

## تهیه نقشه فرسایش خاک در حوضه‌های دارای ایستگاه رسوب‌سنجی کشور

داود نیک‌کامی\*<sup>۱</sup> و صمد شادفر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و <sup>۲</sup>دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱

### چکیده

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 الزامی است. 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. 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 غیرمحلی 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 و آبخیزداری تعریف و به انجام رسید. بر این اساس، 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. آمار بلندمدت رسوب‌سنجی 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، به ترتیب 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:** رسوب معلق، بار بستر رودخانه، رسوب‌دهی، سیمای حوزه‌های آبخیز، نقشه فرسایش خاک کشور

### مقدمه

خاک فرایندی 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 فرایند ایجاد فرسایش به وسیله آن، شامل از

فرسایش خاک و رسوب منتقل شده به آبراهه‌ها از مهمترین مشکلات و نگرانی‌های محیطی در توسعه پایدار هستند (Alatorre و همکاران، ۲۰۱۰). فرسایش

فرسایش آبی در سطح کشور، طی چند دهه اخیر، روند صعودی داشته است. طی این مدت، علاوه بر افزایش میزان فرسایش در واحد سطح یا شدت فرسایش، وسعت مناطق دارای فرسایش آبی نیز گسترش داشته، از طرف دیگر، به دلیل افزایش سیلخیزی، فرسایش آبی در سطحی معادل ۱۲۵ میلیون هکتار (۷۶/۲ درصد از کل کشور) خارج از حد طبیعی می‌باشد و میزان رسوبدهی حوزه‌های آبخیز روند افزایشی داشته است (Nikkami, ۲۰۱۵).

متاسفانه اندازه‌گیری علمی قابل استنادی در خصوص میزان فرسایش خاک کشور وجود ندارد. به دلیل 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 اندازه‌گیری و یا برآورد بر پایه مدل‌های واسنجی شده استوار نبوده‌اند (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹). پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری با اجرای چند طرح تحقیقاتی در عرصه‌های مختلف از طریق احداث کرت‌های فرسایش و رسوب اقدام به اندازه‌گیری مستقیم تلفات خاک کرد که نتایج آن بیانگر مقدار کمتر از یک تن در هکتار فرسایش در عرصه‌های طبیعی و حدود ۲/۵ تن در هکتار در اراضی دیم (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹) بوده است. البته به دلیل عدم اندازه‌گیری فرسایش‌های خندقی و کناری رودخانه‌ها و کوتاه بودن دوره اندازه‌گیری در این کرت‌ها، قطعاً مقدار فرسایش حاصل از کرت‌ها کمتر از مقدار واقعی می‌باشد.

با بررسی آمار رسوب معلق ۲۰۹ ایستگاه رسوب‌سنجی در سرتاسر کشور، Arabkhedri و همکاران (۲۰۰۴) در قالب طرح پژوهشی با عنوان "مقایسه چند روش آماری برآورد بار معلق در یک حوضه با رژیم برفی و بارانی" استفاده از روش حد وسط دسته‌ها را در بررسی رسوب معلق با منحنی‌های سنجه رسوب معرفی کردند. ایشان از بین چندین روش برآورد بار معلق مانند منحنی سنجه رسوب یک خطی، روش عبور دادن بیش از یک خط از بین نقاط،

هم گسیختگی، جابه‌جایی و جای‌گذاری ذرات منفرد (رسوب) است که این فرایند به وسیله ضربه قطره باران و جریان آب اتفاق می‌افتد (Foster و Meyer, ۱۹۷۷؛ Julien, ۲۰۰۲؛ Smith و Wischmeier, 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 فرایند فرسایش خاک، انتقال و رسوب سرعت می‌دهد (Julien, ۲۰۱۰).

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 پایین‌دست 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. 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, ۲۰۰۹). ارقام یاد شده مبتنی بر تخمین‌های کارشناسی و یا اندازه‌گیری‌های مستقیم یا غیرمستقیم بوده است. به دلیل عدم وجود و یا ناکافی بودن اطلاعات پایه مورد نیاز در مدل‌های فرایندی، مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و تولید رسوب بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. مدل‌های تجربی عوامل متعددی را در فرسایش خاک مد نظر قرار داده که با اندازه‌گیری آن‌ها تلفات خاک عرصه را برآورد می‌کنند. در شرایط فعلی تنها راه عملی برای دستیابی به مقادیر نزدیک به واقعیت از وضعیت فرسایش و تولید رسوب، استفاده از مدل‌های تجربی است. روش‌های تجربی مختلفی برای برآورد مستقیم مقدار فرسایش وجود دارد که هر یک در نوع خود دارای محاسن و محدودیت‌هایی هستند.

لازمه برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم درباره مهار فرسایش و رسوب، آگاهی از میزان فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز و شناسایی مناطق بحرانی و اولویت‌بندی آن‌ها برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات آبخیزداری برای کاهش فرسایش و مهار تولید و حمل رسوب است. با توجه به اهمیت حفظ منابع خاک و آب کشور و ارائه راهکارهای مناسب برای سیاست‌گذاری کلان در حوزه‌های آبخیز، به آمار، اطلاعات و نقشه‌هایی که بتواند سیمای عمومی حوزه‌های آبخیز را به‌طور دقیق و سراسری در کل کشور در اختیار مدیران قرار دهد، نیاز است. با توجه به عدم اندازه‌گیری مستقیم و عدم واسنجی مدل‌های برآورد تلفات خاک، استفاده از آمار رسوب رودخانه‌ها در محل ایستگاه‌های هیدرومتری و رسوب‌سنجی و برآورد مقدار فرسایش از روی میزان رسوبات منتقله از حوزه‌های آبخیز امری اجتناب‌ناپذیر است.

#### 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). با توجه به معیارهایی که Arabkhedri و همکاران (۲۰۰۹) 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 کارایی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوب‌دهی" توسط Jafari و Ardekani و همکاران (۲۰۱۶) در سطح کشور به انجام رسید، طرح حاضر نیز با این معیارها به انجام رسیده است. این معیارها شامل وجود آمار رسوب و جریان نسبتاً کامل (حدود ۷۰ الی ۲۰۰ داده رسوب و جریان)، ایستگاه‌ها دارای پراکنش جغرافیایی مناسب باشند، عمده مساحت حوضه مربوط به ایستگاه در داخل کشور باشد، قرار نگرفتن در پایین دست سدها بدلیل اثر سدهای مخزنی در آمار رسوب و انتخاب حوزه‌های مستقل می‌باشند.

با توجه به این معیارها، ۱۱۸ ایستگاه انتخاب شدند. برای برآورد رسوب‌دهی معلق هر ایستگاه، با

استفاده از ضریب اصلاحی فائو، استفاده از ضریب اصلاحی پارامتری و ضریب اصلاحی غیر پارامتری و روش‌های استفاده از دبی جریان، روش حد وسط دسته‌ها را مناسبترین روش برای تعیین بار معلق حوضه معرفی کردند. در طرح سیمای حوزه‌های آبخیز کشور، برای تعیین مقدار فرسایش از مدل EPM استفاده شد (Landscape of watersheds, ۲۰۰۷). 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.

Arabkhedri و همکاران (۲۰۰۹) در قالب طرح پژوهشی دیگری با عنوان "برآورد رسوب‌دهی و تهیه نقشه تولید رسوب ایران برای ایران" و با استفاده از روش حد وسط دسته‌ها، رسوب ویژه هر ایستگاه را محاسبه و به‌وسیله روش میانه، رسوب ویژه متوسط کشور را ۳۵۰ میلیون تن در سال اعلان کرده‌اند. Nikkami و همکاران (۲۰۰۹) بر اساس یافته‌های این طرح که حدود یک چهارم سطح کشور را پوشش می‌دهد و با تعمیم نتایج به سطح ۱۲۵ میلیون هکتار حوزه‌های آبخیز کشور، رسوب معلق ویژه را دو تن در هکتار در سال و با اضافه کردن متوسط ۱۷/۵ درصد بار کف به بار معلق (۱۸ درصد به‌وسیله Matthews, ۱۹۹۹) و فرض ۲۰ درصد ضریب تحویل رسوب (۱۷/۱ تا ۲۱/۶ به‌وسیله 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 دو میلیارد تن برآورد کردند. با توجه به میزان ۷۵ میلیارد تن فرسایش خاک جهان که موجب بروز خسارات مالی بالغ بر ۴۰۰ میلیارد دلار (سرانه ۷۰ دلار) می‌شود (Eswaran و همکاران، ۲۰۰۱)، میزان فرسایش خاک ایران ۲/۷ درصد این میزان جهانی است که خسارات ناشی از آن بالغ بر ۱۰/۷ میلیارد دلار برآورد شده است (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۹). این در حالی است که متوسط سالانه فرسایش خاک اروپا، استرالیا، امریکای شمالی و آسیا به‌ترتیب ۰/۹۰، ۰/۹۲، ۲/۲۳ و ۳/۴۷ تن در هکتار است (ESDAC, ۲۰۱۲).

استفاده از جداول EPM بدست می‌آیند و  $I$  شیب متوسط حوضه می‌باشد. برای محاسبه فرسایش ویژه ( $Wsp$ ) از رابطه (۲) و میزان رسوبدهی ( $Gsp$ ) از رابطه (۳) استفاده شد.

$$Wsp = T.H.\pi.Z^{3/2} \quad (2)$$

$$Gsp = Wsp.Ru \quad (3)$$

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{1/2} \quad (4)$$

که در آن‌ها،  $Wsp$  مقدار فرسایش ویژه ( $m^3.km^{-1}$ )،  $T$  ضریب درجه حرارت که از رابطه (۴) به دست می‌آید،  $H$  بارندگی سالانه (mm)،  $\pi$  عدد ۳/۱۴ و  $Ru$  ضریب رسوبدهی حوزه آبخیز و  $t$  درجه حرارت سالانه (درجه سانتی‌گراد) است. برای تعیین خطای نسبی مدل نیز از رابطه (۵) معروف به ناش-ساتکلیف<sup>۱</sup> استفاده شد.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_m)^2} \quad (5)$$

که در آن،  $NSE$  کارایی مدل،  $O_i$  مقادیر اندازه‌گیری،  $P_i$  مقادیر شبیه‌سازی شده و  $O_m$  میانگین مقادیر اندازه‌گیری است.

**منطقه البرز شرقی:** این منطقه از سه حوزه آبخیز قره‌قوم، اترک و گرگان‌رود تشکیل شده که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود. شکل ۲، نقشه زمین‌شناسی منطقه البرز شرقی را نشان می‌دهد.

ایستگاه‌های منتخب منطقه البرز شرقی از نظر کیفیت آمار رسوب جزء حوضه‌های با آمار کم تلقی می‌شود. با این حال، انتخاب ایستگاه‌های مورد نظر برای رسیدن به اهداف طرح اجتناب ناپذیر بود. از بین ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوزه‌های آبخیز قره‌قوم، گرگان‌رود و اترک در منطقه البرز شرقی، فقط ۲۱ ایستگاه دارای آمار رسوب و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوبدهی انتخاب شدند.

**منطقه البرز میانی:** حوزه‌های آبخیز مورد تحقیق در منطقه البرز میانی در شرق، مرکز و غرب استان مازندران واقع هستند. در شرق استان مازندران حوزه آبخیز رودخانه نکاء، در مرکز استان مازندران حوزه‌های

استفاده از نتایج تحقیق Arabkhedri و همکاران (۲۰۰۴)، از روش حد وسط دسته‌ها استفاده شد و منحنی سنج رسوب هر ایستگاه رسم شد. برای این کار، ابتدا بین دبی رسوب و دبی جریان آب رگرسیون برقرار شد و بر اساس رابطه مربوط و استفاده از آمار دبی جریان در ایستگاه، رسوبدهی معلق محاسبه شد. در روش حد وسط دسته‌ها دبی‌های جریان با یک نمو معین به تعدادی دسته تقسیم شده و برای دبی متوسط هر دسته، دبی رسوب متوسط اندازه‌گیری شده همان دسته تعیین شد و در آخر، منحنی سنج رسوب با استفاده از آنها به روش حداقل مربعات به دست آمد.

این روابط در هر یک از ایستگاه‌ها برای دبی روزانه دراز مدت ایستگاه مورد نظر اعمال و مقدار رسوب معلق روزانه و میانگین درازمدت رسوب معلق محاسبه می‌شود. برای به دست آوردن بار کل رسوبی در محل هر ایستگاه از نتایج اندازه‌گیری رسوب بار کف رودخانه‌ها که توسط IWRMC (۲۰۰۹) منتشر شده، استفاده شد. با توجه به اینکه این اندازه‌گیری‌ها برای همه ایستگاه‌های رسوب‌سنجی وجود ندارد، از نمودار تجربی نسبت بار بستر به بار معلق که توسط Bahadori Khosroshahi (۲۰۱۲) ارائه شده است، مقدار بار کف به صورت درصدی از بار معلق تعیین و مورد استفاده قرار گرفت.

نهایتاً، برای رسم نقشه فرسایش خاک به کمک داده‌های بار کل رسوبی ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مدل EPM مورد استفاده قرار گرفت (روابط ۱ الی ۵). انتخاب این مدل تجربی به این دلایل صورت گرفته است که اولاً استفاده از مدل‌های فرآیندی با توجه به دخالت عوامل متعدد در این مدل‌ها که عملاً در حوزه‌های آبخیز کشور وجود نداشته و یا تهیه آنها نیاز به تخصیص اعتبارات هنگفت و زمان طولانی دارد، فعلاً غیر ممکن است. ثانیاً این مدل تجربی با تغییرات اندک در تهیه نقشه در کشورهای متعددی مورد استفاده قرار گرفته است.

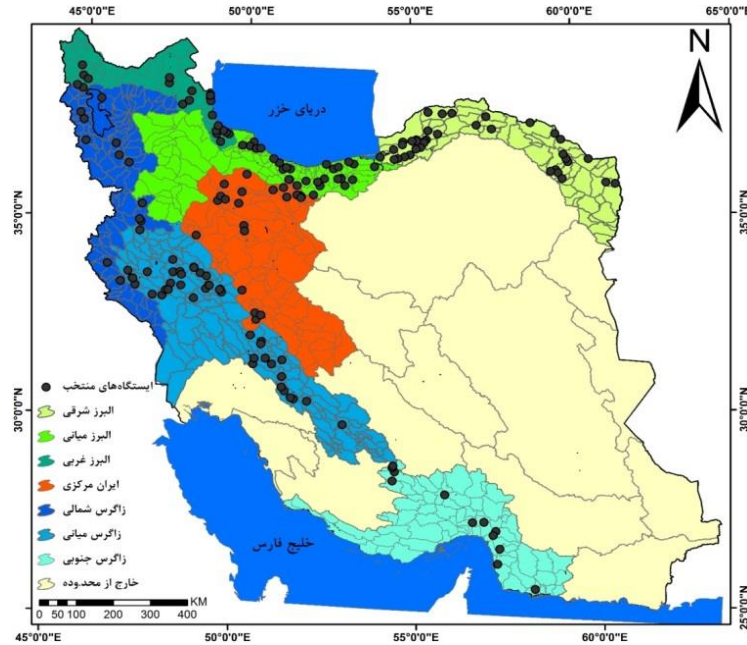
$$Z = Y.Xa.(\phi + I)^{1/2} \quad (1)$$

که در آن،  $\phi$  مقادیر شرایط فرسایش حوزه آبخیز،  $Xa$  ضریب استفاده از زمین،  $Y$  ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش هستند که کمیت آنها با

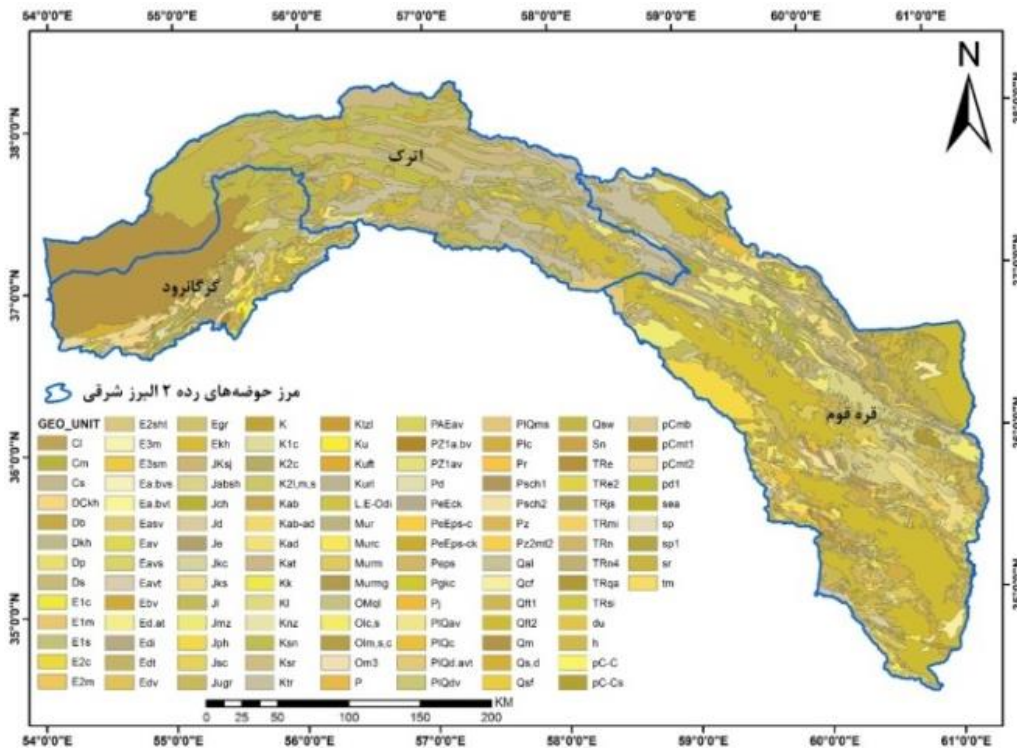
<sup>1</sup> Nash-Sutcliffe

مطالعه هستند. در منطقه البرز میانی ۱۶ ایستگاه دارای آمار رسوب و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوب‌دهی انتخاب شدند. شکل ۳، نقشه زمین‌شناسی این منطقه را نشان می‌دهد.

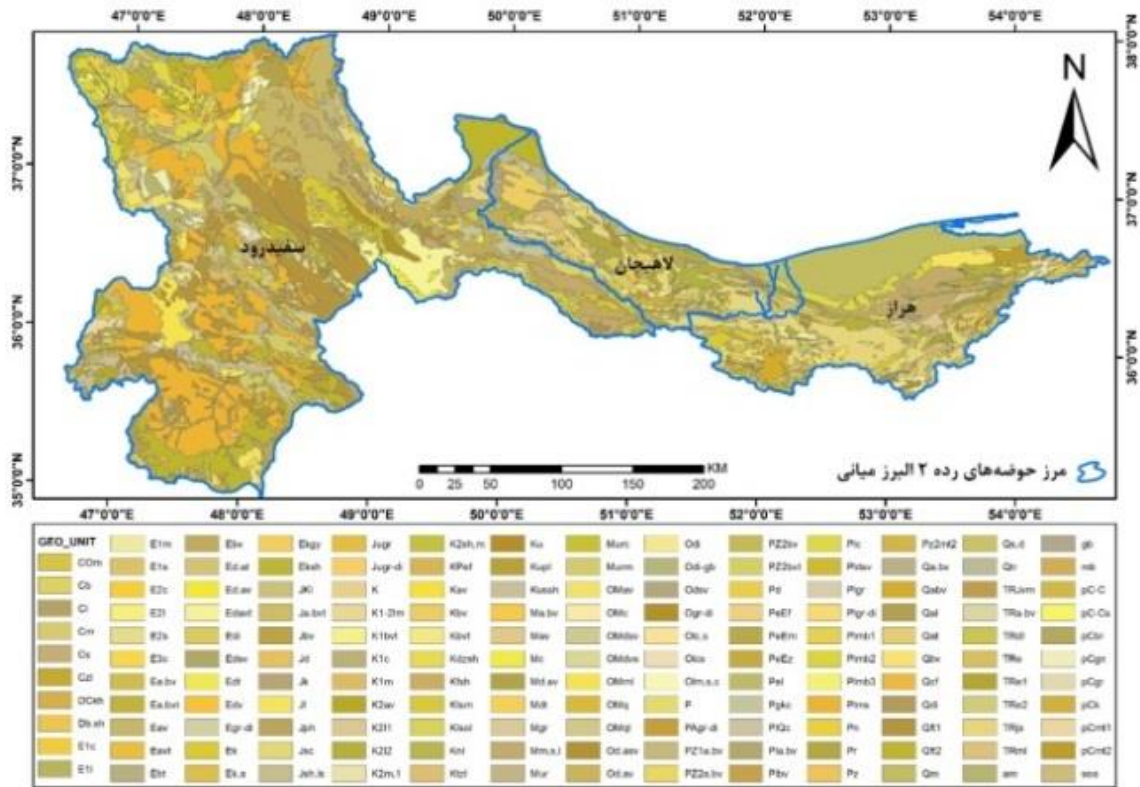
آبخیز رودخانه‌های نکاء، تجن، بابل‌رود، تالار، کسلیان، الله‌بند و کارپرود و در غرب استان حوزه‌های آبخیز رودخانه چالوس، تنکابن، سرداب‌رود، چشمه کلیه، آژارود و کورکورسر از جمله محدوده مورد



شکل ۱- تقسیم‌بندی حوضه‌های رده هفت کشور به هفت منطقه همگن



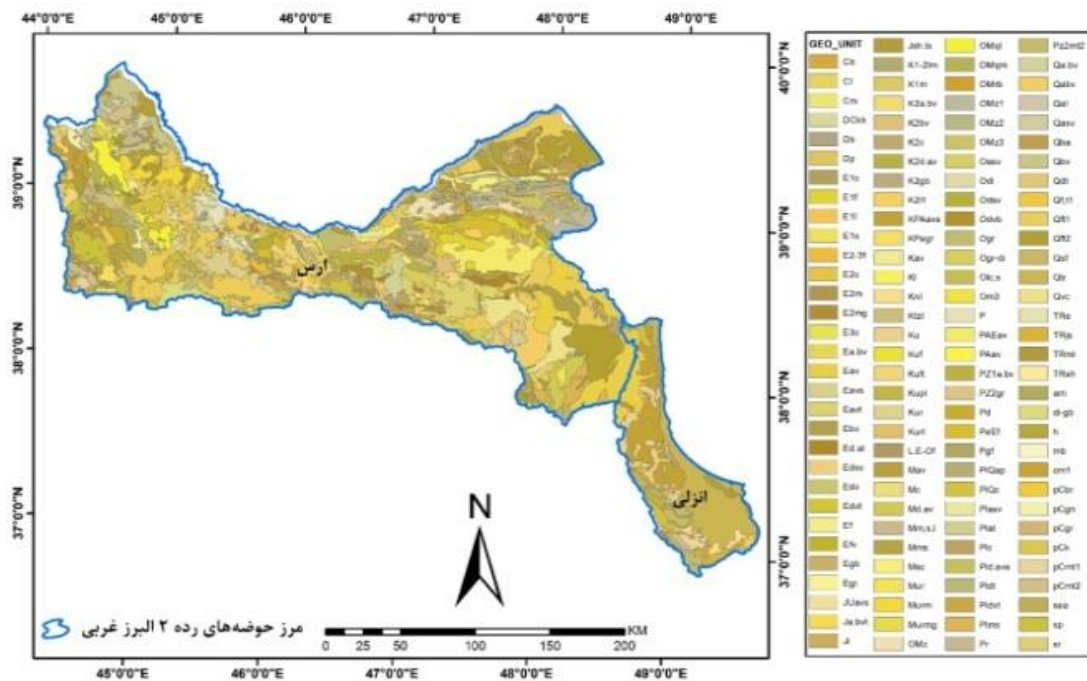
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه البرز شرقی



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه البرز میانی

و استان گیلان، ۱۵ ایستگاه دارای طول دوره آماری مناسب و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوب‌دهی انتخاب شدند. شکل ۴، نقشه زمین‌شناسی این منطقه را نشان می‌دهد.

**منطقه البرز غربی:** حوزه‌های آبخیز مورد تحقیق در غرب و شمال غرب دریای مازندران در دو حوضه تالش-تالاب انزلی و ارس واقع شده‌اند. از بین ایستگاه‌های واقع در البرز غربی، غرب دریای مازندران



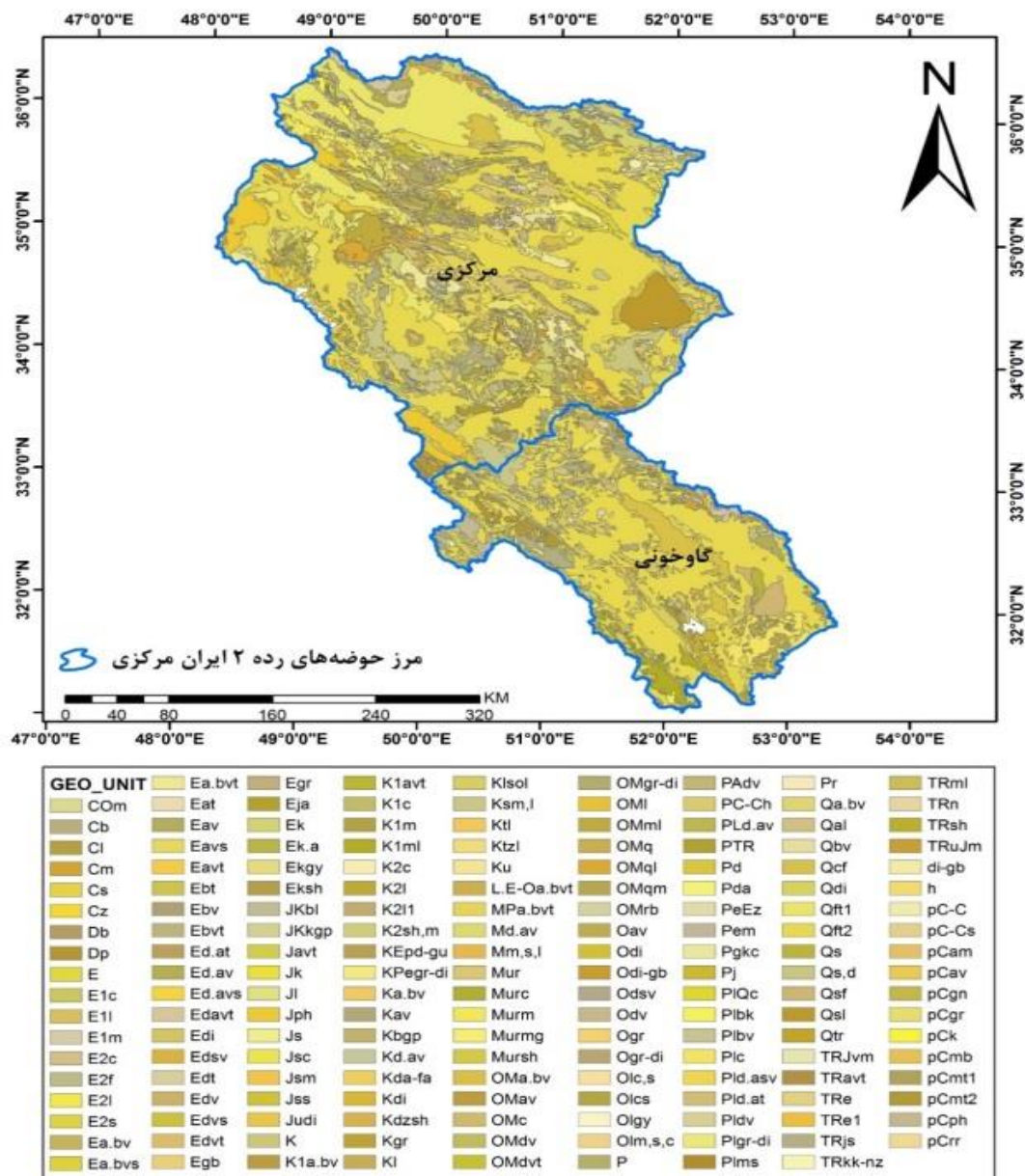
شکل ۴- نقشه واحدهای زمین‌شناسی منطقه البرز غربی



زمین‌شناسی این منطقه را نشان می‌دهد. **منطقه زاگرس میانی:** زیرحوضه‌های آبخیز منتخب در دو حوزه آبخیز بزرگ کارون و کرخه قرار دارند. در این منطقه، از بین ایستگاه‌های رسوب‌سنجی واقع در منطقه در حوزه‌های آبخیز استان‌های ایلام، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری و لرستان، ۲۷ ایستگاه رسوب‌سنجی دارای طول دوره آماری و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوب‌دهی انتخاب شدند. شکل ۷، واحدهای زمین‌شناسی منطقه زاگرس میانی را نشان می‌دهد.

**منطقه ایران مرکزی:** از بین ایستگاه‌های واقع در منطقه ایران مرکزی ۲۰ ایستگاه دارای طول دوره آماری و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوب‌دهی انتخاب شدند. شکل ۵، نقشه زمین‌شناسی این منطقه را نشان می‌دهد.

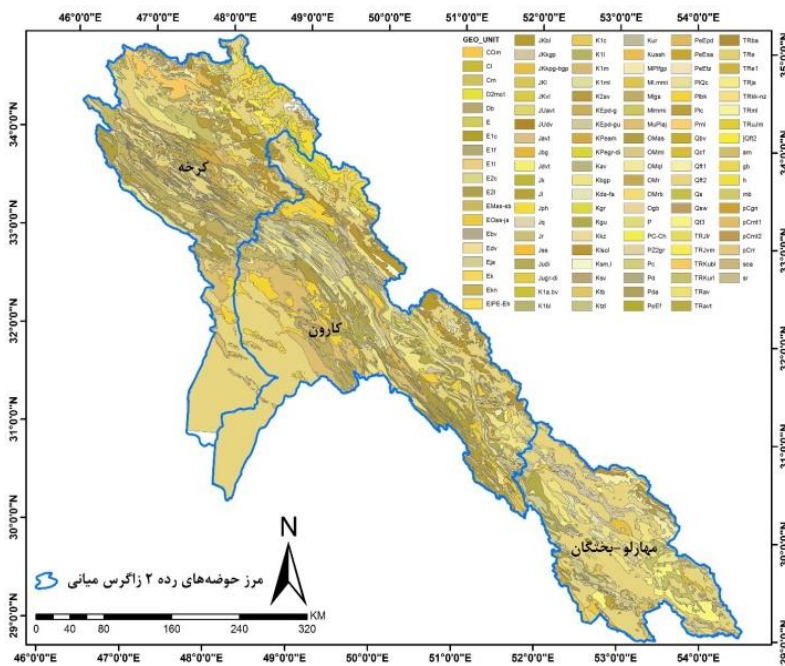
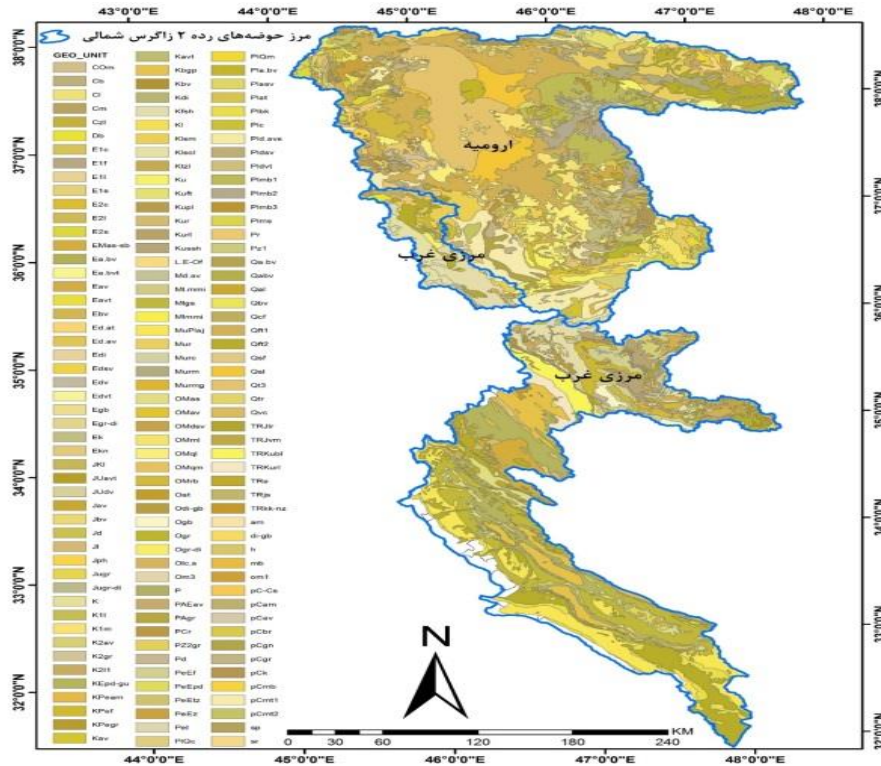
**منطقه زاگرس شمالی:** از بین ایستگاه‌های رسوب‌سنجی واقع در این منطقه یعنی حوضه ارومیه و حوضه مرزی غرب جمعا هشت ایستگاه دارای طول دوره آماری مناسب و شرایط لازم بودند که برای بررسی رسوب‌دهی انتخاب شدند. شکل ۶، نقشه



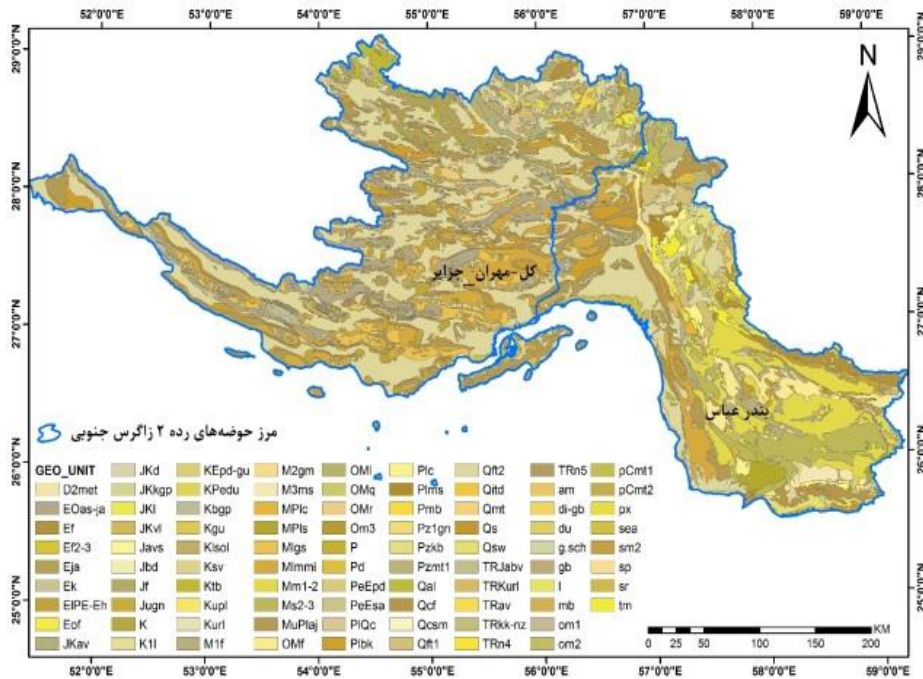
شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی منطقه ایران مرکزی

ایستگاه فقط ۱۱ ایستگاه دارای طول دوره آماری مناسب از نظر تعداد سال و تعداد داده رسوب و شرایط لازم بودند که برای تجزیه و تحلیل در منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. شکل ۸، واحدهای زمین‌شناسی منطقه زاگرس جنوبی را نشان می‌دهد.

منطقه زاگرس جنوبی: این منطقه شامل دو حوزه آبخیز کل-مهران و بندرعباس-سدیج است. در منطقه زاگرس جنوبی، ایستگاههای هیدرومتری اغلب در استان هرمزگان و تعداد کمی نیز در استان فارس واقع هستند. اغلب ایستگاه‌ها تازه تاسیس بوده، داده‌برداری اندکی در آنها انجام شده است. از بین این ۴۵





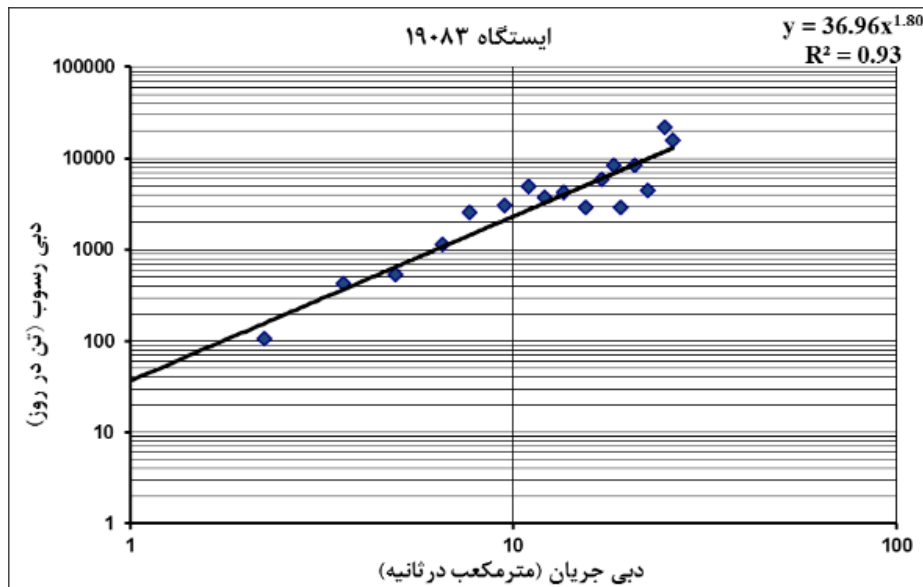


شکل ۸- نقشه واحدهای زمین‌شناسی حوضه‌های زاگرس جنوبی

## نتایج و بحث

برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب، منحنی سنجه‌های ۱۱۸ ایستگاه ترسیم شد. شکل ۹، منحنی سنجه رسوب ایستگاه رسوب‌سنجی آغ‌چای با کد ۱۹۰۸۳ در منطقه البرز غربی را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد.

پس از بررسی داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری در هر یک از حوضه‌ها و اطمینان از طول دوره آماری و تعداد داده مناسب و شرایط لازم، تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت گرفت. بر اساس روش حد وسط دسته‌ها



شکل ۹- منحنی سنجه رسوب در ایستگاه آغ‌چای در منطقه البرز غربی با کد ۱۹۰۸۳

آبی ۸۷-۸۶ که IWRMC (۲۰۰۹) منتشر کرده، استفاده شد. بر اساس این گزارش هیچ اندازه‌گیری بار

برای به‌دست آوردن بار کل رسوبی از نتایج اندازه‌گیری رسوب بار کف رودخانه‌های کشور در سال

EPM، فرسایش ویژه مشاهده‌ای، فرسایش ویژه مدل و خطای نسبی مدل را نشان می‌دهد. همان‌گونه 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 به صورت کم‌برآورد و چه به صورت بیش‌برآورد، به عنوان ضریب اصلاحی تعیین و در نتایج حاصل از مدل لحاظ شد و نهایتاً نقشه فرسایش حوزه‌های آبخیز مشرف به این ایستگاه‌ها تهیه شد. برای محاسبه میزان فرسایش در هفت منطقه که دارای آمار رسوب قابل قبولی بودند، میانگین وزنی فرسایش کشور بر اساس میزان فرسایش و مساحت هر یک از مناطق محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین رسوب‌دهی و میزان متوسط وزنی فرسایش خاک در حوضه‌های مشرف بر ایستگاه‌های دارای آمار رسوب در کشور، به ترتیب 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.

مقایسه نتایج حاصل از این طرح با نتایج طرح سیمای حوزه‌های آبخیز کشور که برای تعیین مقدار فرسایش از مدل EPM استفاده شده بود (Landscape of watersheds, ۲۰۰۷) 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 Arabkhedri و همکاران (۲۰۰۹) و Arabkhedri و همکاران (۲۰۱۶) 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 به چشم می‌خورد. در این طرح‌ها، به دلیل استفاده از روش میانه، رسوب ویژه متوسط کشور بالغ بر ۵۰ درصد کمتر از واقع محاسبه شده‌اند.

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 خرگیل 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 به دست آمد. برای رودخانه‌های حوضه ارس با توجه به ۱۰ اندازه‌گیری انجام شده مقدار ۳۰ درصد به عنوان بار کف در نظر گرفته شد. با اندازه‌گیری جمعا ۳۷ مورد، میانگین درصد بار کف برای منطقه ایران مرکزی برابر با ۱۵ درصد به دست آمد. درصد 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 کهگیلویه و بویراحمد به ترتیب شش، پنج و صفر درصد بار معلق به دست آمد. در زاگرس جنوبی، اندازه‌گیری بار بستر انجام نشده، لذا از منحنی ارائه شده به وسیله Bahadori Khosroshahi (۲۰۱۲) مقدار ۲۰ درصد بار معلق به عنوان بار بستر در نظر گرفته شد. در استان ایلام اندازه‌گیری بار بستر انجام نشده است و از منحنی ارائه شده به وسیله Bahadori Khosroshahi (۲۰۱۲)، ۱۰ درصد بار معلق در نظر گرفته شد. از آنجائی که مقادیر رسوب محاسبه شده با ضریب تحویل رسوب ( $Ru$ ) در مدل EPM، در بسیاری از حوضه‌های مورد بررسی ۱۰۰ درصد و بیش از ۱۰۰ درصد به دست می‌آید، Moradi و همکاران (۲۰۱۴) هفت رابطه تحویل رسوب مختلف را مورد ارزیابی قرار داده 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.

$$\text{Log } SDR = 1.8768 - 0.14191 * \log(10A) \quad (1)$$

جدول ۱، مقادیر رسوب مشاهده‌ای، رسوب مدل

جدول ۱- نتایج برآورد فرسایش و رسوب در مناطق هفت‌گانه

خطای نسبی مدل (درصد)	فرسایش ویژه مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	فرسایش ویژه مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	تحويل رسوب (درصد)	رسوب مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	رسوب مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	سطح حوضه (km <sup>2</sup> )	رودخانه	کد ایستگاه	حوضه
-۲۰/۲۷	۶/۹۶	۸/۷۳	۲۸	۱/۹۵	۲/۴۱	۳۰۶	فریمان	62001	البرز شرقی
-۳۸/۷۴	۹/۹۰	۱۶/۱۶	۲۹	۲/۸۷	۴/۷۳	۲۰۲	زشک	64019	
-۱۴/۲۹	۹/۷۲	۱۱/۳۴	۳۲	۳/۱۱	۳/۵۹	۱۱۶	دهبار	64023	
-۵۲/۷۷	۹/۱۹	۱۹/۴۶	۳۱	۲/۸۵	۶/۰۱	۱۳۸	طرق	64029	
-۶۶/۱۷	۶/۵۶	۱۹/۳۹	۱۶	۱/۰۵	۳/۰۵	۱۶۰۳۶	کشفرو	64037	
-۷۲/۳۲	۶/۶۲	۲۳/۹۲	۱۶	۱/۰۶	۳/۷۴	۱۶۷۴۰	کشفرو	64039	
-۶۰/۴۵	۸/۱۹	۲۰/۷۱	۲۶	۲/۱۳	۵/۴۱	۴۵۰	کارده	64049	
۵۵/۳۸	۶/۹۳	۴/۴۶	۳۰	۲/۰۸	۱/۳۲	۱۸۸	کارده	64953	
-۶۱/۶۲	۱۰/۹۶	۲۸/۵۶	۲۴	۲/۶۳	۶/۸۲	۸۴۷	چپچه	65001	
-۷۱/۱۵	۵/۸۶	۲۰/۳۱	۲۹	۱/۷۰	۵/۸۷	۲۲۰	لاین سو	66001	
-۵۹/۹۷	۷/۳۹	۱۸/۴۶	۲۳	۱/۷	۴/۱۷	۱۲۵۴	قوزقان چای	67001	
-۳۳/۵۳	۵/۷۱	۸/۵۹	۲۴	۱/۳۷	۲/۰۲	۹۵۴	درونگر	68005	
۶۷/۳۳	۲۱/۸۲	۱۳/۰۴	۲۲	۴/۸	۲/۸۶	۱۵۴۴	گرگانرود	12005	
۲۹۰/۷۹	۸/۹۱	۲/۲۸	۲۲	۱/۹۶	۰/۴۹	۱۷۷۴	دوغ	12001	
-۲۸/۷۷	۱۰/۱۵	۱۴/۲۵	۲۶	۲/۶۴	۰/۷۷	۴۱۲	اوغان	12007	
-۵۱/۵۶	۵/۴۳	۱۱/۲۱	۲۸	۱/۵۲	۳/۱۷	۲۵۷	چهل چای	12013	
-۴۰/۴۱	۵/۵۳	۹/۲۸	۳۰	۱/۶۶	۲/۷۹	۱۶۸	محمد زمان خان	12015	
۶۴/۹۴	۷/۶۲	۴/۶۲	۲۴	۱/۸۶	۱/۰۹	۹۲۵	خرمالو	12017	
-۵۳/۳۰	۱۴/۹۳	۳۱/۹۷	۲۸	۴/۱۸	۹/۰۹	۲۴۷	قره‌چای	12021	
-۶۸/۵۱	۲/۵۶	۸/۱۳	۲۷	۰/۶۹	۲/۲۱	۳۳۹	زرینگل	12071	
-۱۷/۰۶	۴/۲۳	۵/۱۰	۲۶	۱/۱	۱/۳۵	۴۱۲	محمدآباد	12083	
-۵۹/۶۲	۶/۰۰	۱۴/۸۶	۳۰	۱/۸	۴/۳۹	۱۸۹	گرمابدشت	12085	
-۲۷/۴۶	۷/۶۶	۱۰/۵۶	۳۲	۲/۴۵	۳/۴۲	۱۰۰	زیارت	12043	
-۵۵/۳۱	۱۳/۹۴	۳۱/۱۹	۱۸	۲/۵۱	۵/۷۳	۵۳۸۳	گرگانرود	12011	
-۷۷/۴۲	۶/۶۴	۲۹/۴۱	۲۲	۱/۴۶	۶/۳۹	۱۶۴۶	قره‌سو	12019	
-۶۰/۵۶	۱۱/۶۱	۲۹/۴۴	۱۸	۲/۰۹	۵/۱۹	۷۱۸۶	گرگانرود	12023	
۶۱/۹۱	۱۱/۳۵	۷/۰۱	۱۷	۱/۹۳	۱/۲۲	۷۸۸۲	گرگانرود	12025	
۳/۹۱	۲/۶۶	۲/۵۶	۲۲	۰/۵۸	۰/۵۷	۱۷۲۰	قره سو	12031	
-۳/۱۸	۸/۵۳	۸/۸۱	۱۷	۱/۴۵	۱/۴۷	۱۰۶۲۹	گرگانرود	12037	
۵/۸۲	۳/۰۹	۲/۹۲	۲۲	۰/۶۸	۰/۶۳	۱۷۲۱	قره‌سو	12097	
-۱۰/۱۳	۱۰/۰۳	۱۱/۱۶	۳۰	۳/۰۱	۳/۳۵	۱۶۹۵۱	اترک	11045	
-۲۸/۳۲	۱۰/۲۰	۱۴/۲۳	۳۰	۳/۱۶	۴/۲۵	۱۷۴۸۰	اترک	11047	
۸/۴۱	۱۰/۹۶	۱۰/۱۱	۲۹	۳/۱۸	۲/۹۸	۱۹۲۲۸	اترک	11073	
۹۶/۷۶	۶/۶۷	۳/۳۹	۴۳	۲/۸۷	۱/۴۷	۱۲۶۹	چناران	11021	
-۳۶/۷۵	۱۰/۵۵	۱۶/۶۸	۴۲	۴/۴۳	۷/۰۶	۱۵۰۱	شیرین دره	11027	
۵۳۷/۱۲	۸/۴۱	۱/۳۲	۳۲	۲/۶۹	۰/۴۲	۱۱۱۳۰	سملقان	11035	
۱۶۶/۱۷	۱۰/۷۸	۴/۰۵	23	۲/۴۸	۰/۹۴	۱۰۴۲	نکاء	13005	
۵۲/۲۰	۷/۷۱	۱۶/۱۳	۲۱	۱/۶۲	۳/۴۲	۱۹۶۱/۸	نکاء	13013	
-۲۲/۹۷	۵/۳۰	۶/۸۸	۲۳	۱/۲۲	۱/۵۶	۱۲۵۶	تجن	13019	
۳/۱۳	۵/۶۰	۵/۴۳	۲۰	۱/۱۲	۱/۱	۲۷۱۵	تجن	13025	
-۷۱/۴۶	۵/۳۲	۱۸/۶۴	۱۹	۱/۰۱	۳/۵۶	۴۰۸۵	تجن	13029	
-۲۳/۳۱	۷/۱۴	۹/۳۱	۲۱	۱/۵	۲/۰	۳۲۰	کسیلیان	14005	
-۸۶/۰۲	۲/۹۶	۲۸/۳۲	۲۷	۱/۰۷	۷/۷	۱۷۶۸	تالار	14001	
-۵۷/۴۲	۴/۵۹	۱۰/۷۸	۲۷	۱/۲۴	۲/۸۶	۴۰۲	بابلرود	14011	
-۸۷/۲۸	۳/۸۶	۳۰/۳۵	۲۲	۰/۸۵	۶/۶۸	۱۵۰۴	بابلرود	14017	
-۸۴/۲۸	۶/۰۹	۳۸/۷۵	۲۱	۱/۲۸	۸/۰	۲۸۴۵	طالار	14007	
-۱۶/۳۹	۸/۶۷	۱۰/۳۷	۲۷	۲/۳۴	۲/۸۵	۳۱۴	اله بند	14021	

البرز شرقی

البرز میانی

ادامه جدول ۱- نتایج برآورد فرسایش و رسوب در مناطق هفت گانه

خطای نسبی مدل (درصد)	فرسایش ویژه مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	فرسایش ویژه مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	تحویل رسوب (درصد)	رسوب مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	رسوب مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	سطح حوضه (km <sup>2</sup> )	رودخانه	کد ایستگاه	حوضه
-۳۴/۴۵	۹/۰۰	۱۳/۷۳	۲۴	۲/۱۶	۳/۳۲	۱۲۵۰	لار	15007	
-۶۴/۹۱	۹/۳۴	۲۶/۶۲	۲۹	۲/۷۱	۷/۶۲	۲۳۶	هراز	15011	
-۶۳/۸۸	۱۰/۳۷	۲۸/۷۱	۱۹	۱/۹۷	۵/۵	۴۰۰۲/۴۳	هراز	15017	
۲۶۸/۱۶	۱۰/۰۵	۲/۷۳	۱۹	۱/۹۱	۰/۵۲	۴۱۳۵	هراز	15019	
۷۸/۳۴	۱۱/۶۱	۶/۵۱	۲۳	۲/۶۷	۱/۴۸	۱۲۱۰	نور	15015	
۲۵۹/۸۰	۱۰/۸۳	۳/۰۱	۲۴	۲/۶	۰/۷۳	۷۵۵	نور	15013	
۵۹۹/۹۰	۱۳/۳۳	۲/۰۲	۳۳	۴/۴	۰/۶۷	۸۴	هریجان	16017	
۲۳۸/۴۹	۹/۴۱	۲/۷۸	۲۹	۲/۷۳	۰/۸۲	۱۹۱	سرداب رود	16023	
۱۲۴/۱۳	۱۴/۷۷	۶/۵۹	۳۰	۴/۴۳	۱/۹۶	۱۸۰	چالوس	16081	
۶۶/۱۳	۵/۲۰	۳/۱۳	۲۵	۱/۳	۰/۷۸	۶۲۷	هنسک	16019	
-۵۷/۱۲	۹/۰۴	۲۱/۰۸	۲۲	۱/۹۹	۴/۶۱	۱۵۷۶	چالوس	16021	
۳۰۰/۷۲	۱۱/۱۸	۲/۷۹	۲۷	۳/۰۲	۰/۷۶	۳۳۱/۴۱	سرداب رود	16085	
-۶۷/۷۱	۱/۷۶	۵/۴۵	۳۴	۰/۶	۱/۸۴	۷۳/۹	کورکورسر	16011	
۶۳/۹۰	۷/۳۱	۴/۴۶	۲۹	۲/۱۲	۱/۳	۲۰۸/۹۹	آزاد رود	16089	
-۵۴/۴۵	۷/۴۲	۱۶/۲۹	۲۴	۱/۷۸	۳/۹۴	۷۷۳	چشمه کیله	16041	
-۸۸/۳۶	۱/۳۷	۱۱/۷۷	۲۷	۰/۳۷	۳/۱۷	۳۶۳/۴۳	شلمان رود	16061	
-۶۰/۰۷	۱/۱۹	۲/۹۸	۳۱	۰/۳۷	۰/۹۲	۱۳۷/۹۵	شلمان رود	16093	
-۲۴/۷۰	۸/۱۴	۱۰/۸۱	۲۲	۱/۷۹	۲/۳۶	۱۵۹۶/۷۷	پلرود	16055	
۲۸۷/۷۵	۷/۹۱	۲/۰۴	۳۲	۲/۵۳	۰/۶۶	۱۰۰/۲۳	سموش	16059	
۲۷۸/۴۴	۸/۲۵	۲/۱۸	۳۲	۲/۶۴	۰/۷	۱۰۳/۷۷	خشک رود	16091	
۵۴/۴۹	۲/۵۸	۱/۶۷	۳۱	۰/۸	۰/۵۲	۱۳۲/۸۸	شمروود	16205	
-۷۲/۷۲	۳/۵۰	۱۲/۸۳	۲۴	۰/۸۴	۳/۱	۷۸۰/۱۸	پسیخان	18081	
-۶۷/۳۹	۲/۲۷	۶/۹۶	۳۰	۰/۶۸	۲/۰۷	۴۴۲/۰۷	مرغک	18093	
-۱۵/۴۷	۴/۵۹	۵/۴۲	۲۷	۱/۲۴	۱/۴۴	۴۰۴/۷۴	ماسوله رودخان	18087	
-۴/۳۸	۶/۱۱	۶/۳۹	۲۷	۱/۶۵	۱/۷۴	۳۳۷/۵۸	خالکائی	18091	
-۳۵/۱۵	۲/۸۶	۴/۴۱	۳۶	۱/۰۳	۱/۵۷	۵۱/۱۶	لمیر	18044	
۴۱/۱۴	۷/۶۵	۵/۴۲	۳۷	۲/۸۳	۲/۰۲	۳۶/۶۶	لوندویل	18047	
۳۸/۴۶	۴/۳۲	۳/۱۲	۳۴	۱/۴۷	۱/۰۵	۷۵/۲۵	گشت رودخان	18061	
۱۰۰/۰۰	۷/۹۶	۳/۹۸	۲۹	۲/۳۱	۱/۱۵	۲۲۱/۰۲	خالکائی	18065	
-۱/۴۵	۶/۱۰	۶/۱۹	۲۹	۱/۷۷	۱/۷۷	۲۳۷/۰۱	مرغک	18067	
-۶۳/۵۴	۳/۷۷	۱۰/۳۴	۳۱	۱/۱۷	۳/۲۴	۱۲۵/۰۲	حویق	18073	
-۳۰/۶۱	۳/۴۰	۴/۹۰	۳۵	۱/۱۹	۱/۷	۶۱/۳۵	چلودن	18075	
-۶۱/۴۶	۵/۳۳	۱۳/۸۳	۲۷	۱/۴۴	۳/۷۴	۳۵۲/۱۸	شفارود	18021	
-۷۴/۵۳	۴/۶۱	۱۸/۱۰	۲۶	۱/۲	۲/۳۶	۵۲۳/۰۷	کرگانرود	18029	
-۷/۲۵	۳/۰۷	۳/۳۱	۳۰	۰/۹۲	۱/۰	۲۵۸	نیر چای	19051	
۴۷/۲۰	۵/۵۲	۳/۷۵	۲۳	۱/۲۷	۰/۸۷	۱۰۰۲۳۰۶	بالوخلوچای	19053	
-۴۲/۲۹	۶/۸۱	۱۱/۸۰	۲۱	۱/۴۳	۲/۴۸	۲۷۴/۲۰۸	قره‌سو	19067	
-۱۷/۳۴	۴/۷۲	۵/۷۱	۱۸	۰/۸۵	۱/۰	۷۵۰۲۰۵	قره‌سو	19065	
-۶۱/۲۳	۵/۴۴	۱۴/۰۳	۱۶	۰/۸۷	۲/۳۱	۱۱۶۱۵۶	دره‌رود	19069	
-۸۸/۹۴	۴/۲۴	۳۸/۳۴	۲۵	۱/۰۶	۹/۶۳	۵۹۳۴۱	غازان چای	19031	
-۶۱/۱۹	۶/۶۴	۱۷/۱۱	۲۲	۱/۴۶	۳/۸۴	۱۳۱۲۷۸	آغ چای	19083	
-۵۷/۲۴	۱۸/۶۹	۴۴/۳۴	۲۹	۵/۵	۱۲/۸۴	۲۱۷/۷۳	گل گل	21367	
-۱۲/۵۹	۱۳/۴۰	۱۵/۳۳	۲۵	۳/۳۵	۳/۸۹	۵۵۳/۶۹	کنگبیر	21971	
۱۱۲/۱۵	۱۴/۳۲	۶/۷۵	۳۷	۵/۳	۲/۵۲	۳۶/۳۴	کلم	21495	
۸۱۲/۶۱	۱۰/۸۶	۱/۱۹	۲۹	۳/۱۵	۰/۳۴	۲۴۳/۲	آب شیروان	21161	
-۴۰/۷۱	۸/۳۳	۱۴/۰۵	۱۵	۱/۲۵	۲/۰۶	۲۶۳۰۵/۱۹	سیمره	21159	

البرز غربی

ایران مرکزی

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

حوضه	کد ایستگاه	رودخانه	سطح حوضه (km <sup>2</sup> )	رسوب مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	رسوب مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	تحویل رسوب (درصد)	فرسایش ویژه مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	فرسایش ویژه مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	خطای نسبی مدل (درصد)
	21157	آب چناره	۲۵۷۲/۹	۴/۱۶	۱/۲۷	۲۰	۲۰/۳۹	۶/۳۵	-۶۸/۸۶
	21149	جزمان	۷۳۷/۳۲	۱/۱۶	۲/۵۵	۲۴	۴/۷۶	۱۰/۶۲	۱۲۳/۱۱
	21147	سیمره	۲۰۸۹۳/۲۱	۱/۷۴	۱/۲۹	۱۵	۱۱/۴۸	۸/۶۰	-۲۵/۰۹
	21203	بشار	۷۱۶/۰۹	۲/۳۵	۳/۲۲	۲۴	۹/۶۱	۱۳/۴۲	۳۹/۶۵
	21211	کبکیان	۸۸۵/۴۱	۲/۰۲	۳/۰۸	۲۴	۸/۵۱	۱۲/۸۳	۵۰/۷۶
	21215	بشار	۲۶۸۹/۷۷	۶/۵	۲/۶۴	۲۰	۳۲/۰۷	۱۳/۲۰	-۵۸/۸۴
	21223	ماربر	۴۳۰۹/۶۸	۱/۵۹	۲/۳۶	۱۹	۸/۳۹	۱۲/۴۲	۴۸/۰۳
	21205	شاه مختار	۱۰۵۵/۶۸	۷/۹۹	۲/۹۱	۲۳	۳۴/۵۲	۱۲/۶۵	-۶۳/۳۵
	21225	خرسان	۲/۸۹/۲	۳/۲۶	۲/۲۲	۱۷	۱۹/۰۸	۱۳/۰۶	-۳۱/۵۵
	21431	خان میرزا	۳۸۳/۳۸	۰/۳۷	۲/۶۶	۲۷	۱/۳۸	۹/۸۵	۶۱۳/۷۷
	21429	جونقان	۸۹۷/۸۵	۱/۵	۲/۰۵	۲۴	۶/۳۳	۸/۵۴	۳۴/۹۱
	21425	بهشت‌آباد	۳۹۳۰/۳۳	۰/۷۹	۱/۲۳	۱۹	۴/۱۱	۶/۴۷	۵۷/۴۲
	21227	سولگان	۲۱۵۵/۴۴	۰/۸۶	۱/۳۳	۲۱	۴/۱۱	۶/۳۳	۵۴/۰۱
	21233	بازفت	۲۱۹۷/۹۸	۱۳/۷۸	۴/۱۴	۲۱	۶۶/۰۶	۱۹/۷۱	-۷۰/۱۶
	21231	کارون	۹۹۴۴/۷۱	۳/۲۷	۱/۷۸	۱۷	۱۹/۴۲	۱۰/۴۷	-۴۶/۰۹
	21419	بیرگان	۶۰۳/۹۶	۵/۵۲	۵/۲	۲۵	۲۲/۰۳	۲۰/۸۰	-۵/۵۸
	21183	کشکان	۹۲۳۹/۲۶	۳/۸۸	۲/۲۲	۱۷	۲۲/۸۰	۱۳/۰۶	-۴۲/۷۲
	21411	سیمره	۲۹۲۳۶/۶۸	۱/۸۹	۱/۳	۱۴	۱۳/۰۸	۹/۲۹	-۲۸/۹۸
	21177	کشکان	۶۸۳۳/۰۶	۴/۱۵	۲/۴	۱۸	۲۳/۳۷	۱۳/۳۳	-۴۲/۹۶
	21175	خرم‌آباد	۱۵۲۱/۹۸	۲/۵۷	۳/۵	۲۲	۱۱/۶۹	۱۵/۹۱	۳۶/۱۰
	21171	دوآب الشتر	۷۹۴/۸۴	۰/۵۷	۱/۸۵	۲۴	۲/۳۷	۷/۷۱	۲۲۵/۳۲
	21169	هرود	۱۱۵۴/۱	۲/۳۶	۲/۲۸	۲۳	۱۰/۳۳	۹/۹۱	-۴/۰۷
	21181	مادیان‌رود	۱۱۲۸/۰۶	۰/۸۸	۲/۰۴	۲۳	۳/۸۴	۸/۸۷	۱۳۰/۹۹
	21145	بادآور	۵۰۰/۲	۰/۳۵	۲/۴۲	۲۶	۱/۳۶	۹/۳۱	۵۸۴/۵۶
	21173	کشکان	۳۶۲۰/۹۳	۴/۱۷	۲/۳۱	۱۹	۲۱/۴۶	۱۲/۱۶	-۴۳/۳۴
	21179	چولهول	۸۱۲/۰۸	۴/۹۲	۳/۵۴	۲۴	۲۰/۴۸	۱۴/۷۵	-۲۷/۹۸
	21267	تیره	۳۴۹۸/۳	۲/۶۹	۱/۱۷	۲۰	۱۳/۷۷	۵/۸۵	-۵۷/۵۲
	21289	سرخاب	۳۴۳/۵۱	۲۲/۷۹	۶/۲	۲۷	۸۳/۹۵	۲۲/۹۶	-۷۲/۶۵
	21281	سبزه	۳۲۵/۳۸	۳/۰	۳/۴۷	۲۷	۱۰/۹۷	۱۲/۸۵	۱۷/۱۴
	21279	ماربره	۲۵۵۰/۱۰	۱/۲۴	۰/۹۱	۲۰	۶/۰۷	۴/۵۵	-۲۵/۰۴
	21271	ازنا	۲۰۱۸/۹۱	۰/۳۹	۰/۸۱	۲۱	۱/۸۵	۳/۸۶	۱۰۸/۶۵
	21277	ماربره	۲۲۰۱/۱۳	۰/۶	۰/۸۵	۲۱	۲/۸۸	۴/۰۵	۴۰/۶۳
	21273	کمندان	۴۱/۸۱	۰/۷۹	۲/۷۴	۳۷	۲/۱۶	۷/۴۰	۲۴۲/۵۹
	21275	دره تخت	۳۹/۹۳	۰/۵۱	۲/۶۱	۳۷	۱/۳۸	۷/۰۵	۴۱۰/۸۷
	21257	سرآب سفید	۶۰	۰/۴۴	۲/۸۹	۳۵	۱/۲۷	۸/۲۶	۵۵۰/۳۹
	21259	گلرود	۳۲/۲۳	۱/۰۵	۲/۴۲	۳۸	۲/۷۶	۶/۳۷	۱۳۰/۸۰
	21261	سیلاخور	۱۰۱۵/۵۴	۰/۳	۱/۵۵	۲۳	۱/۲۹	۶/۷۴	۴۲۲/۴۸
	21265	بیاتون	۱۱۶/۱۴	۰/۹۷	۱/۴	۳۲	۳/۰۶	۴/۳۷	۴۲/۸۱
	21339	چهل‌گزی	۲۸۰	۱/۱۶	۳/۵۴	۲۸	۴/۱۵	۱۲/۶۴	۲۰۴/۵۸
	21337	رمشت	۳۱۱	۱/۲۸	۲/۲	۲۸	۴/۶۵	۷/۸۶	۶۹/۰۳
	21137	رازآور	۵۸	۱/۶۳	۲/۶۸	۳۵	۴/۶۷	۷/۶۶	۶۴/۰۳
	21019	شیلان	۲۰۰	۳/۵۶	۳/۰۵	۲۹	۱۲/۱۵	۱۰/۵۲	-۱۳/۴۲
	21005	ذاب	۲۱۸۰	۲/۳۸	۱/۹۷	۲۱	۱۱/۴۰	۹/۳۸	-۱۷/۷۲
	33023	زرینه‌رود	۷۱۶۰	۲/۵۶	۱/۳۸	۱۸	۱۴/۴۶	۷/۶۷	-۴۶/۹۶
	33035	سیمینه‌رود	۱۳۵۰	۱/۵۷	۱/۴۴	۲۱	۷/۵۹	۶/۸۶	-۹/۶۹
	33037	سیمینه‌رود	۱۳۱۰	۱/۰۹	۱/۳۲	۱۹	۵/۶۰	۶/۹۵	۲۴/۱۱
	34015	کانیرش	۱۴۳	۰/۵۵	۳/۰۴	۳۱	۱/۷۹	۹/۸۱	۴۴۸/۰۴



ادامه جدول ۱- نتایج برآورد فرسایش و رسوب در مناطق هفت گانه

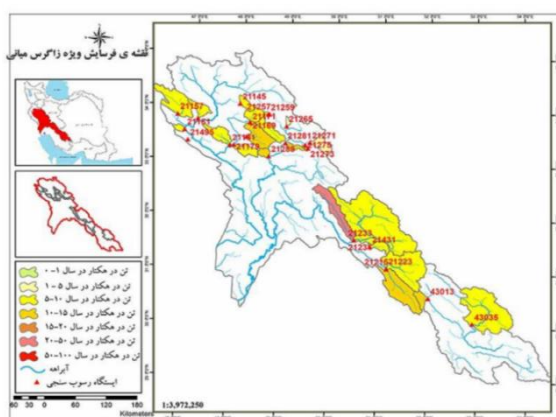
حوضه	کد ایستگاه	رودخانه	سطح حوضه (km <sup>2</sup> )	رسوب مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	رسوب مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	تحویل رسوب (درصد)	فرسایش ویژه مشاهده‌ای (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	فرسایش ویژه مدل (t.ha <sup>-1</sup> .yr <sup>-1</sup> )	خطای نسبی مدل (درصد)
زاگرس میانی	35003	باراندوزچای	۱۴۶۴	۳/۰۴	۱/۷۴	۲۶	۱۱/۴۸	۶/۶۹	-۴۱/۷۲
	35011	شهرچای	۱۴۱۱	۵/۰	۴/۱۳	۲۶	۱۸/۹۲	۱۵/۸۸	-۱۶/۰۷
	35031	نازلوچای	۱۷۱۵	۴/۱۶	۲/۲۹	۲۳	۱۸/۴۶	۹/۹۶	-۴۶/۰۵
	35039	روضهچای	۱۵۱۶	۵/۸۴	۴/۵۹	۲۹	۱۹/۸۲	۱۵/۸۳	-۲۰/۱۶
	36001	زولاچای	۱۵۳۳	۲/۳	۲/۵۸	۲۴	۹/۶۲	۱۰/۷۵	۱۱/۷۵
	36005	دیرعلیچای	۱۶۸۰	۵/۷۷	۱/۸۷	۳۲	۱۷/۹۳	۵/۸۴	-۶۷/۴۳
	41163	لوارک	۱۰۸/۶۲	۳/۶۱	۲/۴۸	۳۲	۱۱/۳۰	۷/۷۵	-۳۱/۴۲
	41161	نارون	۳۱/۹۹	۱۲/۳۵	۳/۰۳	۳۸	۳۲/۴۸	۷/۹۷	-۷۵/۴۶
	41159	نچارکلا	۵۹/۹۸	۹/۰۴	۲/۸۹	۳۵	۲۶/۰۰	۸/۲۶	-۶۸/۲۳
	41117	رودک	۴۳۵/۱۹	۹/۳۲	۲/۵۲	۲۶	۳۵/۵۰	۹/۶۹	-۷۲/۷۰
	41109	سولقان	۲۰۴/۶۵	۲/۶۹	۲/۲۳	۲۹	۹/۲۱	۷/۶۹	-۱۶/۵۰
	41101	سیرا	۷۲۴/۷۹	۷/۷۸	۲/۱۹	۲۴	۳۱/۸۶	۹/۱۲	-۷۱/۳۷
	41095	ده صومعه	۳۵۸/۷۸	۳/۸۵	۱/۷۹	۲۷	۱۴/۲۷	۶/۶۳	-۵۳/۵۴
	41219	باراجین	۱۱۳/۱۹	۲/۵۷	۱/۹۲	۳۲	۸/۰۹	۶/۰۰	-۲۵/۸۳
	41073	قروه	۱۹۳/۵۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۲۱	۴/۶۶	۴/۶۲	-۰/۸۶
	41063	قروه	۹۸/۷۷	۳/۵۸	۲/۸۴	۳۲	۱۱/۰۵	۸/۸۷	-۱۹/۷۳
	41067	آبگرم	۲۴۶۹/۰۶	۳/۰۵	۱/۴۴	۲۱	۱۴/۸۶	۶/۸۶	-۵۳/۸۴
	41071	رحیم آباد	۴۳۴۱/۹۸	۲/۶۱	۱/۳۶	۱۹	۱۳/۷۸	۷/۱۶	-۴۸/۰۴
	41035	یلقان	۱۶۹/۱	۱/۸۲	۱/۸۸	۳۰	۶/۰۶	۶/۲۷	۳/۴۸
	41009	سراب هنده	۸۲۵/۲۷	۱/۶۸	۱/۵۶	۲۴	۷/۰۱	۶/۵۰	-۷/۲۸
41059	رازین	۱۸۱۳/۵	۲/۲۵	۱/۱۵	۲۱	۱۰/۴۹	۵/۴۸	-۴۷/۷۶	
41055	جلایر	۲۸۷۵/۵	۴/۹۶	۱/۴۴	۲۰	۲۴/۷۰	۷/۲۰	-۷۰/۸۵	
41079	حاجی عرب	۵۶۱/۱۹	۰/۵۹	۱/۵۹	۲۵	۲/۳۳	۶/۳۶	۱۷۲/۹۶	
42003	زاینده رود	۱۴۹۰	۸/۲۴	۱/۹۸	۲۲	۳۷/۳۹	۹/۰۰	-۷۵/۹۳	
42005	اسکندری	۱۵۷۸	۰/۵۳	۱/۰۳	۲۲	۲/۴۲	۴/۶۸	۹۳/۳۹	
42047	سمندگان	۲۳۱	۰/۳۸	۱/۱۵	۲۹	۱/۳۲	۳/۹۶	۲۰۰/۰۰	
43013	جمال بیک	۵۸۵/۷۸	۱/۲۴	۳/۶۷	۲۵	۴/۹۳	۱۴/۶۸	۱۹۷/۷۷	
43035	دشتبال	۶۱۴۷/۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۱۸	۵/۳۲	۵/۳۹	۱/۳۲	
47059	اسفراین	۵۱۹	۶/۲۱	۱/۱۲	۲۶	۲۴/۲۶	۴/۳۱	-۸۲/۲۳	
47069	جعفر مشهدی	۲۱۳۶/۴۱	۰/۹۹	۰/۶۴	۲۱	۴/۷۳	۳/۰۵	-۳۵/۵۲	
47071	صنوبر	۷۷/۹۳	۵/۵۷	۱/۸۵	۳۴	۱۶/۶۲	۵/۴۴	-۶۷/۲۷	
44001	پل یافت	۲۳۵	۱/۳۵	۱/۷۸	۲۸	۴/۸۳	۶/۳۶	۳۱/۶۸	
44003	یافت سلطانی	۹۳۵	۴/۰۲	۱/۲۳	۲۴	۱۶/۹۳	۵/۱۲	-۶۹/۷۶	
44111	میدان	۶۳۰	۴/۳۶	۱/۵۲	۲۵	۱۷/۷۷	۶/۰۸	-۶۵/۷۹	
26005	رودبال	۹۰۳/۲۵	۲/۳۳	۱/۴۹	۲۴	۹/۸۴	۶/۲۱	-۳۶/۸۹	
26007	رودبال	۳۳۵۹/۰۶	۱/۰۲	۱/۲۹	۲۰	۵/۱۹	۶/۴۵	۲۴/۲۸	
26013	درودی	۹۹۷۱/۰۶	۱/۴۴	۰/۷۵	۱۷	۸/۵۶	۴/۴۱	-۴۸/۴۸	
26023	رودبال	۷۵۰/۵	۰/۴۳	۱/۲۴	۲۴	۱/۷۸	۵/۱۷	۱۹۰/۴۵	
26201	حاجی آباد	۸۳۹/۵۶	۱/۲۱	۱/۱۱	۲۴	۵/۰۷	۴/۶۲	-۸/۸۸	
27003	جاماش	۱۰۸۱/۱۲	۱۲/۸۶	۱/۳۳	۲۳	۵۵/۷۴	۵/۷۸	-۸۹/۶۳	
27011	رودان	۶۱۰۶/۲۵	۰/۷۹۲	۰/۸۹	۱۸	۴/۳۹	۴/۹۴	۱۲/۵۳	
27017	میناب	۱۰۰۲۴	۱/۸۶	۰/۸۷	۱۷	۱۱/۰۶	۵/۱۲	-۵۳/۷۱	
27019	میناب	۱۰۲۲۲/۷	۳/۳۵	۱/۳۸	۱۷	۱۹/۹۶	۸/۱۲	-۵۹/۳۲	
27023	شمیل	۱۷۴۳	۷/۰	۱/۰	۲۲	۳۲/۴۷	۴/۵۴	-۸۶/۰۲	
28011	مازایی	۶۶۷/۴۴	۱۲/۶۳	۱/۳۹	۲۵	۵۱/۱۳	۵/۵۶	-۸۹/۱۳	
28013	گرو	۱۲۹۴/۵۶	۱۱/۳۴	۱/۰۹	۲۲	۵۰/۴۳	۴/۹۵	-۹۰/۱۸	
28017	جگین	۶۲۳۷/۱۹	۱۲/۶۷	۰/۸۲	۱۸	۷۰/۴۳	۴/۵۵	-۹۳/۵۴	

زاگرس میانی

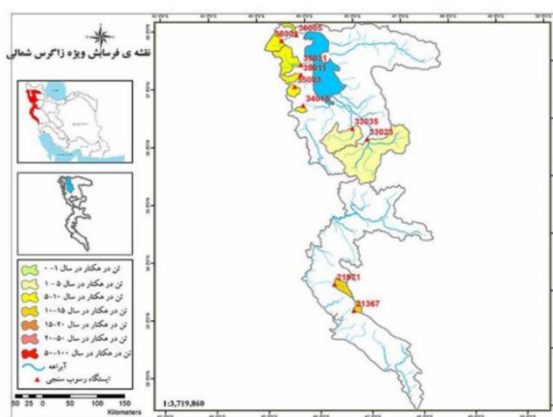
زاگرس جنوبی

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

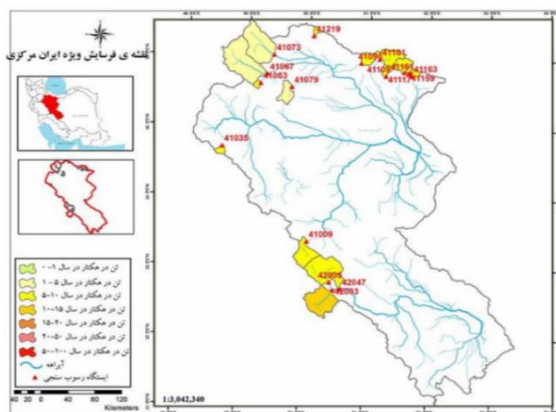
ردیف	منطقه	مساحت (ha)	رسوب (t.ha <sup>-1</sup> .y <sup>-1</sup> )	فرسایش (t.ha <sup>-1</sup> .y <sup>-1</sup> )	رسوب مدل EPM (t.ha <sup>-1</sup> .y <sup>-1</sup> )	فرسایش مدل EPM (t.ha <sup>-1</sup> .y <sup>-1</sup> )
۱	البرز شرقی	۲۷۴۴۸۲۵/۱	۳/۳	۱۱/۸	۳/۶	۷/۶
۲	البرز میانی	۱۶۱۶۸۲۹/۸	۳/۲	۱۵/۶	۶/۲	۷/۵
۳	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



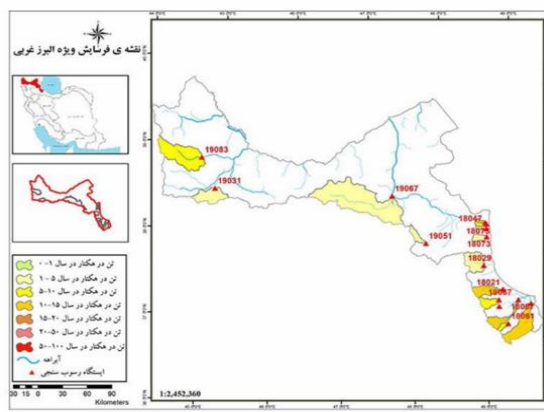
شکل ۱۱- نقشه فرسایش ویژه در منطقه البرز میانی



شکل ۱۰- نقشه فرسایش ویژه در منطقه البرز شرقی



شکل ۱۳- نقشه فرسایش ویژه در منطقه ایران مرکزی



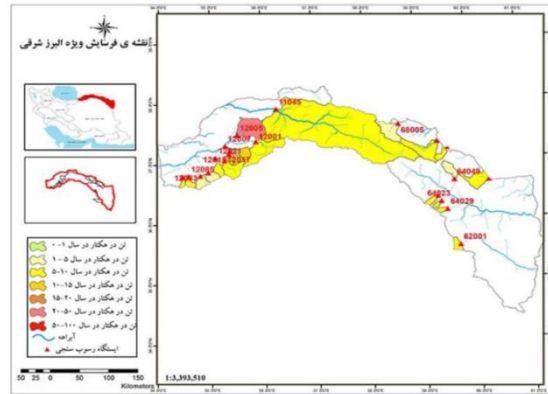
شکل ۱۲- نقشه فرسایش ویژه در منطقه البرز غربی

همان گونه که در شکل ۱۰ ملاحظه می‌شود، بیشتر منطقه البرز شرقی پنج تا ۱۰ تن در هکتار در سال فرسایش دارند. بر اساس شکل ۱۱، ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در منطقه البرز میانی دارای پراکندگی خوبی هستند. همچنین، مقادیر کم فرسایش در این منطقه قابل مشاهده است. در منطقه البرز غربی (شکل

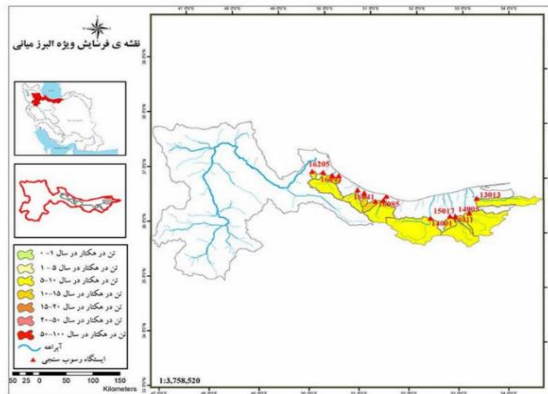
۱۲) فرسایش ویژه عمدتاً در محدوده ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار در سال است. بر اساس شکل ۱۳، قسمت‌های شمالی منطقه ایران مرکزی دارای بیشترین ایستگاه‌های رسوب‌سنجی هستند و محدوده پنج تا ۱۰ تن در هکتار در سال، بیشترین میزان فرسایش را به خود اختصاص داده است. فرسایش ویژه در منطقه

زاگرس شمالی (شکل ۱۴) در محدوده کم بوده، پراکندگی ایستگاه‌ها در بخش بالایی منطقه قرار دارد. طبق شکل ۱۵، فرسایش ویژه در زاگرس میانی کمتر از ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار است. منطقه زاگرس جنوبی

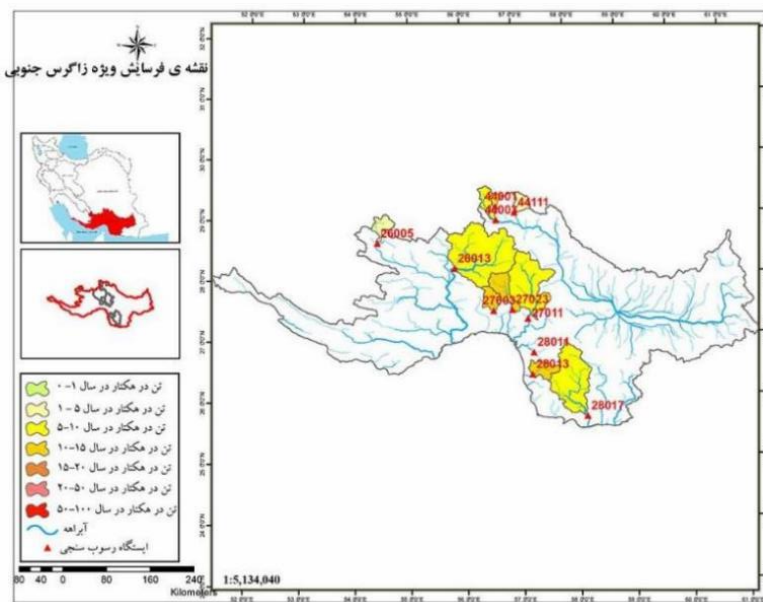
دارای تعداد ایستگاه‌های رسوب‌سنجی کمی است و شکل ۱۶ نقشه فرسایش ویژه این منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- نقشه فرسایش ویژه در منطقه زاگرس شمالی



شکل ۱۵- نقشه فرسایش ویژه در منطقه زاگرس میانی



شکل ۱۶- نقشه فرسایش ویژه در منطقه زاگرس جنوبی

### نتیجه‌گیری

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 می‌شود. متوسط فرسایش خاک در منطقه ایران مرکزی ۱۳/۶ تن در هکتار در سال بوده و

حوضه‌های 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 می‌شود تا شبکه ایستگاه‌های رسوب‌سنجی 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.

### سپاسگزاری

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.

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

### منابع مورد استفاده

- 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.
- Arabkhedri, M., Sh. Hakimkhani and D. Nikkami. 2004. Comparison of some statistical methods in estimation of suspended load in a watershed with snowy-rainy hydrological regime. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 63 pages (in Persian).
- Arabkhedri, M., A.V. Khojeini, Sh. Hakimkhani, A.H. Charkhabi and A.R. Telvari. 2009. Estimating and mapping of sediment yield for Iran. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 151 pages (in Persian).
- Bahadori Khosroshahi, F. 2012. River suspended and bed load computation guide. No. 590, Vice President of Strategic Planning and Supervision, 158 pages.
- ESDAC. 2012. Erosion by water. Global Soil Erosion, European Soil Data Centre, European Commission, online, <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/global-soil-erosion>.
- Eswaran, H., P. Reich and F. Beinroth. 2001. Land resource of south Asia, stress, quality and population supporting capacity. in: Proceedings of the International Conference on the Managing Natural Resources for Sustainable Agriculture Production in 21<sup>st</sup> Century, February 14-18, New Delhi, 551-668.
- 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*, 5<sup>th</sup> ed., Thomson Delmar Learning, New York, 134-158.
- 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. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2: 1-13.
- IWRMC. 2009. Statistical report on brief results of bedload measure of Iranian rivers in 2007-2008. Iran Water Resources Management Company (IWRMC), Ministry of Power, Tehran, Iran.
- Jafari Ardekani, Ali., R. Bayat, S. Nabipay Lashkarian, H.R. Peyrowan, M.H. Mahdian, M. Shariat Jafari, B. Ghermezcheshmeh. 2016. Investigating of performance EPM model in East Alborz Basins. Research Project Final Report, seven reports, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 77 pages.
- Julien, P.Y. 2010. Erosion and Sedimentation. 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Julien, P.Y. 2002. River mechanics. Cambridge University Press, New York, 31-78.

13. Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan. 1980. Soil erosion. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, John Wiley and Sons Publications.
14. Landscape of watersheds. 2007. Atlas of watersheds, erosion and sediment section. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 105 pages.
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. Moradi, Sh., M. Ghorji and A. Jafari Ardakani. 2014. Evaluation of EPM model efficiency in sediment estimation in Gorganrood Watershed of Golestan Province. MSc Thesis, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Soil Science and Engineering Department, University of Tehran, 120 pages.
17. Nikkami, D. 2009. Soil conservation strategic plan. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 277 pages.
18. Nikkami, D., M. Shabani and H. Ahmadi. 2009. Land use scenarios and optimization in a watershed. Journal of Applied Sciences, 9(2): 287-29.
19. Nikkami, D. 2015. Natural resources and agriculture integrated management in watersheds. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 49 pages.
20. Ouyang, D. and J. Bartholic. 1997. Predicting sediment delivery ratio in Saginaw Bay Watershed. In: Proceedings of the 22<sup>nd</sup> National Association of Environmental Professionals Conference. May 19-23, 1997, Orlando, FL. pp: 659-671.
21. Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 537.