = 4 * (O * D)^{0.5} / (L + 10) \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه، O محیط حوضه (km)، D تفاوت ارتفاع میانگین حوضه و ارتفاع نقطه خروجی حوضه (km) و L ، طول حوضه (km) است.

رسوبدهی ویژه از حاصل ضرب Ru با Wsp مطابق رابطه (۶) محاسبه می شود.

$$Gsp = Wsp * Ru \quad \text{رابطه (۶)}$$

Gsp ، رسوبدهی ویژه سالانه برحسب $m^3/km^2/yr$ است.

برای تعیین مقادیر رسوبدهی ویژه طبق مدل EPM از رابطه (۵) استفاده می گردد اما از آنجائی که مقادیر رسوب محاسبه شده با ضریب Ru مدل در بسیاری از حوضه های مورد بررسی در طرح سیمای حوزه های آبخیز اختلافی حدود صددرصد بدست آمد، لذا مرادی و همکاران (۱۳۹۴) تعداد ۷ رابطه تحویل رسوب مختلف را مورد ارزیابی قرار داده و رابطه رنفرو (۱۹۷۵) را برای برآورد رسوب حوضه گرگان رود از طریق مدل مناسب دانستند. در این گزارش از رابطه (۷) برای ضریب تبدیل فرسایش به رسوب استفاده شده است.

$$\text{Log SDR} = 1.8768 - 0.14191 * \text{log}(10A) \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه A مساحت حوضه برحسب مایل مربع است.

پس از بررسی ایستگاه های رسوب سنجی واقع در منطقه اجرای طرح، تعداد ۵ ایستگاه دارای داده های جریان و رسوب متناظر قابل پردازش با تعداد نمونه نسبتاً کافی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارزیابی نتایج به دست آمده از مدل و مقایسه آن با رسوب مشاهده ای از روش درصد اختلاف نسبی استفاده شد. براساس این روش مقادیر رسوب برآورد شده توسط مدل در هر یک از ایستگاه های رسوبسنجی از مقادیر رسوب مشاهده ای آن ایستگاه کم شده و بر رسوب مشاهده ای تقسیم و نتیجه به صورت درصد بیان می شود.

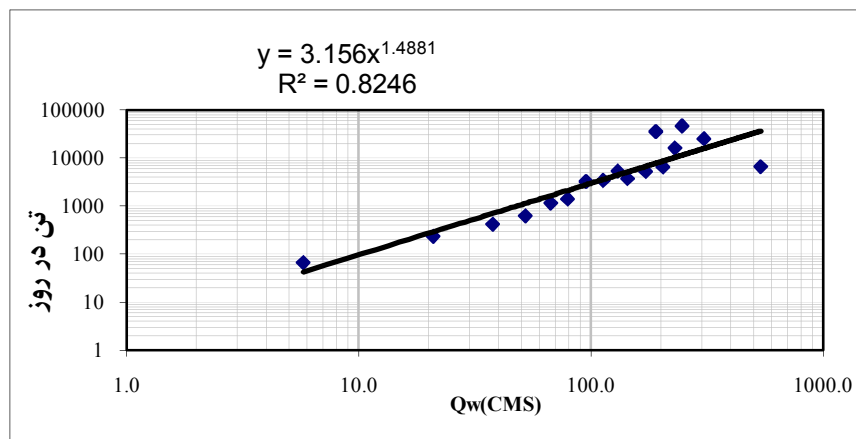
برای ارزیابی کارایی مدل از جدول ارائه شده توسط (Toy و همکاران، ۲۰۰۲) استفاده گردید. طبق این طبقه بندی براساس مقدار متوسط فرسایش و رسوب حوضه ها درصد اختلاف قابل قبول از ۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد قابل تغییر می باشد (جدول ۳).

جدول ۳- راهنمای اختلاف مجاز برای نرخهای متوسط فرسایش و رسوب (Toy و همکاران، ۲۰۰۲)

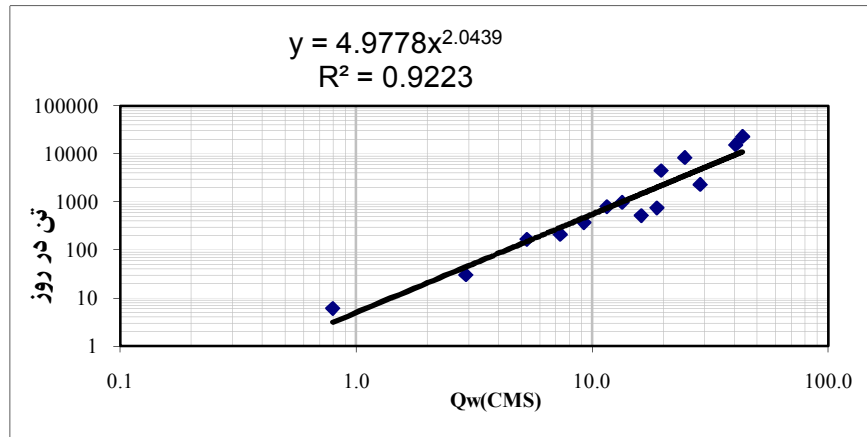
خطای قابل قبول (%)	نرخ متوسط فرسایش و رسوبدهی ($t \cdot h^{-1} \cdot y^{-1}$)	ردیف
± 25	۱۰۰-۶۰	۱
± 50	۶-۶۰	۲
± 100	<۶	۳

نتایج

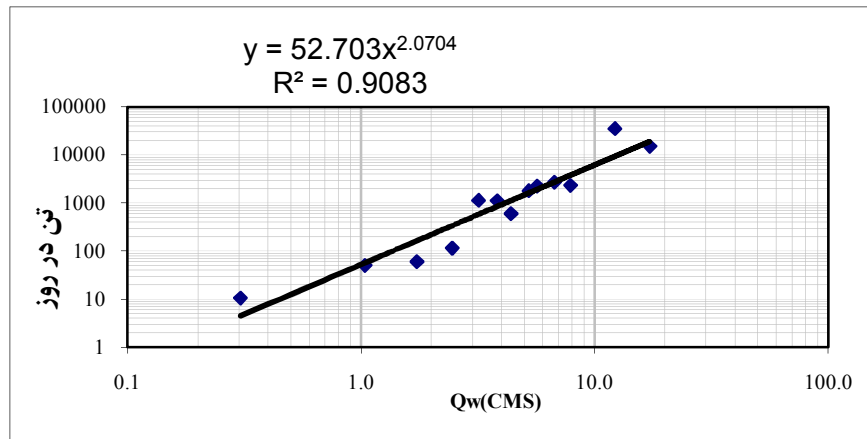
بر اساس روش متوسط دسته‌ها برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب منحنی سنجه، ترسیم و دقت منحنی سنجه‌ها متفاوت بوده، بطوریکه R^2 معادلات بین ۰/۶۷ تا بیش از ۰/۹۲ به دست آمد که بیانگر دقت مناسب روابط در ایستگاه‌ها است. بیشترین R^2 در ایستگاه تونل چهل‌گری و کمترین R^2 در ایستگاه بیار به دست آمد. ضرایب معادله رسوب در ایستگاه‌ها نیز بسیار متفاوت بود که بیانگر دامنه تغییرات بسیار بالای غلظت رسوب و در نتیجه رسوبدهی حوضه‌ها است. شکل (۲) منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها برای برخی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب نشان داده شده است. پس از استخراج منحنی سنجه رسوب، دبی روزانه ایستگاه‌ها تهیه و سری زمانی آن‌ها تشکیل داده شد. با اعمال معادلات منحنی سنجه رسوب در سری زمانی دبی‌های متوسط روزانه، بار معلق برای هر یک از روزهای دوره آماری به دست آمد. با جمع کردن بار معلق تمام روزهای سال، بار معلق همان سال محاسبه شد. مجموع تولید رسوب معلق سال‌های دوره آماری به تعداد سال‌ها تقسیم و متوسط تولید رسوب معلق سالانه برآورد گردید. از تقسیم رسوب سالانه بر مساحت حوضه، رسوب ویژه هر حوضه محاسبه گردید. ضرایب معادلات منحنی سنجه در جدول (۴) آمده است. برای احتساب بارکف با توجه به شش اندازه‌گیری مستقیم در رودخانه‌های آزاد (ایستگاه سروآباد) و رودخانه قشلاق (ایستگاه خلیفه ترخان) متوسط ۱۵ درصد بار معلق در نظر گرفته شد (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۸). بارکل رسوبی ایستگاه‌های مختلف با لحاظ کردن سهم بارکف تعیین شد.



ایستگاه گرژال - رودخانه زاب کوچک (کد ۲۱-۰۰۵)



ایستگاه تونل چهل گزی (کد ۲۱-۳۳۹)



ایستگاه شیلان رودخانه شیلان (کد ۲۱-۰۱۹)

شکل ۲- منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها برای برخی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب

جدول ۴- ضرایب معادلات منحنی سنجه رسوب با روش منحنی سنجه متوسط دسته‌ها

کد ایستگاه	نام ایستگاه	نام رودخانه	ضرایب معادله منحنی سنجه رسوب	
			a	b
۲۱-۰۰۵	گرژال	زاب کوچک	۴/۴۵۱۶	۱/۱۸۷۵
۲۱-۱۳۷	بیار	رازآور	۱۵/۹۹۲	۱/۳۵۰۲
۳۳۷-۲۱	تونل	رمشت	۸/۷۶۰۱	۱/۸۲۹۲
۲۱-۳۳۹	تونل	چهل گزی	۴/۱۷۱۶	۱/۵۷۸۹
۲۱-۰۱۹	شیلان	شیلان	۱۷/۶۹	۱/۸۴۷۵

محاسبه رسوب با استفاده از مدل

پس از محاسبه رسوب ایستگاه‌ها، ضرایب مدل در حوضه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری، محاسبه و میزان فرسایش با استفاده از مدل مذکور محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۵) آمده است. حداقل فرسایش در حوضه بالادست ایستگاه بیار با کد ۱۳۷-۲۱ با مقدار ۷/۶۷ تن در هکتار در سال و حداکثر فرسایش در حوضه بالادست ایستگاه تونل چهل گزی با کد ۲۱-۳۳۹ با مقدار ۱۲/۶۶ تن در هکتار در سال به دست آمد. با اعمال SDR، متوسط رسوب خروجی در انتهای هر حوضه نیز محاسبه شد که کمترین رسوب ویژه برای ایستگاه گرژال با کد ۲۱-۰۰۵ و به مقدار ۱/۹۷ تن در هکتار در سال و بیشترین رسوب ویژه برای ایستگاه تونل چهل گزی با کد ۲۱-۳۳۹ و به مقدار ۳/۵۴ تن در هکتار در سال به دست آمد.

جدول ۵- مقادیر فرسایش و رسوب حاصل از مدل

کد ایستگاه	مساحت (ha)	مقدار فرسایش (ton/ha. yr)	SDR (%)	رسوب ویژه به روش EPM (ton/ha. yr)
۲۱-۰۰۵	۲۱۸۰۰۰	۹/۴۳	۲۰/۸۸	۱/۹۷
۲۱-۱۳۷	۵۸۰۰	۷/۶۷	۳۴/۹۴	۲/۶۸
۳۳۷-۲۱	۳۱۱۰۰	۷/۹۸	۲۷/۵۳	۲/۲
۲۱-۳۳۹	۲۸۰۰۰	۱۲/۶۶	۲۷/۹۴	۳/۵۴
۲۱-۰۱۹	۲۰۰۰۰	۱۰/۴۲	۲۹/۳۱	۳/۰۵

مقایسه نتایج مدل با منحنی سنج رسوب

رسوب ویژه در ایستگاه‌های مورد بررسی با استفاده از منحنی سنج رسوب و با مدل برآورد شده و اختلاف دو روش در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۴/۲۲ تا ۲۰۴/۹۷ درصد متفاوت است. آنچه حائز اهمیت است آن است که در کلیه حوضه‌های آبخیز مقدار برآورد شده از طریق مدل بیشتر از روش منحنی سنج رسوب ایستگاه‌های مربوطه است. درصد اختلاف بین رسوب برآورد شده با مدل و روش منحنی سنج رسوب در چهار ایستگاه بین ۲۸/۱۵ و ۷۱/۸۰ درصد است که تا حدی بیانگر مناسب بودن نسبی مدل در ایستگاه‌های مربوطه است. مقایسه آماری رسوب برآوردی مدل و مشاهده‌ای به روش تی استیودنت در ایستگاه‌های هیدرومتری این چهار حوضه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین برآورد مدل و آمار ایستگاه رسوب سنجی می‌باشد و همانطور که در جدول (۶) ملاحظه می‌شود، در یک ایستگاه دیگر اختلاف رسوب محاسبه شده با مدل و رسوب مشاهده‌ای بیش از ۲۰۰ درصد است. به‌رحال تجزیه آماری مقادیر رسوب مشاهده‌ای و رسوب برآورد شده از طریق مدل با روش مقایسه میانگین‌ها (تی تست) نشان داد که بین رسوب برآوردی و رسوب مشاهده‌ای در چهار حوضه آبخیز تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد. نمودار مقایسه رسوب ویژه برآوردی از مدل و رسوب اندازه‌گیری شده (مشاهده‌ای) در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، رسوب برآوردی از مدل در همه ایستگاه‌ها بیشتر از رسوب مشاهده‌ای است.

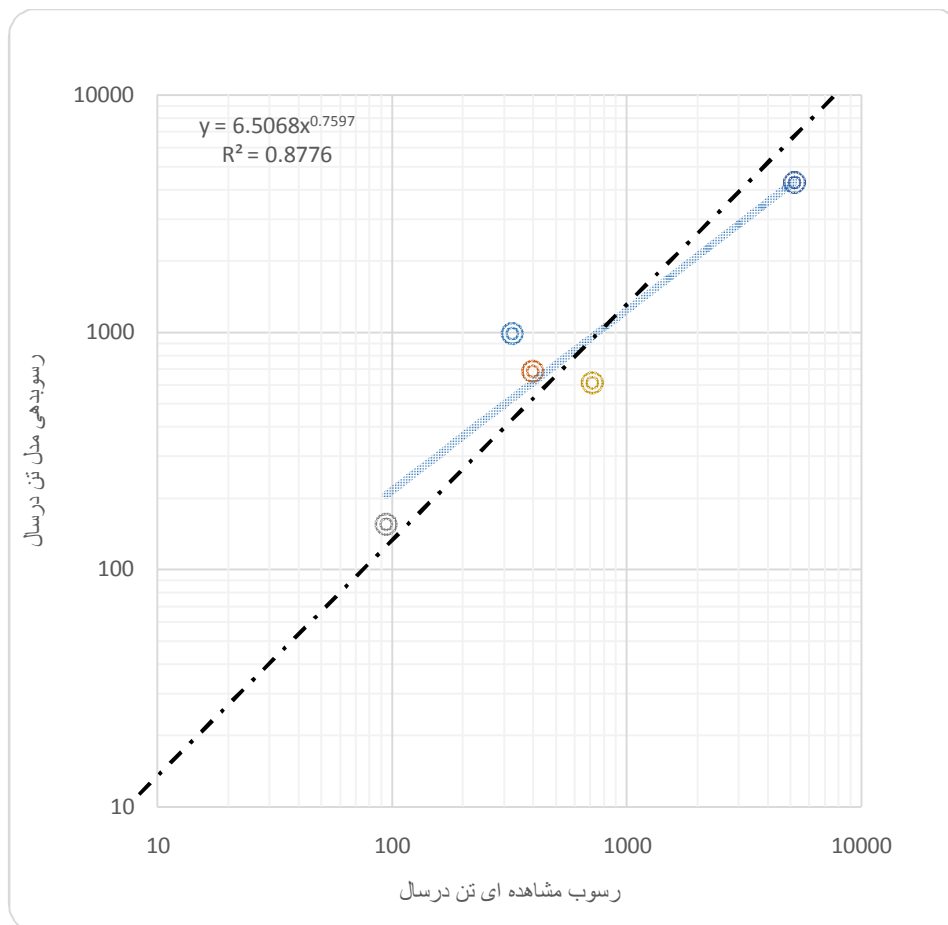
جدول ۶- مقایسه روش منجی سنج رسوب با روش مدل تجربی

کد ایستگاه	مساحت (ha)	رسوب ویژه به روش EPM (Ton/ha. Yr)	رسوب کل به روش منحنی سنج رسوب (ton/ha. Yr)	اختلاف رسوب ویژه کل اندازه‌گیری شده و روش EPM (Ton/ha. Yr)	درصد خطای نسبی بین مدل و ایستگاه	نسبت رسوب ایستگاه به برآورد مدل	کارایی مدل براساس خطای قابل قبول
۲۱-۰۰۵	۲۱۸۰۰۰	۱/۹۷	۳۸/۲	۰/۴۱	-۱۷/۲۳	۰/۳۳	مجاز
۲۱-۱۳۷	۵۸۰۰	۲/۶۸	۱/۶۳	-۱/۰۴	۶۴/۴۳	۰/۶۱	مجاز
۳۳۷-۲۱	۳۱۱۰۰	۲/۲	۱/۲۸	-۰/۹۲	۷۱/۶۴	۰/۵۸	مجاز
۲۱-۳۳۹	۲۸۰۰۰	۳/۵۴	۱/۱۶	-۲/۳۷	۲۰۴/۹۷	۰/۳۳	غیرمجاز
۲۱-۰۱۹	۲۰۰۰۰	۳/۰۵	۳/۵۶	۰/۵۱	-۱۴/۲۲	۱/۱۷	مجاز

با توجه به اختلاف برآورد بین مدل و ایستگاه رسوب سنجی در حوضه محل تحقیق، نسبت رسوب مشاهده‌ای به رسوب برآوردی، نشان می‌دهد که مدل رسوب را در ۲ ایستگاه کمتر از مقدار مشاهده‌ای و در ۳ ایستگاه بیشتر برآورد کرده است. به‌عبارت‌دیگر برای تحقیق برآورد رسوب مدل در هر حوضه می‌توان از ضریب هر ایستگاه استفاده کرد. با توجه به راهنمای خطای مجاز برای فرسایش و رسوب که توسط (Toy و همکاران، ۲۰۰۲) ارائه شده، در ۴ ایستگاه مورد بررسی، خطای نسبی بین مدل و مشاهده‌ای کمتر از ۱۰۰ درصد بوده و کارایی مدل در حوضه‌های مورد بررسی قابل قبول است.

در سه حوضه آبخیز مقدار برآورد شده از طریق مدل بیشتر از روش منحنی سنج رسوب ایستگاه‌های مربوطه است. این نتایج با نتایج تحقیقات (خالدیان، ۱۳۷۴) و (بیات، ۱۳۷۸) همخوانی دارد و نشان داده که مدل EPM مقدار رسوب بیشتری را نسبت به مشاهده‌ای

نشان داده است. مقایسه آماری رسوب برآوردی مدل و مشاهده‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی نشان داد که در ایستگاه تونل چهل‌گری اختلاف رسوب محاسبه شده با مدل و رسوب مشاهده‌ای بیشتر از حد مجاز است، اما بین رسوب برآوردی و رسوب مشاهده‌ای در چهار حوضه آبخیز دیگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود ندارد. نتایج نشان داد از بین پنج ایستگاه مورد بررسی در چهار ایستگاه بین رسوب برآوردی و رسوب مشاهده‌ای از نظر خطای نسبی تفاوت وجود ندارد. میانگین خطای نسبی رسوب در حوضه‌های مذکور ۶۲ درصد و ضریب تبدیل مدل به ایستگاه ۰/۷۸ به دست آمد. میانگین رسوب مدل ۲/۷ و میانگین رسوب ایستگاه ۲ تن درهکتار در سال بدست آمد.



شکل ۳- مقایسه رسوب برآوردی از مدل با مقدار رسوب مشاهده‌ای (منحنی سنج رسوب)

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان بخاطر تامین منابع مالی و امکانات لازم، مشاوره‌های علمی و حمایت‌های معنوی قدردانی می‌شود.

منابع

بیات رضا، ۱۳۷۸، بررسی کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز طالقان به کمک GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،
پارسایی، قدوسی، عیسایی، اعتراف، خواجه، فیض‌نیا، ۱۳۸۳، مقایسه رسوب برآوردی مدل EPM با مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری پل چشمه، گرمابدشت و قوری چای رامیان حوزه‌های آبخیز پل چشمه، گرمابدشت و قوری چای رامیان در استان گلستان.

خالدیان، حسین، فیض نیا، س، ۱۳۷۳، بررسی فرسایش و رسوب حوزه چهل گزی قشلاق کردستان با استفاده از روش سزیوم ۱۳۷، آمار رسوب و مدل EPM. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

شرکت مهندسی مشاور جاماب. ۱۳۷۷. طرح جامع آب کشور حوزه آبریز مرزی غرب، تهران، ایران.

محمدیان شوئیلی، م، ح، سرور، ج، ۱۳۸۶، روش های برآورد فرسایش و رسوب بر اساس مدل های رایج تجربی (PSIAC, MPSIAC, EPM) در حوزه آبخیز گوهر رود، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه های آبخیز.

مرادی، شیرین، گرجی، م، جعفری اردکانی، ع، ۱۳۹۳، بررسی کارایی مدل ای پی ام در برآورد رسوب در حوزه آبخیز گرگانرود استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک. دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران.

نعمتی، ناصر، ۱۳۷۱، برآورد رسوب حوزه آبخیز رودخانه شاهرود حوزه سد سفیدرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

هاشمی، ع، ۱۳۸۰، بررسی و مقایسه دو مدل برآورد فرسایش و رسوب در البرز مرکزی (محدوده استان سمنان)، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی فرسایش خاک و توسعه پایدار.

Bazzoffi, P. 1985. Methods for net erosion measurement in watersheds as a tool for the validation of models in central Italy, Workshop on soil erosion and hillslope hydrology with emphasis on higher magnitude events, Leuven.

Emmanouloudis, D. A., O. P., Christou and E., Filippidis. 2003. Quantitative estimation of degradation in the Aliakmon river basin using GIS. In; De Boer, D. Froehlich, W. Mizuyama, T. Pietroniro, A. (Eds.), Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication, 279: 234-240.

Globevinc, L., D., Holjevic, G., Petkovesk and J., Rubinic. 2003. Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. In: De Boer, D., Froehlich, W., Mizuyama, T., Pietroniro, A. (Eds.), Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication, 279: 224-233.

Toy, T. J., G. R. Foster and K. G. Renard. 2002. Soil Erosion, Processes, Prediction, Measurement and Control, John Wiley & Sons. New York. 338 p.