نقشه ملی فرسایش خاک در حوضه‌های دارای ایستگاه رسوب‌سنجی

داود نیک‌کامی*[۱]، صمد شادفر[۲]

۱*- استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، *nikkami@msn.com*

۲- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، *samad.shadfar@gmail.com*

چکیده

محاسبه و ترسیم نقشه فرسایش و رسوب‌دهی، اطلاعات مهمی را ارائه می‌دهد که در طراحی سدها، مخازن، کانال‌ها، عملیات حفاظت خاک، ارزیابی خسارات محلی و غیر محلی فرسایش و پروژه‌های آمایش سرزمین و ارزیابی قابلیت اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقشه میزان فرسایش یکی از نقشه‌های پایه، علمی و کاربردی در بخش‌های مختلف اجرایی، تحقیقاتی و آموزشی می‌باشد. با توجه به ضرورت تعیین مقدار فرسایش و رسوب برای کل کشور و تعیین اولویت‌های اجرایی در مناطق با پتانسیل زیاد فرسایش، این پروژه توسط پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری تعریف و به انجام رسید. براین اساس، تفکیک حوزه‌های آبخیز رده هفت به هفت منطقه یا ناحیه صورت گرفت. آمار بلندمدت رسوب سنجی ۱۱۸ ایستگاه در این مناطق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با روش حد وسط دسته‌ها مقدار رسوب هر ایستگاه تعیین شد. با توجه به میزان بار بستر رودخانه‌ها، با استفاده از مدل EPM میزان رسوب‌دهی و با در نظر گرفتن ضریب انتقال رسوب حوضه‌ها میزان فرسایش خاک تعیین و نقشه فرسایش خاک کشور برای حوزه‌های آبخیز مشرف به ایستگاه‌های هیدرومتری ارائه شد. نتایج نشان داد که میانگین رسوب‌دهی و میزان متوسط وزنی فرسایش خاک در حوضه‌های مشرف بر ایستگاه‌های دارای آمار رسوب در کشور، به‌ترتیب ۳/۳ و ۱۶ تن در هکتار در سال است. کمترین و بیشترین میزان فرسایش خاک به ترتیب با مقادیر ۹ و ۳۲/۴ تن در هکتار در سال متعلق به مناطق زاگرس میانی و زاگرس جنوبی است.

واژه‌های کلیدی

حوضه رده هفت، رسوب‌دهی، سیمای حوزه‌های آبخیز، فرسایش خاک، نقشه فرسایش خاک کشور

مقدمه

خاک به عنوان یکی از اجزای هر بوم‌سازه و منبع مهم تولید غذا، نقش بسیار جدی در ادامه حیات بشر دارد. لذا، ضرورت حمایت و حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش آن، امری مبرهن و اقدامی الزامی است. فرسایش خاک و رسوب منتقل شده به آبراهه‌ها از مهمترین مشکلات و نگرانی‌های محیطی در توسعه پایدار هستند (Alatorre و همکاران، ۲۰۱۰). فرسایش خاک فرآیندی است که طی آن خاک به وسیله آب یا باد از بستر اولیه خود جدا می‌شود (Kirkby و Morgan، ۱۹۸۰) آب یکی از عوامل اصلی فرسایش است که فرآیند ایجاد فرسایش توسط آن، شامل از هم گسیختگی، جابه‌جایی و جای‌گذاری ذرات منفرد (رسوب) است که این فرآیند توسط ضربه قطره باران و جریان آب اتفاق می‌افتد (Foster و Meyer، ۱۹۷۷؛ Julien، ۲۰۰۲؛ Wischmeier و Smith، ۱۹۷۸). فرسایش از مشکلات عمده در مدیریت منابع طبیعی و عرصه‌های کشاورزی است که سبب کاهش باروری خاک، آلوده شدن آبراهه‌ها و پر کردن مخازن می‌شود (Fangmeier و همکاران، ۲۰۰۶). فعالیت‌های انسانی مانند ساختن جاده‌ها، بزرگراه‌ها، سدها، استخراج معادن و توسعه شهرسازی به فرآیند فرسایش خاک، انتقال و رسوب سرعت می‌دهد (Julien، ۲۰۱۰).

محققین مختلف از چندین دهه گذشته تا کنون در مورد مقدار فرسایش و رسوب کشور ارقام متفاوت و در برخی از پژوهش‌ها تا چند برابر اختلاف را ذکر کرده‌اند. این ارقام از کمتر از یک تا بیش از پنج میلیارد تن در سال با هم تفاوت دارند (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹). ارقام یاد شده مبتنی بر تخمین‌های کارشناسی و یا اندازه‌گیری‌های مستقیم یا غیر مستقیم بوده است. روش‌های مختلفی برای برآورد مستقیم مقدار فرسایش وجود دارد که هریک در نوع خود دارای محاسن و محدودیت‌هایی هستند که در نهایت نمی‌توان از آنها

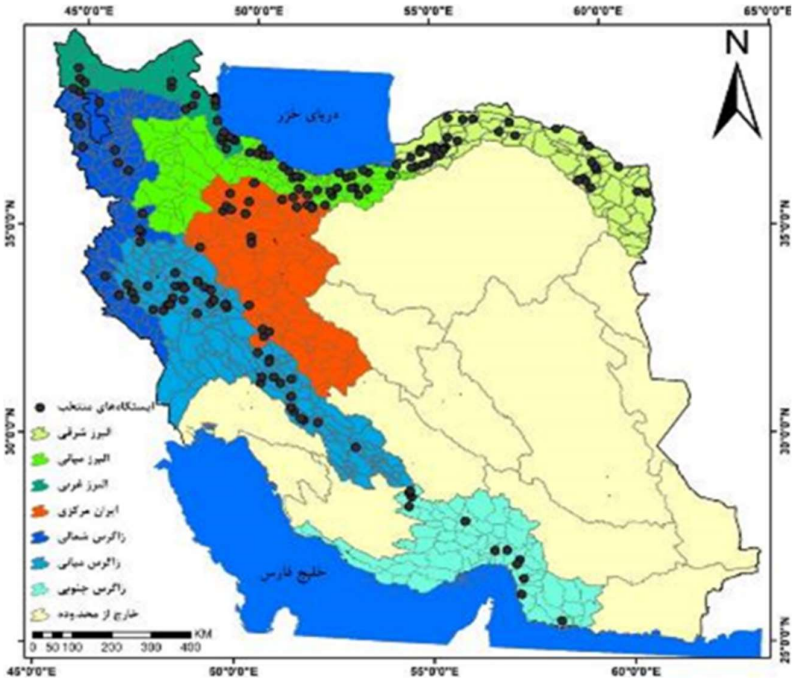
برای مناطق وسیع جغرافیایی استفاده کرد. بنابراین، در شرایط فعلی تنها راه عملی برای دستیابی به مقادیر یکپارچه و نزدیک به واقعیت از وضعیت فرسایش و تولید رسوب در کل کشور، استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب می‌باشد. مدل‌های تجربی عوامل متعددی را در فرسایش خاک مد نظر قرار داده و با اندازه‌گیری آنها تلفات خاک عرصه را برآورد مرتبط می‌کنند. در کشور ما بدلیل عدم وجود و یا ناکافی بودن اطلاعات پایه مورد نیاز مدل‌های فرآیندی، مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و تولید رسوب بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نقش فرسایش و تولید رسوب در کاهش حاصلخیزی و هدر رفت خاک، پر شدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، گل‌آلوده کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آب و آلودگی آب‌های مناطق پایین دست از دیرباز شناسایی و مورد توجه متخصصین و کارشناسان علوم زمین بوده است. برای جلوگیری و یا کاهش اثرات یاد شده، نیاز به برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات حفاظت خاک و کنترل رسوب در چارچوب طرح‌های آبخیزداری می‌باشد.

با بررسی آمار رسوب معلق ۲۰۹ ایستگاه رسوب سنجی در سرتاسر کشور، عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۲) استفاده از روش حد وسط دسته‌ها را در بررسی رسوب معلق با منحنی‌های سنجه رسوب معرفی نمودند. در طرح سیمای حوزه‌های آبخیز کشور، برای تعیین مقدار فرسایش از مدل EPM استفاده شد (سیمای حوزه‌های آبخیز، ۱۳۸۶). بر اساس نتایج این مدل که در تمام حوزه‌های آبخیز کشور به‌صورت مدیریت یکپارچه انجام گرفت، مقدار فرسایش ویژه ۶/۹ تن در هکتار در سال و برای کل کشور معادل ۱/۱۳ میلیارد تن تعیین شد. عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش حد وسط دسته‌ها، رسوب ویژه هر ایستگاه را محاسبه و به وسیله روش میانه، رسوب ویژه متوسط کشور را ۳۵۰ میلیون تن در سال اعلان کرده‌اند. متاسفانه اندازه‌گیری علمی قابل استنادی در خصوص میزان فرسایش خاک کشور وجود ندارد. به‌دلیل کمبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری مستقیم مقدار فرسایش و رسوب در سطح کشور، استفاده از مدل‌های مختلف برای تخمین آنها اجتناب ناپذیر شده است. از طرفی، واسنجی مدل‌های برآورد کمی فرسایش و رسوب در سطح ملی صورت نگرفته است. اعداد و ارقامی متفاوتی هم که در منابع مختلف ملاحظه می‌شوند، بر اساس اندازه گیری و یا برآورد بر پایه مدل‌های واسنجی شده استوار نبوده‌اند. Nikkami و همکاران (۲۰۰۹) بر اساس یافته‌های عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۸) که حدود یک چهارم سطح کشور را پوشش می‌دهد و محاسبه رسوب ویژه بر اساس میانگین وزنی و با تعمیم نتایج به سطح ۱۲۵ میلیون هکتار حوزه‌های آبخیز کشور، رسوب معلق ویژه ۲ تن در هکتار در سال و با اضافه کردن متوسط ۱۷/۵ در صد بار کف به بار معلق (۱۸٪ توسط Matthews، ۱۹۹۹) و فرض ۲۰ درصد ضریب تحویل رسوب (۱۷/۱ تا ۲۱/۶ توسط Ouyang و Bartholic، ۱۹۹۷)، مقدار فرسایش ویژه سالانه کشور ۱۶/۴۵ تن در هکتار و مقدار کل فرسایش سالانه کشور در سطح ۱۲۵ میلیون هکتار حوزه‌های آبخیز بالغ بر ۲ میلیارد تن برآورد می شود. عرب‌خدری و همکاران (۱۳۹۵) از نتایج قبلی استفاده کرده و متوسط فرسایش خاک حاصل از اجرای طرح EPM در طرح سیمای حوزه‌های آبخیز (۱۳۸۶) را مورد ارزیابی قرار دادند. ولی در این طرح، نقشه فرسایش خاک تهیه نشد.

از نقشه‌های فرسایش و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز کشور که تهیه آنها از اهداف اساسی این تحقیق در سطح ملی است، به‌عنوان نقشه‌های پایه و لایه‌های مورد نیاز در برنامه‌ریزی‌های کلان است. متاسفانه تا کنون نقشه فرسایش خاک و رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز کشور در سطح ملی برای حوزه‌های رده ۷ تهیه نشده است. تهیه این نقشه‌ها، اطلاعات مهمی را بدست می‌دهد که در بخش‌های اجرایی، تحقیقاتی و آموزشی موثر بوده و در طرح‌ها به عنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این نقشه‌ها امکان برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و خاک و پوشش گیاهی در سطح ملی و استانی برای مدیران کشور فراهم می شود و نقشه حاصل از نتایج این پروژه می‌تواند در خدمت برنامه‌ریزی کلان و نیز کاربرد در پروژه‌های مختلف قرار گیرد. در ضمن، این امکان برای برنامه‌ریزان و دستگاه‌های متولی فراهم می‌شود تا برای پیش‌گیری و کاهش خسارات، برنامه‌ریزی بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت مناسب و مبتنی بر واقعیات تدوین شود.

مواد و روش‌ها

در ابتدا، تفکیک حوزه‌های آبخیز رده هفت به هفت منطقه یا ناحیه شامل ۱) البرز شرقی ۲) البرز میانی ۳) البرز غربی ۴) ایران مرکزی ۵) زاگرس شمالی ۶) زاگرس میانی و ۷) زاگرس جنوبی صورت گرفت (شکل ۱).



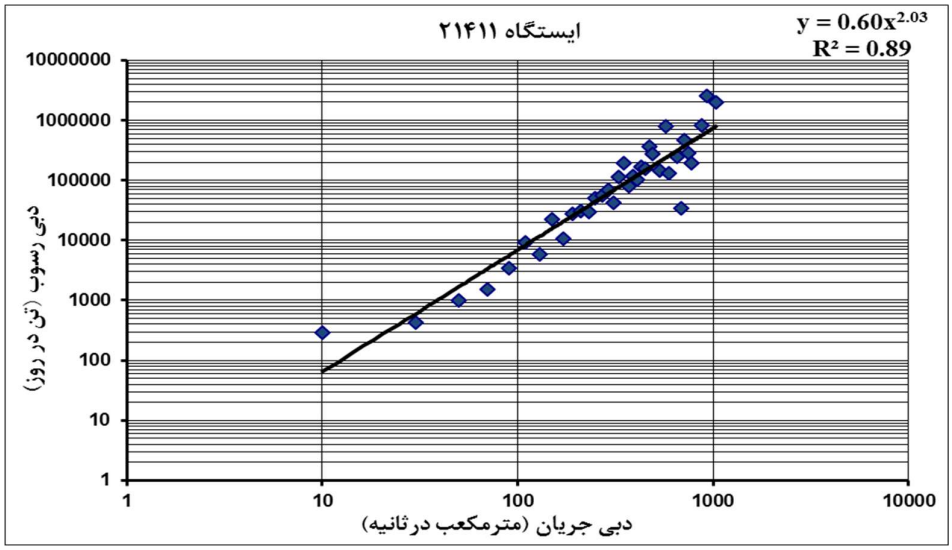
شکل ۱- تقسیم‌بندی حوزه‌های رده هفت کشور به هفت منطقه

با توجه به معیارهایی که عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۸) در طرح تحقیقاتی با "عنوان برآورد رسوب‌دهی و تهیه نقشه تولید رسوب برای ایران" ارائه نمودند و بر اساس این معیارها طرح ملی دیگری با عنوان "بررسی کارآیی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوب‌دهی" توسط جعفری اردکانی و همکاران (۱۳۹۵) در سطح کشور به انجام رسید، طرح حاضر نیز با این معیارها به انجام رسیده است. اهم این معیارها عبارتند از وجود آمار رسوب و جریان نسبتا کامل (حدود ۷۰ الی ۲۰۰ داده رسوب و جریان)، ا پراکنش جغرافیایی منا سب ایستگاه‌ها، قرار گرفتن عمده مساحت حو ضه مربوط به ایستگاه در داخل کشور، قرار نگرفتن در پایین دست سدها بدلیل اثر سدهای مخزنی در آمار رسوب و نهایتا حوزه‌های آبخیز مستقل باشند.

در سطح کل منطقه مورد مطالعه، تعداد ۲۰۶ ایستگاه ر سوب سنجی وجود دارد که با توجه به معیارهای فوق، در این پژوهش، از تعداد ۱۱۸ ایستگاه رسوب‌سنجی استفاده شده است. آمار بلندمدت این ایستگاه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با روش حد وسط دسته‌ها مقدار رسوب هر ایستگاه تعیین شد. نهایتا، برای رسم نقشه فرسایش خاک به کمک داده‌های رسوب ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مدل EPM مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه خروجی مدل با رسوب مشاهده‌ای ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، ضرایب اصلاحی مدل را ارائه می‌کند (جعفری اردکانی و همکاران، ۱۳۹۵) که در جدول ۱ ملاحظه می شود. در این جدول، م شخ صات ۱۱۸ ایستگاه ر سوب سنجی مناطق هفت‌گانه نیز نشان داده شده است.

نتایج و بحث

بر اساس روش حد وسط دسته‌ها برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب، منحنی سنجه ترسیم شد. شکل ۲، منحنی سنجه رسوب ایستگاه رسوب‌سنجی ۲۱۴۱۱ را به عنوان نمونه نشان می‌دهد.



شکل ۲- منحنی سنجه رسوب در ایستگاه ۲۱۴۱۱

برای به‌دست آوردن بار کل رسوبی از نتایج اندازه‌گیری رسوب بار کف رودخانه‌های کشور در سال آبی ۸۷-۸۶ که IWRMC (۲۰۰۹) منتشر کرده، استفاده شد. بر اساس این گزارش، هیچ اندازه‌گیری بار کف در رودخانه‌های استان مازندران انجام نشده است. بنابراین از اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در رودخانه‌های استان گیلان برای این منظور استفاده شد. رودخانه‌های پل‌رود ایستگاه درازلات با هفت اندازه‌گیری، ناورود ایستگاه خرجگیل با ۱۲ اندازه‌گیری، گرگان‌رود ایستگاه ماشین‌خانه با ۱۵ اندازه‌گیری و مرغک ایستگاه امامزاده شفیع با سه اندازه‌گیری جمعا با ۳۷ اندازه‌گیری، میانگین بار کف برابر با ۲۰ درصد به‌دست آمد. برای رودخانه‌های حوضه ارس با توجه به ۱۰ اندازه‌گیری انجام شده مقدار ۳۰ در صد به عنوان بار کف در نظر گرفته شد. با اندازه‌گیری جمعا ۳۷ مورد، میانگین در صد بار کف برای منطقه ایران مرکزی برابر با ۱۵ در صد به‌د ست آمد. در صد بارکف برای رودخانه‌های حوضه سیروان ۱۵ درصد و برای رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه ۲۰ درصد بار معلق در نظر گرفته شد. مقدار بارکف برای رودخانه‌های استان چهارمحال و بختیاری، لرستان و کهکیلویه و بویراحمد به ترتیب ۶، ۵ و صفر درصد بار معلق به دست آمد. در زاگرس جنوبی، اندازه‌گیری بار بستر انجام نشده و لذا از منحنی ارائه شده توسط بهادری خسروشاهی (۱۳۹۱) مقدار۲۰ در صد بار معلق به عنوان بار بستر در نظر گرفته شد. در استان ایلام اندازه‌گیری بار بستر انجام نشده است و از منحنی ارائه شده توسط بهادری خسروشاهی (۱۳۹۱)، ۱۰ درصد بار معلق در نظر گرفته شد. از آنجائی که مقادیر رسوب محاسبه شده با ضریب تحویل رسوب در مدل EPM، در بسیاری از حوضه‌های مورد بررسی صددرصد و بیش ازصددرصد به‌دست می‌آمد، مرادی و همکاران (۱۳۹۳) هفت رابطه تحویل رسوب مختلف را مورد ارزیابی قرارداده و رابطه Renfro که در سال ۱۹۷۵ ارائه شده بود را برای برآورد رسوب حوضه از طریق مدل مناسب دانستند. در این مقاله از رابطه (۱) استفاده شده است که در آن، A مساحت حوضه برحسب مایل مربع است.

$$Log\ SDR = 1.8768 - 0.14191 * log\ (10A) \quad (۱)$$

جدول ۱، مقادیر رسوب مشاهده‌ای، رسوب مدل EPM، فرسایش ویژه مشاهده‌ای، فرسایش ویژه مدل و خطای نسبی مدل را نشان می‌دهد. همان گونه که در مواد و روش‌ها گفته شد، برای رسم نقشه فرسایش خاک به کمک داده‌های رسوب ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مدل EPM مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از نتایج این مدل، درصد خطای مدل چه به‌صورت کم‌برآورد و چه به‌صورت بیش‌برآورد، به‌عنوان ضریب اصلاحی تعیین و در نتایج حاصل از مدل لحاظ شد و نهایتا نقشه فرسایش حوزه‌های آبخیز مشرف به این ایستگاه‌ها تهیه شد. پس از محاسبه میانگین فرسایش وزنی در هفت منطقه که دارای آمار رسوب قابل قبولی بودند، میانگین وزنی فرسایش کشور محاسبه شد (جدول ۲). بر این اساس، میانگین وزنی فرسایش کشور ۱۶ تن در هکتار در سال محاسبه شد. شکل‌های ۳ و ۴، نمونه‌ای از نقشه‌های فرسایش و رسوبدهی را در منطقه البرز شرقی نشان می‌دهند.

جدول ۱- نتایج برآورد فرسایش و رسوب در مناطق هفت‌گانه کشور

منطقه	کد	ایستگاه	رودخانه	مساحت (ha)	تحویل رسوب (٪)	رسوب مشاهده	رسوب EPM	فرسایش ویژه	رسوب حوضه (t.yr^{-1})
						(t.ha^{-1}.yr^{-1})			
البرز شرقی	۱۱۰۴۵	قازانقایه	اترک	۱۶۶۶۴۳۶,۹	۰,۳	۳,۴	۲,۴	۱۱,۲	۵۵۸۲۵۶۴,۰
	۶۵۰۰۱	باغ عباس	فریمان	۲۷۸۶۷,۴	۰,۳	۲,۴	۳,۶	۸,۶	۶۷۱۶۰,۴
	۶۴۰۱۹	سرآسیاب	زشک	۲۰۲۱۸,۱	۰,۳	۴,۷	۶,۱	۱۶,۳	۹۵۶۳۱,۶
	۶۴۰۲۳	حصار	دهبار	۱۱۶۰۲,۲	۰,۳	۳,۶	۵,۶	۱۱,۲	۴۱۶۵۱,۹
	۶۴۰۲۹	کرتیان	طرق	۱۳۷۷۲,۹	۰,۳	۶,۰	۴,۰	۱۹,۴	۸۲۷۷۵,۱
	۶۴۰۴۹	کارده	کارده	۴۴۹۷۵,۸	۰,۳	۵,۴	۳,۲	۲۰,۸	۲۴۳۳۱۹,۱
	۶۵۰۰۱	چهچهه	چهچهه	۸۴۸۰۰,۱	۰,۳	۶,۸	۳,۱	۲۸,۴	۵۷۸۳۳۶,۷
	۶۶۰۰۱	دیوار	لاین سو	۲۶۷۲۵,۵	۰,۳	۵,۹	۵,۸	۲۰,۲	۱۵۶۸۷۸,۷
	۶۷۰۰۱	حاتم قلعه	قوزقان چای	۱۲۳۸۱۰,۷	۰,۳	۴,۲	۴,۳	۱۸,۱	۵۱۶۲۹۰,۶
	۶۸۰۰۵	محمد تقی	درونگر	۹۶۲۱۰,۵	۰,۳	۲,۰	۲,۹	۸,۴	۱۹۴۳۴۵,۲
	۱۲۰۰۱	تنگراه	دوغ	۱۶۵۱۰۶,۳	۰,۳	۰,۵	۴,۵	۲,۲	۸۰۹۰۲,۱
	۱۲۰۰۵	تمر	گرگانرود	۱۵۱۸۳۳,۸	۰,۳	۲,۹	۱۰,۰	۱۳,۰	۴۳۴۲۴۴,۷
	۱۲۰۰۷	گالیکش	اوغان	۴۳۳۳۱,۳	۰,۳	۳,۸	۸,۹	۱۴,۵	۱۶۳۳۵۹,۰
	۱۲۰۱۳	لزوره	چهل چای	۲۶۶۹۹,۲	۰,۳	۳,۲	۹,۷	۱۱,۳	۸۴۶۳۶,۵
	۱۲۰۱۵	پس پشته	زمان‌خان	۱۶۰۷۸,۵	۰,۳	۲,۸	۱۰,۴	۹,۳	۴۴۸۵۹,۰
	۱۲۰۱۷	نوده	خرمالو	۸۴۶۷۸,۰	۰,۳	۱,۱	۵,۹	۴,۵	۹۲۲۹۹,۰
	۱۲۰۲۱	رامیان	قره‌چای	۳۲۹۴۸,۴	۰,۳	۹,۱	۷,۰	۳۲,۵	۲۹۹۵۰۱,۰
	۱۲۰۴۳	ناهار خوران	زیارت	۱۲۲۵۵,۰	۰,۳	۳,۴	۵,۸	۱۰,۷	۴۱۹۱۲,۱
	۱۲۰۷۱	زرینگل	زرینگل	۳۴۵۵۶,۰	۰,۳	۲,۲	۳,۸	۸,۲	۷۶۳۶۸,۸
	۱۲۰۸۳	سرمو	محمدآباد	۳۹۸۷۸,۲	۰,۳	۱,۴	۲,۹	۵,۲	۵۳۸۳۵,۶
	۱۲۰۸۵	پل اردوگاه	گرمابدشت	۲۱۰۴۰,۳	۰,۳	۴,۴	۴,۸	۱۴,۶	۹۲۳۶۶,۹
البرز غربی	۱۹۰۳۱	موسی قلی	غازان چای	۵۸۶۵۲,۴	۰,۳	۹,۶	۳,۰	۳۸,۵	۵۶۴۸۲۲,۶
	۱۹۰۵۱	نیر	نیر چای	۱۷۲۷۱,۵	۰,۳	۱,۰	۲,۱	۳,۳	۱۷۲۷۱,۵
	۱۹۰۶۷	تازه کند	قره سو	۳۰۹۱۱۸,۵	۰,۳	۲,۵	۱,۸	۱۱,۸	۷۶۶۶۱۳,۹
	۱۹۰۸۳	قورول علیا	آغ چای	۱۲۹۱۴۲,۱	۰,۳	۳,۸	۳,۵	۱۷,۵	۴۹۵۹۰۵,۷
	۱۸۰۲۱	پونل	شفارود	۳۵۲۷۰,۲	۰,۳	۳,۷	۱۰,۴	۱۳,۹	۱۳۱۹۱۰,۵
	۱۸۰۲۹	ماشینخانه	کرگانرود	۵۳۰۶۸,۱	۰,۳	۴,۶	۲,۹	۱۷,۸	۲۴۵۷۰۵,۳
	۱۸۰۴۴	قربانعلی	لمیر	۵۱۴۸,۹	۰,۳	۱,۶	۴,۰	۴,۴	۸۰۸۳,۸
	۱۸۰۴۷	باش محله	لوندویل	۳۵۲۹,۵	۰,۳	۲,۰	۷,۴	۵,۵	۷۱۲۹,۶
	۱۸۰۶۱	پیرسرا	گشرودخان	۷۶۶۷,۲	۰,۳	۱,۱	۵,۴	۳,۱	۸۰۵۰,۶
	۱۸۰۶۵	طاسکو	خالکائی	۲۲۲۸۱,۵	۰,۳	۱,۲	۱۴,۷	۴,۰	۲۵۶۲۳,۷
	۱۸۰۶۷	امامزاده	مرغک	۲۴۰۱۴,۵	۰,۳	۱,۸	۶,۶	۶,۱	۴۲۵۰۵,۷
	۱۸۰۷۳	جعفر محله	حویق	۱۲۶۰۵,۱	۰,۳	۳,۲	۳,۶	۱۰,۵	۴۰۸۴۰,۵
	۱۸۰۷۵	حیاطی	چلوند	۶۳۲۴,۳	۰,۳	۱,۷	۴,۹	۴,۹	۱۰۷۵۱,۳
	۱۸۰۸۱	نوخاله	پسیخان	۷۹۵۱۳,۱	۰,۳	۳,۱	۵,۳	۱۲,۹	۲۴۶۴۹۰,۶

منطقه	کد	ایستگاه	رودخانه	مساحت (ha)	تحویل رسوب (٪)	رسوب مشاهده	رسوب EPM	فرسایش ویژه	رسوب حوضه
						(t.ha^{-1}.yr^{-1})			(t.yr^{-1})
	۱۸۰۸۷	چومثقال	وه رودخان	۳۱۴۹۷,۴	۰,۳	۱,۴	۱۰,۸	۵,۳	۴۵۳۵۶,۳
البرز میانی	۱۶۰۱۱	کورکورسر	کورکورسر	۶۷۶۸,۲	۰,۳	۱,۸	۳,۴	۵,۴	۱۲۴۵۳,۵
	۱۶۰۱۷	پل ذغال	چالوس	۱۶۲۳۰۷,۸	۰,۳	۴,۶	۹,۰	۲۱,۰	۷۴۸۲۳۹,۰
	۱۶۰۴۱	هرات بر	چشمه کیله	۷۷۹۶۳,۴	۰,۳	۳,۹	۷,۸	۱۶,۴	۳۰۷۱۷۵,۸
	۱۶۰۵۹	هرات بر	سموش	۱۵۷۲۳۱,۴	۰,۳	۲,۴	۷,۸	۱۰,۷	۳۷۱۰۶۶,۱
	۱۶۰۶۱	دراز لات	پلرود	۱۰۴۰۳,۷	۰,۳	۰,۷	۸,۵	۲,۱	۶۸۶۶,۴
	۱۶۰۸۵	والت	سردابرود	۳۳۱۰۸,۹	۰,۳	۰,۸	۱۱,۶	۲,۸	۲۵۱۶۲,۸
	۱۶۰۸۹	دینار سرا	آزادرود	۲۲۸۹۶,۲	۰,۳	۱,۳	۱۱,۲	۴,۵	۲۹۷۶۵,۱
	۱۶۰۹۱	باجیکوابر	خشکرود	۱۰۱۶۷,۸	۰,۳	۰,۷	۱۰,۲	۲,۲	۷۱۱۷,۵
	۱۶۰۹۳	کل چای	شلمانرود	۱۳۸۰۱,۱	۰,۳	۰,۹	۲,۹	۳,۰	۱۲۶۹۷,۰
	۱۶۲۰۵	توتکی	شمرود	۱۳۳۸۵,۶	۰,۳	۰,۵	۷,۲	۱,۷	۶۹۶۰,۵
	۱۳۰۱۳	آبلو	نکاء	۱۸۷۷۸۸,۵	۰,۳	۳,۴	۳,۸	۱۶,۳	۶۴۲۲۳۶,۷
	۱۳۰۲۵	ریگ	تجن	۲۷۰۰۳۰,۶	۰,۳	۱,۱	۴,۴	۵,۵	۲۹۷۰۳۳,۷
	۱۴۰۰۱	شیرگاه	تالار	۳۴۵۹۴,۹	۰,۳	۷,۷	۵,۱	۲۸,۵	۲۶۶۳۸۰,۷
	۱۴۰۰۵	شیرگاه	کسیلیان	۱۷۸۵۹۹,۳	۰,۳	۲,۰	۶,۴	۹,۵	۳۵۷۱۹۸,۶
	۱۴۰۱۱	قران تالار	بابلرود	۴۰۸۴۹,۴	۰,۳	۲,۹	۵,۳	۱۰,۶	۱۱۶۸۲۹,۳
	۱۵۰۱۷	کره سنگ	هراز	۳۹۶۹۳۳,۰	۰,۳	۵,۵	۵,۵	۲۸,۹	۲۱۸۳۱۳۲,۰
ایران مرکزی	۴۷۰۵۹	بیدواز	اسفراین	۸۴۵۸۲,۴	۰,۳	۶,۲	۲,۳	۲۳,۹	۵۲۵۲۵۶,۷
	۴۷۰۶۹	کال سالار	جعفرمشهدی	۲۰۷۰۱۶,۸	۰,۳	۱,۰	۲,۱	۴,۷	۲۰۴۹۴۶,۶
	۴۷۰۷۱	کال شصت	صنوبر	۷۵۱۳,۹	۰,۳	۵,۶	۴,۰	۱۶,۴	۴۱۸۵۲,۴
	۴۲۰۰۳	قلعه شاهرخ	زاینده رود	۱۵۲۳۷۷,۵	۰,۳	۸,۲	۵,۳	۳۷,۵	۱۲۵۵۵۹۱,۰
	۴۲۰۰۵	پلاسجان	اسکندری	۱۶۳۱۲۱,۹	۰,۳	۰,۵	۲,۹	۲,۴	۸۶۴۵۴,۶
	۴۲۰۴۷	مندرجان	سمندگان	۲۵۳۰۱,۱	۰,۳	۰,۴	۳,۷	۱,۳	۹۶۱۴,۴
	۴۱۰۰۹	گلپایگان	سراب هنده	۸۸۷۲۲,۹	۰,۳	۱,۷	۲,۸	۷,۰	۱۴۹۰۵۴,۵
	۴۱۰۳۵	آبشینه	یلفان	۱۵۲۸۵,۹	۰,۳	۱,۸	۳,۲	۶,۱	۲۷۸۲۰,۳
	۴۱۰۶۳	ابهررود	قروه	۱۰۰۸۳,۹	۰,۳	۳,۶	۴,۷	۱۱,۲	۳۶۱۰۰,۴
	۴۱۰۶۷	خر رود	آبگرم	۲۵۳۲۰۰,۰	۰,۳	۳,۱	۱,۵	۱۴,۵	۷۷۲۲۶۰,۰
	۴۱۰۷۳	ابهررود	قروه	۲۰۷۰۰۴,۵	۰,۳	۱,۰	۲,۰	۴,۷	۲۰۴۹۳۴,۵
	۴۱۰۷۹	حاجی عرب	حاجی عرب	۵۲۹۷۴,۱	۰,۳	۰,۶	۲,۴	۲,۴	۳۱۲۵۴,۷
	۴۱۰۹۵	کردان	ده صومعه	۳۶۱۱۱,۷	۰,۳	۳,۹	۷,۸	۱۴,۳	۱۳۹۰۳۰,۰
	۴۱۱۰۱	کرج	سیرا	۷۲۸۸۱,۵	۰,۳	۷,۸	۷,۲	۳۲,۴	۵۶۷۰۱۸,۱
	۴۱۱۰۹	کن	سولقان	۲۰۶۹۶,۸	۰,۳	۲,۷	۵,۷	۹,۳	۵۵۶۷۴,۴
	۴۱۱۱۷	جاجرود	رودک	۴۴۷۵۳,۳	۰,۳	۹,۳	۴,۵	۳۵,۸	۴۱۷۱۰۰,۸
	۴۱۱۵۹	کندرود-	نجارکلا	۵۵۵۰,۶	۰,۳	۹,۰	۶,۵	۲۵,۸	۵۰۱۷۷,۴
	۴۱۱۶۱	افجه	نارون	۳۰۵۶,۶	۰,۳	۱۲,۴	۵,۹	۳۲,۵	۳۷۷۴۹,۰
	۴۱۱۶۳	لوارک	لوارک	۱۰۶۹۴,۴	۰,۳	۳,۶	۵,۳	۱۱,۳	۳۸۶۰۶,۸

منطقه	کد	ایستگاه	رودخانه	مساحت (ha)	تحویل رسوب (٪)	رسوب مشاهده	رسوب EPM	فرسایش ویژه	رسوب حوضه
						$(t.ha^{-1}.yr^{-1})$			$(t.yr^{-1})$
	۴۱۲۱۹	باراجین	باراجین	۱۱۱۰۹٫۴	۰٫۳	۲٫۶	۴٫۸	۸٫۰	۲۸۵۵۱٫۲
زاگرس جنوبی	۲۷۰۱۱	آبنما	رودان	۵۹۸۰۹۶٫۶	۰٫۳	۰٫۸	۴٫۲	۴٫۴	۴۷۳۶۹۲٫۵
	۲۷۰۲۳	شمیل	شمیل	۱۷۸۷۳۱٫۸	۰٫۳	۷٫۰	۸٫۰	۳۱٫۸	۱۲۵۱۱۲۳٫۰
	۲۸۰۱۱	مازابی	مازابی	۶۸۶۰۶٫۸	۰٫۳	۱۲٫۶	۸٫۹	۵۰٫۵	۸۶۶۵۰۳٫۹
	۲۸۰۱۳	گرو	گرو	۱۲۶۰۹۷٫۵	۰٫۳	۱۱٫۳	۶٫۸	۵۱٫۵	۱۴۲۹۹۴۶٫۰
	۲۸۰۱۷	پنهان	جگین	۶۲۰۱۲۸٫۸	۰٫۳	۱۲٫۷	۲٫۳	۷۰٫۴	۷۸۵۷۰۳۲٫۰
	۲۶۰۰۵	گوزون	رودبال	۹۹۳۱۹٫۲	۰٫۳	۲٫۳	۲٫۴	۹٫۷	۲۳۱۴۱۳٫۷
	۲۶۰۱۳	دراشکفت	درودی	۹۹۰۲۰۵٫۶	۰٫۳	۱٫۴	۴٫۱	۸٫۵	۱۴۲۵۸۹۶٫۰
	۲۶۰۲۳	درب قلعه	رودبال	۱۰۱۵۹۰٫۵	۰٫۳	۱۲٫۹	۸٫۰	۵۵٫۹	۱۳۰۶۴۵۴٫۰
	۴۴۰۰۱	بافت	پل بافت	۲۹۲۰۶٫۱	۰٫۳	۱٫۴	۴٫۲	۴٫۸	۳۹۴۲۸٫۲
	۴۴۰۰۳	سلطانی	باف سلطانی	۱۰۰۵۶۴٫۱	۰٫۳	۴٫۰	۲٫۷	۱۶٫۸	۴۰۴۲۶۷٫۷
	۴۴۱۱۱	سید مرتضی	میدان	۷۸۲۰۴٫۱	۰٫۳	۴٫۴	۳٫۸	۱۷٫۴	۳۴۰۹۶۹٫۹
زاگرس شمالی	۳۳۰۲۳	ساریقمیش	زرینه رود	۷۰۴۲۸۶٫۶	۰٫۳	۲٫۶	۲٫۸	۱۴٫۲	۱۸۰۲۹۷۴٫۰
	۳۳۰۳۵	بوکان	سیمینه رود	۲۴۴۱۹۶٫۶	۰٫۳	۱٫۶	۱٫۶	۷٫۵	۳۸۳۳۸۸٫۷
	۳۴۰۱۵	چپرآباد	کانیرش	۱۸۳۱۱٫۰	۰٫۳	۰٫۶	۳٫۷	۱٫۸	۱۰۰۷۱٫۱
	۳۵۰۰۳	هاشم‌آباد	باراندوزچای	۴۱۶۱۷٫۸	۰٫۳	۳٫۰	۳٫۷	۱۱٫۷	۱۲۶۵۱۸٫۱
	۳۵۰۱۱	بند ارومیه	شهر چای	۴۲۶۴۴٫۵	۰٫۳	۵٫۰	۵٫۱	۱۹٫۲	۲۱۳۲۲۲٫۵
	۳۵۰۳۱	تپیک	نازلو چای	۱۴۲۸۸۱٫۸	۰٫۳	۴٫۲	۳٫۰	۱۸٫۱	۵۹۴۳۸۸٫۳
	۳۶۰۰۱	چهریا	زولا چای	۷۹۳۳۷٫۴	۰٫۳	۲٫۳	۴٫۱	۹٫۶	۱۸۲۴۷۶٫۰
	۳۶۰۰۵	اوربان	دیرعلی چای	۱۸۹۰۱٫۶	۰٫۳	۵٫۸	۳٫۵	۱۸٫۰	۱۰۹۰۶۲٫۲
زاگرس میانی	۲۱۱۴۵	نور آباد	بادآور	۵۰۵۸۰٫۲	۰٫۳	۰٫۴	۳٫۸	۱٫۳	۱۷۷۰۳٫۱
	۲۱۱۴۹	هولیلان	جزمان	۷۳۲۴۶٫۶	۰٫۳	۱٫۷	۳٫۶	۱۱٫۶	۱۲۷۴۴۹٫۱
	۲۱۱۵۷	دارتوت	آب چناره	۲۵۱۳۰۵٫۳	۰٫۳	۱٫۲	۲٫۱	۴٫۸	۲۹۱۵۱۴٫۱
	۲۱۱۶۱	ورگج	آب شیروان	۲۴۱۳۰٫۵	۰٫۳	۰٫۳	۷٫۹	۱٫۲	۸۲۰۴٫۴
	۲۱۱۶۹	کاکا رضا	هرود	۱۱۶۸۵۹٫۶	۰٫۳	۲٫۴	۳٫۷	۱۰٫۳	۲۷۵۷۸۸٫۷
	۲۱۱۷۱	سراب صید	دوآب الشتر	۷۹۴۸۴٫۶	۰٫۳	۰٫۶	۴٫۷	۲٫۴	۴۵۳۰۶٫۲
	۲۱۱۷۵	چم انجیر	خرم آباد	۱۷۰۸۱۴٫۳	۰٫۳	۲٫۶	۶٫۳	۱۱٫۷	۴۳۸۹۹۲٫۸
	۲۱۱۷۹	آفرینه	چولهول	۷۸۹۱۲٫۸	۰٫۳	۴٫۹	۱٫۷	۲۰٫۵	۳۸۸۲۵۱٫۰
	۲۱۱۸۱	برآفتاب	مادیان رود	۱۱۲۷۶۱٫۴	۰٫۳	۰٫۹	۳٫۳	۳٫۸	۹۹۲۳۰٫۰
	۲۱۲۱۵	پاناوه	بشار	۳۱۵۶۳۴٫۸	۰٫۳	۶٫۵	۵٫۲	۳۲٫۵	۲۰۵۱۶۲۶٫۰
	۲۱۲۲۳	کتا	ماربر	۴۲۷۷۱۲٫۷	۰٫۳	۱٫۶	۵٫۱	۸٫۴	۶۸۰۰۶۳٫۲
	۲۱۲۳۱	ارمند	کارون	۱۰۶۱۱۱۲٫۳	۰٫۳	۳٫۳	۵٫۵	۱۹٫۲	۳۴۶۹۸۳۷٫۰
	۲۱۲۳۳	مرغک	بازفت	۲۱۸۱۵۲٫۳	۰٫۳	۱۳٫۸	۱۱٫۵	۶۵٫۶	۳۰۰۶۱۳۹٫۰
	۲۱۲۵۷	ونایی	سراب سفید	۴۶۷۵٫۹	۰٫۳	۰٫۴	۷٫۱	۱٫۳	۲۰۵۷٫۴
	۲۱۲۵۹	ونایی	گلرود	۳۰۹۸٫۱	۰٫۳	۱٫۱	۵٫۸	۲٫۸	۳۲۵۳٫۰
	۲۱۲۶۵	بیاتون	بیاتون	۱۱۸۳۳٫۷	۰٫۳	۱٫۰	۲٫۴	۳٫۰	۱۱۴۷۸٫۷

منطقه	کد	ایستگاه	رودخانه	مساحت (ha)	تحویل رسوب (٪)	رسوب مشاهده	رسوب EPM	فرسایش ویژه	رسوب حوضه
						(t.ha^{-1}.yr^{-1})			(t.yr^{-1})
	۲۱۲۷۱	چم زمان	ازنا	۸۷۵۸۹,۹	۰,۳	۰,۴	۲,۲	۱,۹	۳۴۱۶۰,۱
	۲۱۲۷۳	کمندان	کمندان	۴۲۴۹,۶	۰,۳	۰,۸	۶,۴	۲,۱	۳۳۵۷,۲
	۲۱۲۷۵	دره تخت	دره تخت	۳۸۱۵,۲	۰,۳	۰,۵	۵,۱	۱,۴	۱۹۴۵,۸
	۲۱۲۸۱	چم چیت	سبزه	۳۳۲۱۶,۶	۰,۳	۳,۰	۹,۵	۱۱,۱	۹۹۶۴۹,۸
	۲۱۲۸۹	کشور	سرخاب	۳۴۰۶۹,۳	۰,۳	۲۲,۸	۹,۹	۸۴,۴	۷۷۶۴۳۹,۳
	۲۱۴۳۱	زرین درخ	خان میرزا	۵۵۸۵۵,۰	۰,۳	۰,۴	۵,۱	۱,۴	۲۰۶۶۶,۴
	۲۱۴۹۵	کلم بان	کلم	۳۵۸۹,۲	۰,۳	۲,۵	۱۰,۵	۶,۸	۹۰۴۴,۸
	۲۱۳۶۷	سرجوی	گل گل	۲۱۷۵۴,۸	۰,۳	۱۲,۸	۱۲,۰	۴۴,۳	۲۷۹۳۳۱,۶
	۲۱۹۷۱	سیاهگل	کنگیر	۵۵۲۹۴,۵	۰,۳	۳,۹	۶,۳	۱۵,۶	۲۱۵۰۹۵,۶
	۴۳۰۱۳	شور و شی	جمال بیک	۵۴۳۹۹,۴	۰,۳	۱,۲	۹,۵	۵,۰	۶۷۴۵۵,۳
	۴۳۰۳۵	سیوند	دشتبال	۶۲۱۳۸۱,۰	۰,۳	۱,۰	۳,۰	۵,۳	۵۹۶۵۲۵,۸

جدول ۲- میانگین وزنی فرسایش و رسوب مشاهده‌ای در مناطق هفتگانه کشور و مقایسه آن با نتایج EPM

ردیف	منطقه	مساحت (ha)	رسوب (t.ha^{-1}.y^{-1})	فرسایش (t.ha^{-1}.y^{-1})	رسوب مدل EPM (t.ha^{-1}.y^{-1})	فرسایش مدل EPM (t.ha^{-1}.y^{-1})
۱	البرز شرقی	۲۷۴۴۸۲۵,۱	۳,۳	۱۱,۸	۳,۶	۷,۶
۲	البرز میانی	۱۶۱۶۸۲۹,۸	۳,۲	۱۵,۶	۶,۲	۷,۵
۳	البرز غربی	۷۹۵۱۰۴,۳	۳,۲	۱۳,۳	۳,۹	۶,۱
۴	ایران مرکزی	۱۴۷۲۰۳۹,۲	۳,۲	۱۳,۶	۳,۱	۵,۶
۵	زاگرس شمالی	۱۳۶۹۲۲۶,۶	۲,۹	۱۳,۸	۳,۱	۵,۴
۶	زاگرس میانی	۳۸۹۸۴۸۰,۳	۲,۰	۹,۰	۴,۹	۹,۱
۷	زاگرس جنوبی	۲۹۹۰۷۵۱,۱	۵,۲	۳۲,۴	۴,۲	۹,۳
	میانگین وزنی کشور		۳,۳	۱۶,۰	۴,۳	۸,۰

مقایسه نتایج حاصل از این طرح با نتایج طرح سیمای حوزه‌های آبخیز کشور که برای تعیین مقدار فرسایش از مدل EPM استفاده شده بود (سیمای حوزه‌های آبخیز، ۱۳۸۶) تفاوت چشم‌گیری را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج طرح سیمای حوزه‌های آبخیز، فرسایش ویژه ۶/۹ تن در هکتار در سال و برای کل کشور معادل ۱/۱۳ میلیارد تن تعیین شده بود. البته با توجه به اینکه این مدل واسنجی نشده، به صحت این نتایج نمی‌توان اطمینان داشت. در تحقیق عرب‌خدری و همکاران (۱۳۸۸) و عرب‌خدری و همکاران (۱۳۹۵) که با استفاده از روش حد وسط دسته‌ها، رسوب ویژه هر ایستگاه محاسبه و به وسیله روش میانه، رسوب ویژه متوسط کشور ۳۵۰ میلیون تن در سال اعلان شده بود نیز تفاوت‌های زیادی به‌چشم می‌خورد. در این طرح‌ها، به‌دلیل استفاده از روش میانه، رسوب ویژه متوسط کشور بالغ بر ۵۰ درصد کمتر از واقع محاسبه شده‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

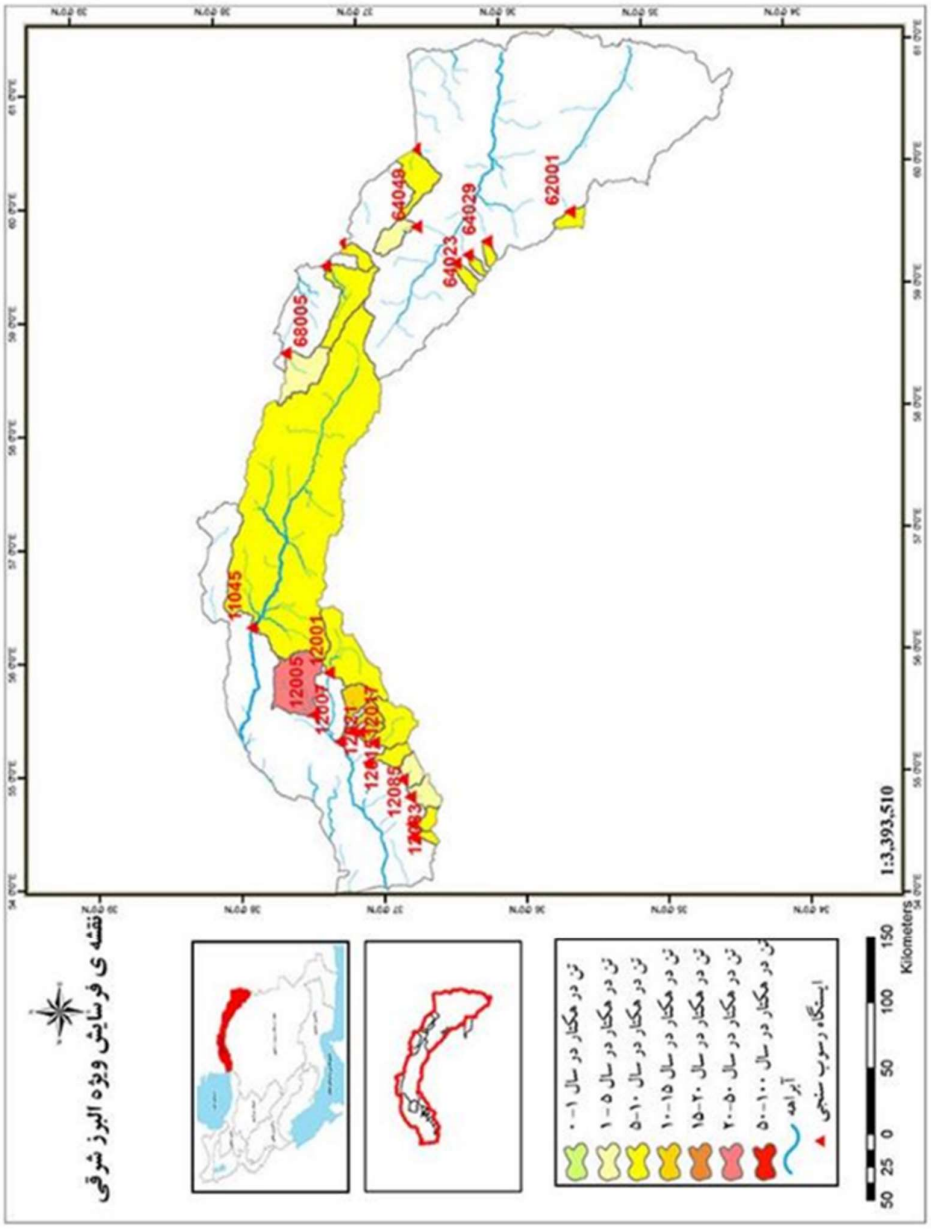
نتایج به‌دست آمده در جدول‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که متوسط فرسایش خاک در حوضه‌های دارای آمار رسوبسنجی در منطقه البرز شرقی ۱۱,۸ تن در هکتار در سال بوده و این مقدار بین حداقل ۲,۲ تا حداکثر ۳۲,۵ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها

می‌باشد. متوسط فرسایش خاک در منطقه البرز میانی ۱۵,۶ تن در هکتار در سال بوده و بین حداقل ۲,۱ تا حداکثر ۲۸,۹ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها متفاوت است. متوسط فرسایش خاک در منطقه البرز غربی ۱۵,۶ تن در هکتار در سال بوده و بین ۳,۱ تا ۳۸,۵ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها ملاحظه می شود. متوسط فرسایش خاک در منطقه ایران مرکزی ۱۳,۶ تن در هکتار در سال بوده و بین حداقل ۱,۳ تا حداکثر ۳۷,۵ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها متفاوت است. متوسط فرسایش خاک در منطقه زاگرس شمالی ۱۳,۸ تن در هکتار در سال بوده و بین ۱,۸ تا ۱۹,۲ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها متفاوت است. متوسط فرسایش خاک در منطقه زاگرس میانی ۹ تن در هکتار در سال بوده و بین حداقل ۱,۲ تا حداکثر ۸۴,۴ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها متفاوت است. متوسط فرسایش خاک در منطقه زاگرس جنوبی ۳۲,۴ تن در هکتار در سال بوده و بین ۴,۴ تا ۷۰,۴ تن در هکتار در سال در بین ایستگاه‌ها ملاحظه می‌شود. با توجه به نتایج جدول ۲، کمترین و بیشترین میزان متوسط فرسایش خاک با مقادیر ۹ و ۳۲,۴ تن در هکتار در سال به ترتیب مربوط به مناطق زاگرس میانی و زاگرس جنوبی است. متوسط وزنی فرسایش خاک در همه مناطق مطالعه شده کشور ۱۶ تن در هکتار در سال است. چنانچه این عدد به ۱۲۵ میلیون هکتار حوزه‌های آبخیز کشور تعمیم داده شود، میزان فرسایش آبی کشور دو میلیارد تن برآورد می‌شود.

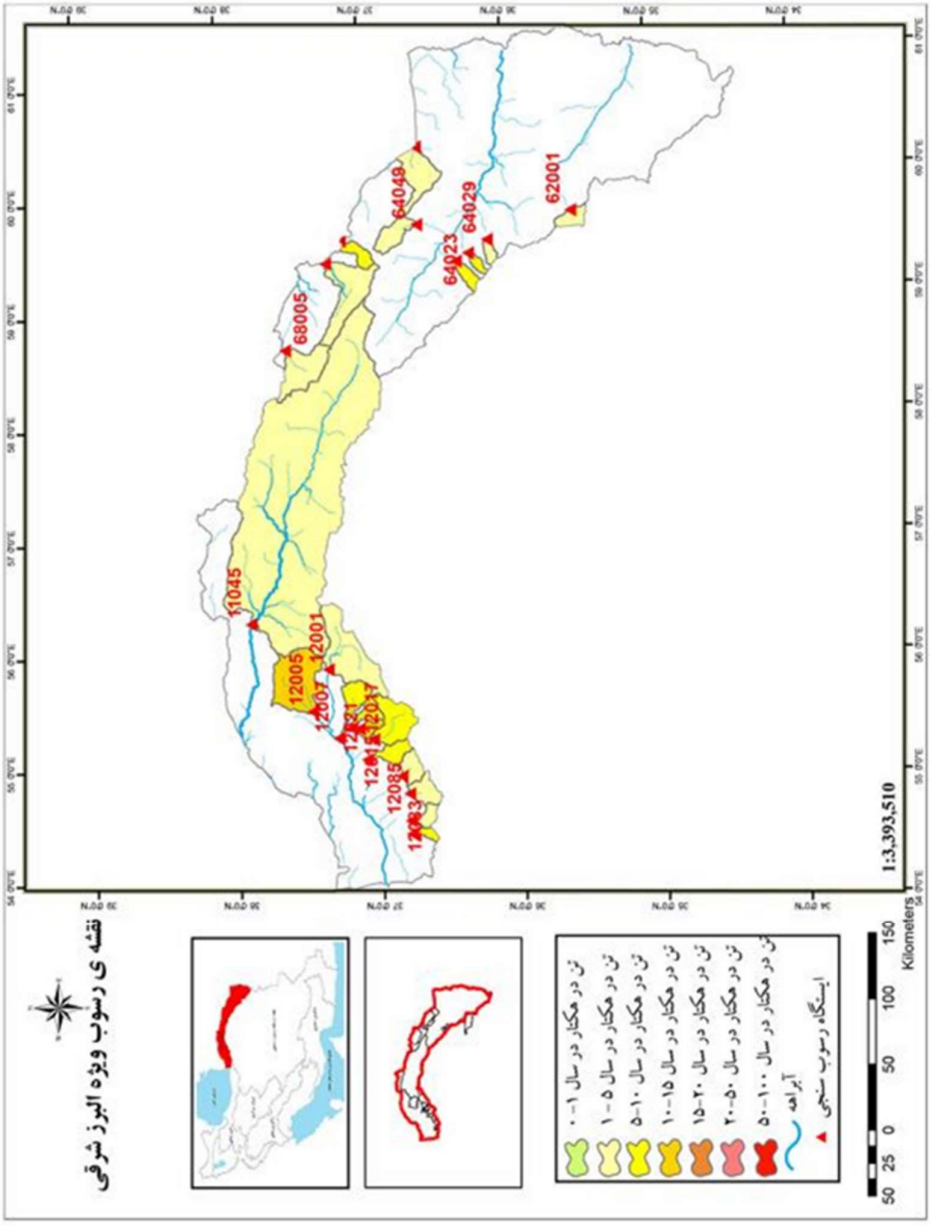
برای ارتقای نتایج این طرح و دقت بیشتر در نتایج، پیشنهاد می شودتا شبکه ایستگاه‌های رسوب سنجی کشور سامان داده شود. وجود داده‌های بار کف مناسب بر دقت نتایج می‌افزاید. ضریب تحویل رسوب عامل بسیار مهمی در محاسبه میزان فرسایش است. لازم است تا طرح‌هایی در خصوص محاسبه این ضریب تعریف و در حوضه‌های مختلف به‌مورد اجرا گذاشته شود.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم علمی و فناوری ریاست جمهوری به جهت تامین اعتبار اجرای طرح و از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به دلیل تصویب طرح تحقیقاتی و تهیه امکانات اجرای طرح، تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ۳- نقشه فرسایش ویژه در منطقه البرز شرقی



شکل ۴- نقشه رسوبدهی در منطقه البرز شرقی

منابع

۱. بهادری خسروشاهی، فیروز (۱۳۹۱). راهنمای محاسبه بار رسوب معلق و بستر رودخانه. نشریه شماره ۵۹۰، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۵۸ صفحه.

۲. جعفری اردکانی، علی، ر ضا بیات، سعید نبی‌پی ل شکریان، محمود عرب‌خدری، من صور پاره‌کار، حمیدر ضا پیروان، مح سن شریعت‌جعفری، باقر قرمزچشمه، محمدحسین مهدیان (۱۳۹۵). بررسی کارآیی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوب‌دهی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۳. سیمای حوزه‌های آبخیز (۱۳۸۶). اطلس سیمای حوزه‌های آبخیز، بخش فر سایش و ر سوب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوه شکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۴. عرب‌خدری، م.، ش. حکیم‌خانی و د. نیک‌کامی (۱۳۸۲). مقایســـه چند روش آماری برآورد رســـوب‌دهی معلق در یک حوزه با رژیم برفی بارانی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۵. عرب‌خدری، م.، ع.و. خوجینی، ش. حکیم‌خانی، ا.ح. چرخابی و ع. تلوری (۱۳۸۸). برآورد رسوبدهی و تهیه نقشه تولید رسوب برای ایران. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۶. عرب‌خدری، م.، صمد شادفر و ر ضا سکوتی ا سکویی (۱۳۹۵). تدقیق ارقام فر سایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

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

8. Alatorre, L.C., S. Beguería and J.M. García-Ruiz (2010). Regional scale modeling of hillslope sediment delivery: a case study in the Barasona Reservoir Watershed (Spain) using WATEM/SEDEM. Journal of Hydrology, 391: 109–123 .
9. Fangmeier, D.D., W.J. Elliot, S.R. Workman, R.L. Huffman and G.O. Schwab (2006). Soil erosion by water. Soil and Water Conservation Engineering, 5th ed., Thomson Delmar Learning, New York, 134-158.
10. Foster, G.R. and L.D. Meyer (1977). Soil erosion and sedimentation by water, an overview. Proceedings of National Symposium on Soil Erosion and Sedimentation by Water, Am. Soc. of. Agr. Eng., St. Joseph, Michigan, 1-13.
11. IWRMC. 2009. Statistical report on brief resalts of bedload measure of Iranian rivers in 2007-2008. Iran Water Resources Management Company (IWRMC), Ministry of Power, Tehran, Iran.- Julien, P.Y. (2002). River Mechanics. Cambridge University Press, New York, pp. 31-78.
12. Julien, P.Y. (2002). River Mechanics. Cambridge University Press, New York, pp. 31-78.
13. Julien, P.Y. (2010). Erosion and Sedimentation. 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge.
14. Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan (1980). Soil erosion. Chichester, New York, Bridsbane, Toronto, John Wiley and Sons Publications.
15. Matthews, G. (1999). Sediment source analysis and preliminary sediment budget for the Noyo River. Prepared for: Tetra Tech., Inc., Under Contract 68-C7-0018, Work Assignment # 0-18, Matthews and Associates, P.O. Box 1516, Weaverville, CA 96093, with assistance from: John Coyle and Associates, Inc. Jeff Anderson Engineering, May 1999.
16. Nikkami, D., M. Shabani and H. Ahmadi (2009). Land use scenarios and optimization in a watershed. Journal of Applied Sciences, 9(2): 287-29.
17. Ouyang, D. and J. Bartholic (1997). Predicting sediment delivery ratio in Saginaw Bay Watershed. in: Proceedings of the 22nd National Association of Environmental Professionals Conference. May 19-23, 1997, Orlando, FL. pp: 659-671.
18. Wischmeier, W.H., and D.D. Smith (1978). Predicting rainfall erosion losses, a guide to consrvation planning. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 537.