برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز بر مبنای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و فن GIS با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی تخمین رسوب EPM (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز سد دز)

حامد نوری[1*]، سید مصطفی سیادت موسوی[2]، برات مجردی[3]

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۴ صص:۵۴-۴۵ تاریخ پذیرش:۹۵/۴/۴

چکیده

فرسایش خاک بر اثر آب یکی از مهم‌ترین عوامل ویرانی زمین به شمار رفته، و امروزه به عنوان یک خطر زیست محیطی جدی در سراسر جهان تلقی می‌گردد. در تحقیق حاضر با بکارگیری از فن سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، میانگین فرسایش و رسوب ویژه و همچنین نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش در دو زیرحوضه‌ی بالادست سد دز، واقع در جنوب غربی استان لرستان، به نام‌های زیر حوضه‌های آب‌سرخ و کشور با مساحتی بالغ بر ۱۹۹۲۰ هکتار، به وسیله‌ی نمونه‌ی فیزیکی EPM انجام پذیرفته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، قریب به ۶۰ درصد منطقه از نظر پوشش گیاهی، اراضی بایر یا مراتع فقیر به شمار می‌روند. از نظر طبقه‌بندی فرسایشی، می‌توان منطقه را به چهار طبقه با فرسایش کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم بندی کرد. میزان متوسط فرسایش ویژه و بار رسوب تخمین زده شده به وسیله‌ی نمونه‌ی فیزیکی EPM در منطقه‌ی مطالعاتی به ترتیب برابر با ۳۲۰۳/۷۱۸ و ۲۲۰۴/۸۴۴ مترمکعب در کیلومترمربع در سال است. همچنین، با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی، مناطق واقع در قسمت میانی و جنوبی منطقه، به دلیل داشتن پوشش گیاهی فقیر و ساختار زمین شناسی سست، دارای فرسایش خیلی زیادی می‌باشند. در صورتی که مناطق شمالی منطقه، با توجه به تراکم بیشتر پوشش گیاهی، از فرسایش کمتری برخوردارند. میزان رسوب ویژه اندازه‌گیری شده در ایستگاه آبسنجی، ۲۲۲۳/۱۷۸ مترمکعب در کیلومترمربع در سال است، که در مقایسه با مقدار محاسبه شده، نمونه‌ی فیزیکی EPM عملکرد مناسبی داشته است.

واژگان کلیدی: بار رسوب، حوضه‌ی آبخیز دز، کاربری اراضی، RS، نمونه‌ی فیزیکی EPM.

[1] کارشناس ارشد عمران- سازه های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه علم و صنعت ایران

[2] استادیار و عضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه علم و صنعت ایران

[3] استادیار و عضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه علم و صنعت ایران

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین عناصر طبیعت و با ارزش‌ترین بستر تولید برای بشر است. مهم‌ترین عاملی که وجود خاک را تهدید می‌کند فرسایش است. امروزه با پیشرفت دانش و فن و با ماشینی شدن جهان روبرو هستیم که بیش از هر زمان دیگر منابع آب و خاک را تهدید می‌کنند، به صورتی که هر ساله شاهد تولید میلیون‌ها تن رسوب در سراسر دنیا می‌باشیم (رفاهی، ۱۳۸۸)، که فرسایش خاک بر اثر عامل آب بیش از ۵۶ درصد آن را شامل می‌شود (الیرما، ۲۰۰۱). لذا، بررسی و تخمین شدت فرسایش و میزان تولید رسوب به منظور نگهداری منابع آب و خاک در زیرحوضه‌های آبخیز احساس می‌شود، زیرا با برنامه‌ریزی دقیق می‌توان شدت فرسایش و تولید رسوب را تا حد قابل قبولی کاهش داد. با توجه به مقدار حد مجاز فرسایش که حدود ۱۲/۵ تن در هکتار در سال است (بنت، ۱۹۳۹). با مقایسه‌ی رقم فوق و فرسایش ویژه در زیر حوضه‌ی سد دز، که ۲۵/۷۷ تن در هکتار در سال برآورد شده است، نشان می‌دهد (شرکت منابع آبی کشور، ۱۳۸۵) که شدت فرسایش در زیر حوضه دز تقریباً دو برابر فرسایش مجاز است، که ضرورت دارد نسبت به پدیده‌ی فرسایش و رسوب در این حوضه توجه جدی اعمال، و برنامه‌ریزی مناسبی وجود داشته باشد.

امروزه کاربرد سنجش از دور به دلیل صرفه جویی در وقت و هزینه، و ارائه‌ی نتایج دقیق تر نسبت به روش‌های سنتی، با استقبال زیادی در سطح دنیا روبه‌رو شده است، و به عنوان ابزاری قدرتمند و ارزان جهت مدیریت، ارزیابی و اداره‌ی پدیده‌ها و منابع زمینی بکارگرفته شده است (ژانگ ژومینگ و همکاران، ۲۰۱۰). سنجش از دور با توجه به مزیت‌ها و ویژگی‌های آن، از جمله تشخیص عوارض و پدیدهای زمینی بدون دخالت و تماس فیزیکی با کاربرد تابش امواج الکترومغناطیسی به سطح عوارض و ثبت موج برگشتی به وسیله‌ی سنجنده‌ها، امکان دید کلی و جزئی را در منطقه فراهم می‌کند (علوی‌پناه،۱۳۸۲). از طرفی دیگر این تصاویر را می‌توان با کمک سامانه اطلاعات مکانی به نقشه‌های رقومی تبدیل کرد، که کاربردهای مختلفی را در علوم زمین داشته باشند. کاربرد چنین داده‌هایی به تمامی پدیده‌های زمینی همانند پوشش گیاهی، خاک، سنگ، کانی‌ها و آب مرتبط است (احمدی، ۱۳۹۱).

مطالعات پیشین در زمینه‌ی مزبور بیانگر این است که نمونه‌ی فیزیکی PSIAC برای اولین بار در حوضه‌ی سد دز در سال ۱۳۵۲ مورد استفاده قرار گرفت. بعدها، با توجه به مشخصه‌های منطقه، نمونه‌ی فیزیکی EPM نیز در برخی از حوضه‌های کشور از جمله: نکا در شمال کشور، کرده در استان خراسان رضوی، رویان در استان سمنان، پگاه سرخ گتوند، و قزل اوزن مورد استفاده قرار گرفته است.

نظری‌زاده و همکاران (۱۳۸۵)، فرسایش‌پذیری و تولید رسوب را در حوضه‌ی مطالعاتی این پژوهش (آبخیز سد دز) به مساحت ۱۷۳۲۰ کیلومترمربع با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی MPSIAC و تصاویر تهیه شده به وسیله‌ی ماهواره LANDSAT5، سنجنده TM، با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر مورد بررسی قرار دادند. طبق نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش به دست آمده، تقریباً ۳۵ درصد حوضه در زمره‌ی نواحی با فرسایش‌پذیری و تولید رسوب بالا قرار گرفتند. مقدار رسوب محاسباتی از نمونه‌ی فیزیکی با احتساب ضریب تعدیل ۰/۸۸۶۰۷ برابر با ۱۸۷۴۲۸۰۰ مترمکعب در سال تعیین گردید.

رنگزن و همکاران (۱۳۸۵)، جهت تعیین نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش و رسوب حوضه‌ی آبخیز پگاه سرخ گتوند، از تصاویر سنجنده‌ی ETM ماهواره لندست و نمونه‌ی فیزیکی تخمین رسوب EPM استفاده کردند. بر اساس مطالعات انجام شده، مشخص گردید که نمونه‌ی فیزیکی EPM با مقادیر اندازه‌گیری شده مطابقت خوبی داشته، و نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش تهیه گردیده از این نمونه‌ی فیزیکی نشان داد، که بیش از ۶۰ درصد از مساحت منطقه دارای شدت فرسایش متوسط تا شدید بوده است.

باقرزاده کریمی (۱۳۷۲)، در پژوهشی در زیرحوضه‌ی اوزون دره از حوضه‌ی آبخیز قزل اوزن به این نتیجه رسیده است که نمونه‌ی فیزیکی PSIAC با مقادیر مشاهداتی همخوانی مناسب داشته، و همچنین نمونه‌ی فیزیکی EPM را مناسب برای سایر مناطق مشابه منطقه‌ی تحقیق دانسته است.

تنگستانی (۲۰۰۶)، ضمن تهیه نقشه فرسایش در زیرحوضه‌ی افزر در حوضه‌ی قره آغاج، مقدار فرسایش و رسوب را با استفاده از تصاویر رقومی ETM^+ و نمونه‌های فیزیکی EPM و MPSIAC برآورد کرده و نتیجه گرفت که

نمونه‌ی فیزیکی MPSIAC نتایج بهتری را نسبت به نمونه‌ی فیزیکی EPM برای حوضه مورد نظر داده است.

وینتای ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، مناطقی از شمال غربی چین را با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی EPM و با کمک تصاویر سنجنده‌ی TM و ETM^{+} طی یک دوره‌ی ۲۶ ساله مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که طی این مدت، فرسایش خاک ۲۳ درصد افزایش یافته، و علت اصلی آن فعالیت‌های بشر و از بین رفتن پوشش گیاهی در منطقه بوده است. همچنین، مقدار بار رسوبی حوضه‌ی مطالعاتی به وسیله‌ی نمونه‌ی فیزیکی EPM، ۱۸۸۹/۲ مترمکعب در کیلومترمربع در سال محاسبه شد که در مقایسه با میزان رسوب مشاهداتی، ۱۴۱۲ مترمکعب در کیلومترمربع در سال، نمونه‌ی فیزیکی EPM مقادیر رسوب را دست بالا تخمین زده است.

لی هویی و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی جهانی فرسایش خاک (USLE)، میزان فرسایش خاک را در حوضه‌ی لیائو چین، به مساحت ۳۵۳۰ کیلومترمربع به کمک فن سنجش از دور و GIS مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ی لندست و سنجنده‌ی +ETM در تاریخ ۱۴ سپتامبر ۲۰۰۰ استفاده شده است. در این مطالعه، میزان متوسط بار رسوب حوضه ۱/۳ میلیون تن در سال برآورد شده، که ۲۰ درصد از رسوب مشاهداتی بیشتر است.

هدف از این تحقیق برآورد فرسایش و رسوب با داده‌های ماهواره‌ای و تکیه بر دانش سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی EPM در زیرحوضه‌های مورد مطالعه، و بررسی میزان همخوانی رسوب براورد گردیده از طریق این نمونه‌ی فیزیکی، با رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه آبسنجی کشور و همچنین تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی فرسایش در منطقه‌ی مزبور است.

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز دز یکی از بزرگترین حوضه‌های ایران و بخشی از حوضه‌ی آبخیز خلیج فارس است. محدوده‌ی جغرافیایی این حوضه به نحوی است که ۶ استان لرستان، خوزستان، چهارمحال بختیاری، مرکزی، اصفهان و همدان درگیرند. استان لرستان قسمت اعظم این حوضه را بین استان‌ها دربرگرفته است (شکل a۱). مساحت کل حوضه‌ی آبخیز دز ۱۷۳۲۰ کیلومترمربع، و طول محیط آن ۸۷۵ کیلومتر است. حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه بخش‌هایی از زیرحوضه‌ی سزار از حوضه‌ی آبخیز دز به نام‌های زیرحوضه‌ی آب‌سرخ با محدوده‌ی جغرافیایی '۳۱ °۴۸ تا '۳۹ °۴۸ طول شرقی و' ۰۶ °۳۳ تا ' ۱۳ °۳۳ عرض شمالی و مساحتی برابر با ۸۴۲۰ هکتار و زیرحوضه‌ی کشور با محدوده‌ی جغرافیایی '۳۸ °۴۸ تا '۴۶ °۴۸ طول شرقی و '۰۶ °۳۳ تا ' ۱۳ °۳۳ عرض شمالی و مساحتی برابر با ۱۱۵۰۰ هکتار و در مجموع دو زیرحوضه، منطقه‌ی مطالعاتی مساحتی بالغ بر ۱۹۹/۲ کیلومترمربع را دارد.

جهت بالابردن دقت نمونه‌ی فیزیکی و تحلیل‌ها، زیرحوضه‌ی آب‌سرخ به چهار واحد آبشناسی A1 تا A4، و همچنین زیرحوضه‌ی کشور به پنج واحد K1 تا K5 بر اساس مشاهدات میدانی (شیب، آبراهه‌های اصلی و جهت جریان) تقسیم‌بندی شده اند. (باقرزاده و دانشور، ۲۰۱۱) (شکل b۱).

روش تحقیق

در این تحقیق پس از به دست آوردن اطلاعات و جمع‌آوری آمار مربوط به منطقه، شامل اطلاعات هواشناسی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، و اطلاعات مربوط به کاربری اراضی و پوشش گیاهی حاصل از تحلیل و پردازش و اعمال تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌های: ۱- IRS-P6 سنجنده LISS3 به تاریخ دسامبر ۲۰۰۵ (آذر ۱۳۸۴) با قدرت تفکیک مکانی ۲۴ متر؛ ۲- LANDSAT5 سنجنده‌ی TM به تاریخ اکتبر ۱۹۹۶ (مهر ۱۳۷۵) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر؛ ۳- ماهواره‌ی TERRA سنجنده‌ی ASTER به تاریخ ژانویه ۲۰۰۸ (دی ۱۳۸۶) با قدرت تفکیک مکانی ۱۵متر، اقدام به تولید لایه‌های رستری عامل‌های دخیل در فرسایش، مربوط به نمونه‌ی فیزیکی EPM در محیط GIS شد. در این روش چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش حوضه‌ی آبخیز (Φ)، ضریب کاربری اراضی (X_a)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب حوضه (I) مورد بررسی قرار گرفت. نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی مورد مطالعه، با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده است. همچنین، آمار مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی و آبسنجی منطقه در دوره‌ی آماری ۴۰ سال آبی ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵، از بایگانی و آمارهای شرکت منابع آب ایران، و گزارش تلفیق مطالعات منابع آب و به هنگام‌سازی حوضه‌ی آبخیز کارون بزرگ جلد سوم،

تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات و تراز نامه آب، بخش دوم- آب‌های سطحی و رسوب در تابستان سال ۱۳۸۸ استخراج شده اند.

تصاویر ماهواره‌ای

امروزه رایج‌ترین روش برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، زمین‌شناسی، پوشش‌های گیاهی و تعیین نمونه‌ی رقومی ارتفاعی زمین، استفاده از فن سنجش از دور است (کپیل قاش و همکاران، ۲۰۱۳). تصاویر مورد استفاده جهت تعیین کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه مربوط به دو ماهواره‌ی IRS-P6 سنجنده‌ی LISS3، و ماهواره‌ی LANDSAT5 سنجنده‌ی TM اند؛ که بعد از اعمال تصحیحات هندسی و تابش‌سنجی در تصاویر و انتخاب نوارهای مناسب برای هر تصویر، طبقه‌بندی و استخراج لایه‌های کاربری از تصاویر مربوط به دو ماهواره انجام پذیرفته، و در آخر برای ارزیابی صحت لایه‌های تهیه شده، از دو روش صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شده است. دقت کلی و ضریب کاپا برای سنجنده‌ی LISS3 به ترتیب برابر با ۰/۹۰۳ و ۰/۹۰۱، و برای سنجنده‌ی TM برابر با ۰/۸۹۵ و ۰/۸۹۳ محاسبه شد. بر این اساس، دقت طبقه‌بندی در دو تصویر بسیار مطلوب و قابل قبول بوده است. در ادامه، روند این فرایند، برای تصویر سنجنده‌ی LISS3 به تاریخ آذر ۸۴، به علت دقت طبقه‌بندی بالاتر، قدرت تفکیک مکانی بهتر و به‌روزتر بودن نسبت به تصویر سنجنده‌ی TM، توضیح داده شده است. در نهایت، نقشه کاربری اراضی با استفاده از این تصویر حاصل شده است. (علت انتخاب این فصل از سال از آن جهت است که فرسایش آبی با توجه به پوشش گیاهی عمدتاً در این هنگام صورت می‌گیرد).

تصحیح هندسی تصاویر

جهت تصحیح خطای هندسی، با تهیه‌ی نقشه‌های پستی و بلندی ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری و استخراج لایه و راه‌های منطقه، این لایه به عنوان مبنا در نظر گرفته شد و تصحیح هندسی صورت گرفت. جهت کسب اطمینان بیشتر، با استفاده از نقاط معین زمینی، و نیز نمونه‌ی هندسی آفاین، که یک تابع خطی است، در ۲۵ نقطه تصحیح مکانی صورت گرفت و خطای RMS، یا مجذور مربعات خطا، که بیانگر فاصله بین موقعیت اولیه‌ی یک نقطه معین و موقعیت انتقال یافته آن برای همان نقطه‌ی معین زمینی است، در نمونه هندسی آفاین محاسبه گردید. برای تصویر مذکور مجذور میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۱۹ بدست آمد. این خطا با کاربرد معادله (۱) محاسبه می‌گردد:

$$RMS_{Error} = \left[(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2\right]^{0.5} \qquad (۱)$$

که در آن xi , yi مختصات اولیه (مبدأ) و xr , yr مختصات محاسبه شده اند.

تصحیح تابش‌سنجی تصاویر

برای تصحیح تابش‌سنجی، یا در واقع آشکارسازی تابش‌سنجی از الگوریتم مستطیل های معادل براساس معادله‌ی (۲) استفاده شده است. آشکارسازی بر روی تک تک نوارها به‌طور مجزا انجام می‌شود. روش برابر سازی و یا تسطیح نمودارهای ستونی عبارتند از یک فرایند کشیدگی غیر خطی، که در آن ارزش پیکسل ها بر مبنای تابع خاصی به طوری توزیع مجدد می‌شود، که تقریبا به تعداد معینی پیکسل در هر دامنه به‌خصوص قرار می گیرند:

$$Y = \left(\frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}\right) * 255 \qquad (۲)$$

که در آن Y شماره‌ی درجات روشنایی خروجی، X شماره‌ی درجات روشنایی ورودی، X_{min} شماره‌ی درجات روشنایی حداقل، و X_{max} شماره‌ی درجات روشنایی حداکثر می‌باشند.

تحلیل آماری و انتخاب بهترین ترکیب نوار

استفاده از ویژگی‌های آماری نمونه‌های آموزشی، متداول ترین روش انتخاب بهترین نوار از مجموع نوارهای ایجاد شده است (جان استرانی، ۲۰۱۰). برای این منظور از عامل شاخص مطلوب (OIF) استفاده شده است (معادله‌ی ۶). در این روش ترکیب نواری که بالاترین مقادیر عامل شاخص مطلوب را دارد، به عنوان بهترین ترکیب نوار انتخاب گردید. جهت محاسبه عامل شاخص مطلوب در ابتدا ماتریس واریانس-کواریانس و ماتریس همبستگی تصاویر محاسبه شدند.

واریانس و کوواریانس برای ۴ نوار سنجنده‌ی LISS3، بر اساس معادلات ۳ و ۴ محاسبه و در جدول (۱) نشان داده شده اند. در این جدول، قطر ماتریس واریانس تک نوارها و اعداد دیگر کوواریانس بین نوارها می‌باشند:

$$Var_b = \frac{\sum x_{b^2}}{N} - \frac{\left(\sum x_b\right)^2}{N^2} \qquad (۳)$$

که در آن X_b ارزش پیکسل در نوار b، و N تعداد پیکسل‌هایی که تعریف نشده اند می‌باشد:

$$Co\,\mathrm{var}_{b1,b2} = \frac{\sum x_{bi} * x_{bj}}{N} - \left(\frac{\sum x_{bi}}{N} * \frac{\sum x_{bj}}{N}\right) \qquad (٤)$$

که در آن X_{bi} ارزش پیکسل در نوار b_i، X_{bj} ارزش پیکسل در نوار b_j، N تعداد پیکسل هایی که تعریف نشده اند می‌باشد.

ماتریس همبستگی جهت محاسبه ضریب همبستگی بین نوارهای ورودی طی دو مرحله محاسبه گردیده است. مرحله‌ی اول همان ماتریس کوواریانس است که در مرحله‌ی قبلی از نوارهای تصویر بدست آمد، در مرحله‌ی دوم، عناصر ماتریس کوواریانس بر اساس معادله (۵)، بهنجار می‌شوند. نتایج ماتریس همبستگی در جدول (۲) نشان داده شده اند:

$$Corr_{bi,bj} = \frac{\left(Co\,\mathrm{var}_{b_i,b_j}\right)}{\sqrt{Var_{b_i} * Var_{b_j}}} \qquad (۵)$$

که در آن $Corr\ b_i,b_j$ همبستگی بین دو نوار b_i , b_j، $Covar\ b_i,b_j$ کوواریانس محاسبه شده از دو نوار b_i,b_j. $Varb_i$ واریانس نوار ورودی اول b_i، و $Varb_j$ واریانس نوار ورودی دوم b_j است.

در ماتریس همبستگی، ضرایب همبستگی در قطر همیشه برابر با ۱ است. نزدیک بودن ضریب همبستگی به عدد ۱ نشان دهنده‌ی یک رابطه‌ی مستقیم بین نوارهاست. با توجه به ماتریس همبستگی تصویر سنجنده‌ی LISS3، برای ساختن ترکیب رنگی، بالا بودن همبستگی دو نوار ۲و۳ با ضریب ۰/۹۹۷ ایجاب می نماید که یکی از آنها را حذف و از ترکیب نوارهای ۵-۴-۲ یا ۵-۴-۳ استفاده شود. پس از مشخص شدن کمترین میزان همبستگی بین نوارها، و یا بیشترین مجموع انحراف معیار ارزش پیکسل نوارها نسبت به یکدیگر، با استفاده از الگوریتم عامل شاخص مطلوب (OIF) با معادله‌ی (۶)، که در واقع معرف مطلوب‌ترین ترکیب نوار برای ساختن تصویر رنگی است تعیین شد. در نهایت ترکیب نوار ۵-۴-۲ جهت ساختن تصویر مناسب انتخاب گردید (جدول ۳).

$$OIF = \frac{\sum_{j=1}^{3} SDi}{\sum_{j=1}^{3} |CCj|} \qquad (٦)$$

که در آن OIF عامل شاخص مطلوب، $\sum_{j=1}^{3} SDi$ مجموع انحراف‌های معیار سه نوار، $\sum_{j=1}^{3} |CCj|$ مجموع قدرمطلق ضرایب همبستگی بین دو نوار از سه نوار.

نمونه‌ی فیزیکی تخمین رسوب EPM

این روش با استفاده از اطلاعات حاصله از قطعه زمین‌های فرسایشی و اندازه‌گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق بدست آمده، و برای اولین بار به وسیله‌ی گاوریلویچ (۱۹۸۸) ارائه گردیده است (هاگاس جبرسلاسی، ۲۰۱۵). عوامل موثر در فرسایش خاک در این نمونه وضعیت پستی و بلندی، سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، اقلیم و کاربری اراضی است. با این روش، علاوه بر تعیین مقدار فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز، می‌توان برآورد اولیه‌ای از میزان رسوبگذاری را در پشت سدهای در دست مطالعه انجام داد. (حیدریان، ۱۹۹۶)

همان‌طور که قبلا بیان شد، در این روش چهار مشخصه شامل، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)، شیب حوضه (I)، ضریب کاربری اراضی (X_a) و ضریب فرسایش حوضه‌ی آبخیز (Φ) مورد بررسی قرار می‌گیرند که در ادامه توضیح داده می‌شوند.

ضریب حساسیت خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط (I)

برای تعیین شاخص (Y) لازم است مطالعات زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی انجام گیرد. جهت استخراج عامل زمین‌شناسی از نقشه‌های زمین‌شناسی و همچنین از نقشه‌ی خاک‌شناسی تهیه شده در شرکت مهندسی آب و خاک مطالعات کرخه‌ی اهواز استفاده شده است (شکل a۲). نمونه رقومی ارتفاع منطقه جهت تعیین شیب متوسط حوضه (I)، از جفت نوار استریو سنجنده‌ی استر با قدرت تفیک ۱۵ متر بدست آمده است (شکل b۲).

ضریب کاربری اراضی (Xa)

بعد از انتخاب ترکیب نوار مناسب RGB 245، برای تعیین نقشه‌ی کاربری اراضی نیاز به نمونه‌های تعلیمی از منطقه مطالعاتی است. نمونه‌های تعلیمی از طریق تفسیر بر روی تصویر ماهواره‌ای و از روش ROI (Region of interest) در محیط نرم افزار ENVI صورت پذیرفت.

نمونه‌های اخذ شده از تصویر معرف طبقه‌های کاربری اراضی است که در فرایند پردازش تصاویر به عنوان پیکسل های آموزشی عمل می‌کنند. با توجه به اطلاعات جمع آوری شده و نمونه های آموزشی، نقشه‌ی کاربری اراضی برای منطقه‌ی مورد مطالعه به کمک طبقه بندی نظارت شده با روش بیشترین احتمال، تهیه شده است.

در روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال، فرض می‌شود که مناطق آموزشی از پراکندگی بهنجاری برخوردارند (پندی و همکاران، ۲۰۰۷). برای هر پیکسل ناشناخته با ویژگی X، فاصله بین ارزش‌های رقومی آن در نوارهای مختلف، تا میانگین ارزش‌های پیکسل‌های آموزشی هر ردیف (i) برای (n) نوار ورودی، محاسبه می‌شود، و این امر شامل محاسبه‌ی ماتریس واریانس-کوواریانس (V) برای هر ردیف (i) نیز هست. معادله‌ی ۷ رابطه‌ی مورد استفاده را در روش بیشترین احتمال نشان می‌دهد:

$$d_i(x) = \ln|V_i| + y^T V^{-1} y \qquad (۷)$$

که در آن d_i فاصله بین ویژگی (x) و میانگین ردیف (mi) بر پایه‌ی احتمالات، V_i ماتریس واریانس-کوواریانس n*n مربوط به ردیف i، که n تعداد نوارهای ورودی است. $|V_i|$دترمینان ماتریس V_i، y اختلاف بین ویژگی (x) و میانگین mi. y^T ترانهاده y است.

پس از اعمال طبقه‌بندی نظارت شده اقدام به ارزیابی دقت طبقه بندی شده است. در این تحقیق از دو روش صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی صحت لایه‌ها استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده‌ی حاصله از طبقه‌بندی نظارت شده، دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب برابر با ۰/۹۰۳ و ۰/۹۰۱ محاسبه گردیده است.

در نهایت، نقشه‌ی کاربری اراضی در چهار طبقه جنگل‌های نیمه متراکم، جنگل‌های کم تراکم، کشاورزی و اراضی بایر تقسیم‌بندی شده است (شکل c۲). تعداد نمونه‌های تعلیمی در هر طبقه کاربری و میانگین و انحراف مقادیر روشنایی پیکسل‌ها به ترتیب در جدول (۴ تا ۸) نشان داده شده اند.

جهت تعیین تراکم پوشش گیاهی منطقه، و پی بردن به تغییرات پوشش گیاهی در حوضه، از شاخص NDVI مربوط به تصویر ماهواره IRS-P6 سنجنده‌ی LISS3 و تصویر ماهواره LANDSAT5 سنجنده‌ی TM استفاده شده است. (جان ولنز، ۱۹۹۷):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad (۸)$$

که در آن NIR نوار مادون قرمز موج الکترومغناطیسی در محدوده‌ی طیفی ۰/۸۶- ۰/۷۷ میکرومتر، و RED نور قرمز در محدوده‌ی طیفی ۰/۶۸- ۰/۶۲ میکرومتر است. با توجه به شکل d۲ در منطقه، تغییرات قابل توجهی طی یک دوره ۱۰ ساله، در پوشش گیاهی منطقه دیده نشده و تبدیل اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی بایر تقریبا ثابت بوده است.

ضریب فرسایش منطقه (Φ)

این عامل در اصل وضعیت فعلی فرسایش را در سطح حوضه در برمی‌گیرد. نحوه‌ی امتیازدهی به عوامل مختلف در جداول ملاک آن مشخص شده است (رفاهی، ۱۳۸۸). با توجه به داده‌های تصاویر ماهواره‌ای از منطقه، اطلاعات موجود در گزارش پوشش گیاهی، زمین شناسی، و خاک‌شناسی، لایه‌های مربوط به هر یک از این اطلاعات تهیه، و با ترکیب این لایه‌ها، نقشه‌ی ضریب فرسایش برای هر کدام از واحدهای آبشناسی، و نهایتا زیرحوضه‌ها به تفکیک محاسبه شده است.

نتایج و بحث

برای براورد فرسایش و رسوب تولیدی پس از تعیین ۴ عامل دخیل در نمونه‌ی فیزیکی، ضریب شدت فرسایش منطقه طبق معادله‌ی (۹) بدست می‌آید:

$$Z = X_a.Y.(\Phi + I^{0.5}) \qquad (۹)$$

که در آن Z ضریب شدت فرسایش، Xa ضریب استفاده از زمین، Y ضریب حساسیت خاک به فرسایش، Φ ضریب فرسایش و I شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است. پهنه‌بندی فرسایش منطقه، با توجه به مقادیر این شاخص در زیرحوضه‌ها تعیین می‌شود. در این روش فرسایش ویژه از رابطه‌ی (۱۰) بدست می‌آید:

$$W_{SP} = T.H.\pi.Z^{1.5} \qquad (۱۰)$$

که در آن W_{sp} میانگین سالانه‌ی فرسایش ویژه برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال است. T ضریب دما بوده و از رابطه‌ی (۱۱) بدست می‌آید:

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5} \qquad (۱۱)$$

که در آن t میانگین دمای سالانه در حوضه‌ی آبخیز به درجه‌ی سانتیگراد است. H ارتفاع متوسط بارندگی سالانه‌ی حوضه‌ی آبخیز بر حسب میلی‌متر بوده، و $\pi = 3.1415..$ عددی ثابت است (جداول ۹و ۱۰).

برای محاسبه‌ی رسوب ویژه از ضرب فرسایش ویژه در ضریب رسوب‌دهی حوضه، یا ضریب نگهداشت مواد فرسایش یافته با معادله‌ی (۱۲) استفاده می‌شود:

$$G_{SP} = W_{SP}.Ru \qquad (۱۲)$$

که در آن Gsp رسوب ویژه بر حسب مترمکعب در سال در کیلومترمربع و Ru ضریب رسوب‌دهی است که از رابطه‌ی (۱۳) حاصل می‌شود:

$$Ru = \frac{4(P \times D)^{0.5}}{L + 10} \qquad (۱۳)$$

که در آن P طول محیط حوضه‌ی آبخیز بر حسب کیلومتر، L طول حوضه‌ی آبخیز بر حسب کیلومتر و D اختلاف ارتفاع متوسط حوضه (D_{av}) با ارتفاع نقطه‌ی خروجی (D_0) در رودخانه بر حسب کیلومتر است.

تعیین متوسط فرسایش و رسوب منطقه

طبق معادله‌ی (۱۲)، مقدار متوسط فرسایش بر اساس عامل وزنی مساحت واحدهای آبشناسی، در زیرحوضه‌ی آب‌سرخ ۲۷۱۴/۷۳۶ مترمکعب در کیلومترمربع در سال، و در زیرحوضه‌ی کشور ۳۵۶۴/۲۳۲ مترمکعب در کیلومترمربع در سال، و در مجموع دو زیر حوضه، مقدار متوسط فرسایش ۳۲۰۳/۷۱۸ مترمکعب در کیلومترمربع در سال است. با اعمال ضریب رسوب‌دهی بر فرسایش‌پذیری کم، متوسط زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شده است، که ۱۰ درصد در پهنه‌ی فرسایش کم، ۲۰ درصد در پهنه‌ی فرسایش متوسط، ۵۱ درصد در پهنه‌ی فرسایش زیاد و ۱۹ درصد در پهنه‌ی فرسایش خیلی زیاد جای دارد (شکل a۳).

در تحقیق صورت گرفته در حوضه‌ی بزرگ دز به مساحت ۱۷۳۲۰ کیلومترمربع و محیط ۸۷۵ کیلومتر، به مقدار فرسایش، متوسط رسوب ویژه‌ی پیش‌بینی شده با کاربرد این نمونه‌ی فیزیکی در زیرحوضه‌ی آب‌سرخ ۲۰۱۸/۶۶۱ مترمکعب در کیلومترمربع در سال، در زیرحوضه‌ی کشور ۲۳۴۱/۱۶۱ مترمکعب در کیلومترمربع در سال، و در مجموع دو زیر حوضه، مقدار رسوب ویژه ۲۲۰۴/۸۴۴ مترمکعب در کیلومترمربع در سال است (شکل c۳).

جهت مقایسه‌ی نتایج نمونه‌ی فیزیکی EPM، از مقادیر رسوب مشاهداتی در ایستگاه آبسنجی کشور با مختصات جهانی "۲۱ '۸ °۳۳ = φ و "۵ '۳۸ °۴۸ = λ استفاده شده است (شکل b۱). مقدار مشاهداتی رسوب، مطابق با گزارش سازمان آب و برق خوزستان در دوره‌ی آماری ۴۰ سال آبی ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵ (میزان رسوب برای هر سال به صورت متوسط سالانه تعیین شده است) برابر با ۶۲۰ هزار تن در سال است، که با در نظر گرفتن وزن مخصوص ۱/۴ تن درمترمکعب برای رسوب‌ها (گزارش تلفیق مطالعات منابع آب و به هنگام سازی حوضه‌ی آبخیز کارون بزرگ جلد سوم، تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات و تراز نامه آب، بخش دوم- آب‌های سطحی و رسوب در تابستان سال ۱۳۸۸)، میزان رسوب برابر با ۲۲۲۳/۱۷۸ مترمکعب در کیلومترمربع در سال بدست می‌آید. همچنین، میانگین وزنی براورد بار رسوب کل منطقه مطالعاتی، بر اساس مساحت واحدهای آبشناسی باکاربرد نمونه‌ی فیزیکی، ۲۲۰۴/۸۴۴ (۶۱۴/۸۸۷ هزار تن در سال) مترمکعب در کیلومترمربع است، که در مقایسه با مقدار مشاهداتی عملکرد مناسبی را از خود نشان داده است (شکل d۳).

پهنه بندی فرسایش در منطقه

بر اساس مقادیر شاخص ضریب شدت فرسایش (Z) جدول (۱۲)، نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش بدست آمده است (جدول ۱۳). با توجه به نتایج، منطقه به چهار طبقه

وسیله‌ی نظرزاده و همکاران، ۳۵ درصد حوضه بزرگ دز در پهنه‌ی فرسایشی زیاد و خیلی زیاد قرار داشته، و میزان متوسط تولید رسوب و فرسایش ویژه در کل حوضه دز به ترتیب برابر با ۹۹۶/۷۶ و ۲۱۲۱/۲۷۶ مترمکعب در کیلومترمربع در سال است. با توجه به نتایج حاصله از پژوهش حاضر، زیرحوضه‌های آب‌سرخ و کشور از حوضه

بزرگ دز، به احتمال زیاد، در زمره‌ی نواحی با فرسایش‌پذیری بالا قرار دارند (شکل b۳).

نتیجه‌گیری

نقشه‌های حاصل از سنجش از دور گواه بر این امر اند که منطقه، از نظر پوشش گیاهی، دارای پوشش ضعیفی است و قریب به ۶۰ درصد منطقه اراضی لخت یا دارای مراتع فقیر هستند. نتایج حاصله از این تحقیق نشان می‌دهند که در حوضه‌های آب‌سرخ و کشور ۷۰ درصد منطقه از نظر وضعیت فرسایشی در منطقه فرسایشی زیاد تا خیلی زیاد قرار دارد. در بحث برآورد مقدار رسوب، این نمونه‌ی فیزیکی با تخمین بار رسوب ۶۱۵ هزارتن در سال، با توجه به مقادیر مشاهداتی، عملکرد مناسبی را از خود نشان داده است.

در بین واحدهای آبشناسی، واحد K_3 با تولید رسوب و فرسایش ویژه‌ی به ترتیب ۲۸۰۳/۶۰۷ و ۴۰۶۳/۱۹۸ مترمکعب در کیلومترمربع دارای بحرانی‌ترین شرایط از نظر تولید رسوب است؛ واحد K_4 با تولید رسوب و فرسایش ویژه‌ی به ترتیب ۱۵۹۴/۶۷۲ و ۲۲۱۴/۸۲۲ مترمکعب در کیلومترمربع کمترین میزان تولید رسوب را در بین واحدهای زیرحوضه‌ها داراست. با توجه به میزان رسوب و فرسایش برآورد شده از این پژوهش، حتی واحد K_4، که در کل دو زیر حوضه مطالعاتی کمترین میزان تولید رسوب و فرسایش را دارد، در کل حوضه سد دز طبق تحقیقات پیشین، که در بخش قبلی بیان شد، جزء نواحی با فرسایش بالا قرار داشته و میزان تولید رسوب و فرسایش در این دو زیرحوضه از متوسط فرسایش حوضه‌ی دز بیشتر است و دلیل این اختلاف را می‌توان در شیب منطقه، نوع خاک و شرایط زمین شناسی، پوشش گیاهی و حفاظت از منطقه دانست (جدول ۱۱).

نتایج حاصل از تصاویر و جداول پوشش گیاهی به کمک سنجش از دور، و مقایسه‌ی نمودار این شاخص در سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۴، نشان می‌دهند که تغییر چندانی در پوشش گیاهی منطقه رخ نداده و تبدیل اراضی دارای پوشش گیاهی به اراضی بایر وجود ندارد. دلیل این امر را به احتمال زیاد می‌توان عدم دخالت بشر و غیر قابل مسکونی بودن منطقه بیان نمود که تغییری در کاربری اراضی و توازن پوشش گیاهی منطقه ایجاد نکرده است. با توجه به این موضوع، می‌توان پدیده‌های دیگر را از جمله نوع سنگ و خاک، تراکم پوشش گیاهی منطقه، مهم‌ترین عوامل مؤثر در میزان شدت فرسایش منطقه دانست، که با تمهیداتی خاص در تغییر و بهبود نوع کاربری اراضی، و همچنین سکو بندی، ایجاد توده سنگ و بند، میزان رسوب‌دهی در منطقه را تا حد مناسبی کاهش داد.

مراجع

۱) احمدی ح.، ۱۳۹۱. ژئومرفولوژی کاربردی. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۲) احمدی، ح.، ع، محمدی. ۱۳۸۹. بررسی تخمین رسوب با استفاده از نمونه‌های فیزیکی PSIAC وEPM با تاثیر عوامل ژئومورفولوژی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ده‌نمک). فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷: ۳۵۲-۳۴۰.

۳) تاجگردان، ت.، ش، ایوبی.، ش، شتایی‌جویباری. ۱۳۸۷. برآورد فرسایش و رسوب به کمک داده‌های ماهواره و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از نمونه‌ی فیزیکی MPSIAC (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت).مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۹: ۸۴-۷۵.

۴) شرکت منابع آبی کشور، ۱۳۸۵. مطالعات حوضه آبخیز سد دز.رنگزن، ک.، ا، حیدری.، ع، زرسوندی. ۱۳۸۵. کاربرد روش سنجش از دور و GIS و نمونه‌ی فیزیکی RUSLE در پهنه‌بند فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند. دهمین همایش انجمن زمین شناسی. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۷۲۷-۱۷۲۰.

۵) رفاهی ح.، ۱۳۸۸. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.

۶) علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران‌باقرزاده‌کریمی، م. ۱۳۷۲. بررسی کارایی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

۷) نظری زاده ف.، ا، زلقی.، ف، ایزدجو. ۱۳۸۵. بررسی فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبریز سد دز. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران. ۱۱۱-۱۰۵.

8) Bagherzadeh, A. and M, Daneshvar. 2011. Sediment yield assessment by EPM and PSIAC models using GIS data in semi-arid region, J.Fronti.Earth.Sci. 5:207-216.

9) Bennett, HH. 1939. Soil conservation. McGraw-Hill Book Co., New York.

10) Elirehema, Y. 2001. Soil water erosion modeling in selected watersheds in southern spain. IFA, ITC, Enschede.

11) Estrany, J., C, Garcia and E, Desmond. 2010. An investigation of soil erosion and redistribution in a Mediterranean lowland agricultural catchment using caesium-137, Inte.J.Sedi.Res. 5:1-16.
12) Gavrilovic, Z. 1988. Use of an empirical method (Erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. p 411-422 In: Int Conf River Regime. Hydraulics Research Limited, Wallingford, Oxon UK.
13) Gebreslassie H. 2014. Land use-land cover dynamics of Huluka Watershed, Central Rift Valley, Ethiopia. Inte J.Soil.Water. Cons.Res. 2:25–33.
14) Ghosh, K., De Sunil Kumar, S Sushima and S, Bandyopadhyay. 2013. Assessment of soil loss of the Dhalai River Basin, Tripura, India using USLE. Int.J.Geosci. 4:11-23.
15) Heydarian, S. 1996. Assessment of erosion in mountain regions. In: Proceedings of 17th Asian Conf on Remote Sens .pp 4-8.
16) Hui, L., C, Xiaoling., J L, Kyoung., C Xiaobin and S, Myung. 2010. Assessment of soil erosion and sediment yield in Liao Watershed, Jiangxi Province, China, using USLE, GIS, and RS. J.Earth.Sci. 21:941–953.
17) Pandey, A., V, Chowdary and B, Mal. 2007. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and remote sensing. J. Water.Resou.Manage. 21:729-746.
18) Tangestani, M. 2006. Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi-arid environment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran.J.Asian.earth.sci. 27:585-597.
19) Wellens, J. 1997. Rangeland vegetation dynamics and moisture availability in Tunisia: an investigation using satellite and meteorological data. J.Bio. 24:845-855.
20) Zhang, W., J, Zhou. G, Feng., C, David and J, Sheng. 2015. Characteristics of water erosion and conservation practice in arid regions of Central Asia: Xinjiang Province, China as an example. Int.J.Soil. Water.Conse.Rese. 3: 97–111.
21) Xiaoming, Z., C, Wenhong., G, Qingchao and J, Sihong. 2010. Effects of landuse change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau, Int.J.Sedi.Rese. 25: 283-293.