نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۴، شماره ۱، ۱۴۰۱، صفحات ۱۷-۲۵

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 14, Issue 1, 2022, Pages 17-25
DOI: 10.22092/ijwmse.2021.352110.1841

تحلیل نتایج حاصل از مطالعات فرسایش و رسوب طی سه دهه گذشته در حوزه‌های آبخیز استان آذربایجان غربی

سعید نجفی*[۱]، حبیب نظرنژاد[۲] و هدیه محمدنژاد[۳]

[۱]استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، [۲] دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه و [۳] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حفاظت آب و خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹

چکیده

با توجه به این‌که بیشتر مطالعات صورت گرفته در زمینه فرسایش و رسوب در کشور با کارفرمایی ادارات کل منابع طبیعی استانی و پیمانکاری شرکت‌های مطالعاتی و اجرایی و با استفاده از مدل نیمه‌کمی MPSIAC صورت گرفته است، بنابراین، در این پژوهش بررسی نتایج حاصل از مطالعات فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در گستره استان آذربایجان غربی مد نظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که طی حدود سه دهه گذشته ۷۶ حوزه آبخیز استان با وسعت تقریبی ۴۱۰۰ کیلومتر مربع با استفاده از روش MPSIAC از نظر فرسایش و رسوب مورد مطالعه قرار گرفته است، به‌طوری‌که برای بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی استان به‌ترتیب میانگین فرسایشی معادل ۱۳/۹۵، ۱۶/۳۰ و ۱۵/۵۹ تن در هکتار در سال و میانگین مقدار رسوب به‌ترتیب مقادیر ۵/۳۹، ۵/۶۴ و ۶/۰۹ تن در هکتار در سال برآورد شده است. این در حالی است که با بررسی جزئی‌ترِ مقاومت واحدهای سنگ‌شناسی به فرسایش در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه و همچنین، دو عامل مهم دیگر از قبیل پوشش گیاهی و نوع کاربری از بین نه عامل مورد توجه در روش MPSIAC، اعتماد به نتایج منتج از این روش را کاهش می‌دهد. از طرفی، به‌عنوان یکی از ضعف‌های بزرگ در این مدل ابتدا رسوب ویژه و نسبت تحویل رسوب مورد تخمین قرار گرفته، از طریق آن‌ها فرسایش ویژه نیز به‌عنوان یکی از نیازمندی‌های مهم در مدیریت فرسایش و رسوب مورد برآورد قرار می‌گیرد که نتایج را بیش از پیش دچار تردید می‌کند. بر همین اساس به‌عنوان یکی از نتایج کلی، پیشنهاد می‌شود که سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استفاده از مدل‌های خانواده USLE به‌ویژه مدل RUSLE را به‌جای مدل MPSIAC، دست‌کم در برآورد فرسایش، در شرح خدمات مربوطه جایگزین کند و اجرای این مهم نیز از سوی ادارات کل منابع طبیعی استانی جدی گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اداره کل منابع طبیعی، حفاظت خاک، شرکت مطالعاتی و اجرایی، مدیریت فرسایش و رسوب، MPSIAC

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و متعاقبا نیاز بیشتر به تولید مواد غذایی سبب استفاده بیش از پیش جوامع انسانی از منابع طبیعی مانند آب و خاک شده است. یکی از پیامدهای این امر فشار خارج از حد بر خاک و اراضی زراعی و مرتعی در قالب حوزه‌های آبخیز بوده

* مسئول مکاتبات: sa.najafi@urmia.ac.ir

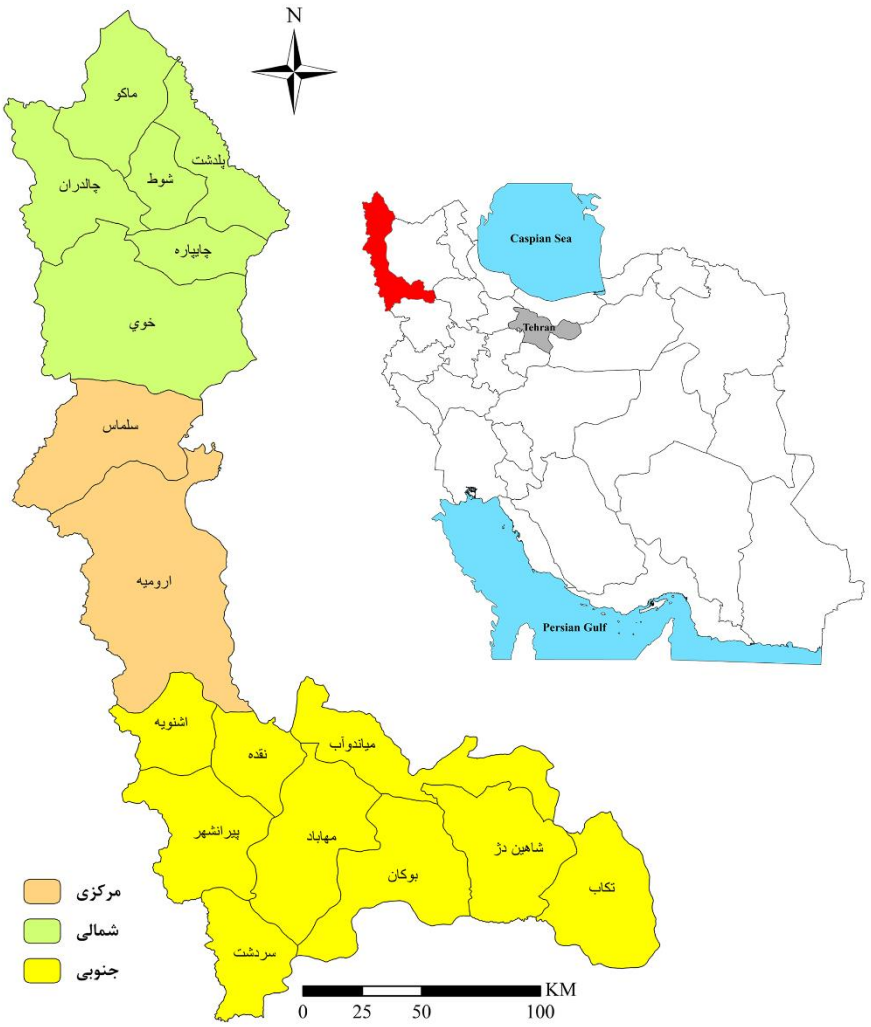
است که منجر به تبدیل فرسایش طبیعی خاک[1] به فرسایش تشدیدی[2] می‌شود (Arabkhedri، ۲۰۱۴؛ Najafi و همکاران، ۲۰۱۷). فرسایش خاک علاوه‌بر ایجاد اثرات درون و برون منطقه‌ای، امنیت غذایی جوامع را نیز با خطر مواجه می‌سازد، به‌طوری‌که بر اساس برآوردهای صورت گرفته در مقیاس جهانی سالانه بیش از ۲۳ میلیارد تن خاک حاصلخیز اراضی زراعی از دسترس خارج می‌شود و این به معنی از بین رفتن ۲۵ درصد از خاک‌های جهان طی نیم قرن آینده می‌باشد (Sadeghi و Najafi، ۲۰۱۴). کشور ایران نیز مستثنا از این وضعیت نبوده است و افزایش جمعیت و گرایش شدید کشور به رشد و پیشرفت همه‌جانبه در قالب اسناد و برنامه‌های توسعه با وجود لحاظ مراقبت‌های زیست‌محیطی و حفاظتی سبب تشدید فرسایش خاک در آن شده است (Najafi، ۲۰۱۴). بر همین اساس، فرسایش آبی یکی از مهمترین انواع فرسایش در ایران است که هر چند سطحی در حدود ۳۵ میلیون هکتار را تحت تاثیر مستقیم قرار داده است، اما میزان فرسایش و تولید رسوب در سطح حوزه‌های آبخیز فارغ از برخی مطالعات متفرقه و با ارزش، در قالب مطالعه‌ای در مقیاس ملی مورد بررسی قرار نگرفته است و عدد متقنی از میانگین فرسایش و رسوب و حتی حد مجاز فرسایش خاک در کشور وجود ندارد (Najafi، ۲۰۱۴؛ Sadeghi و Najafi، ۲۰۱۴؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۷). آگاهی از وضعیت فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز و تعیین پهنه‌های مهم تولید رسوب در قالب واحدهای کاری از ملزومات اتخاذ راهبردهای حفاظتی و مدیریتی برای مدیریت فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز است (Abdillahi و همکاران، ۲۰۱۸؛ Sadeghi و Najafi، ۲۰۱۴). هر چند برای نیل به هدف فوق روش‌های مختلفی چون استفاده از میخ‌ها و پلات‌های فرسایشی، پایش و ارزیابی تولید رسوب از زیرحوضه‌ها، استفاده از نیمرخ‌سنج‌ها، اندازه‌گیری از طریق عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از مدل‌های میانگین، توزیعی یا تجربی و کیفی و در سال‌های اخیر انگشت‌نگاری رسوب وجود دارد و برخی از این روش‌ها در ترکیب با یکدیگر اطلاعات بسیار دقیق و قابل اتکایی از میزان فرسایش و رسوب و منشأ رسوبات و شدت‌های مربوطه ارائه می‌کنند، اما محدودیت‌های مالی، امکانات، زمان مورد نیاز و متخصصین مجرب و در دسترس سبب می‌شود تا در نقطه تعادلی بین فائق آمدن بر محدودیت‌های ذکر شده و دقت قابل قبول حاصل از مطالعات، یکی از روش‌ها مورد انتخاب قرار گیرد (Bagherzadeh و Daneshvar، ۲۰۱۳؛ Collins و Walling، ۲۰۰۴؛ Hakimkhani و Ahmadi، ۲۰۰۸؛ Najafi و Sadeghi، ۲۰۱۳؛ Noori و همکاران، ۲۰۱۸؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۴). بر همین اساس و در مطالعات فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز که از سوی اداره کل منابع طبیعی مراکز استانی به‌عنوان کارفرما و یکی از واحدهای تابعه‌ی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور به شرکت‌های مطالعاتی واگذار می‌شد، استفاده از مدل MPSIAC برای برآورد فرسایش و رسوب در سطح حوزه‌های آبخیز در شرح وظایف مد نظر قرار می‌گرفت. هر چند حدود دو سال است که این مدل در بخش شرح وظایف با مدل USLE جایگزین شده است، اما به نظر می‌رسد که طرف‌های دخیل در این مطالعات همچنان به استفاده از مدل MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در چنین مطالعاتی ادامه می‌دهند. با عنایت به مقدمه فوق، هدف از این مقاله، بررسی نتایج مطالعات برآورد فرسایش و رسوب صورت گرفته به‌وسیله شرکت‌های طرف قرارداد با اداره کل منابع طبیعی در استان آذربایجان غربی است تا ابتدا چشم‌اندازی از وضعیت فرسایش و رسوب در گستره استان مبتنی بر مطالعات مذکور حاصل شود. سپس، راستی‌آزمایی توانایی روش‌های به‌کار رفته در تولید داده‌ها و نتایج قابل اتکا مد نظر خواهد بود و در پایان رهیافت‌ها و پیشنهادات حاصل از این بررسی ارائه خواهد شد.

مواد و روش

منطقه‌ی مورد مطالعه: استان آذربایجان غربی با وسعت ۳۷۴۱۲ کیلومتر مربع در محدوده ´۰۳ °۴۴ تا ´۲۳ °۴۷ طول شرقی و ´۵۸ °۳۵ تا ´۴۶ °۳۹ عرض شمالی در شمال غرب ایران واقع شده است. این

[1] Normal soil erosion
[2] Accelerated soil erosion

استان از شمال به جمهوری خودمختار نخجوان و کشور ترکیه و از شرق به استان آذربایجان شرقی و از جنوب به استان کردستان و از غرب به کشورهای ترکیه و عراق محدود می‌شود. استان آذربایجان غربی از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و کوهستانی کشور محسوب می‌شود و میانگین دمای سالانه‌ی کمتری نسبت به بیشتر مناطق کشور دارد. بر اساس داده‌های آماری بلندمدت ایستگاه‌های سینوپتیک ارومیه، خوی، ماکو و مهاباد میانگین دمای سالانه در نقاط مختلف استان متفاوت می‌باشد، به‌طوری‌که از ۹/۴ تا ۱۱/۶ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب برای ماکو و مهاباد متغیر است.



شکل ۱- موقعیت استان آذربایجان غربی در ایران و سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی استان

روش تحقیق: در این مقاله تمام گزارش‌ها و مطالعات صورت گرفته در برآورد فرسایش و رسوب در جغرافیای استان آذربایجان غربی بین سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۴ با همکاری صورت گرفته از سوی معاونت آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی استان از جهت در دسترس قرار دادن اطلاعات و گزارش‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل و جدول ۱ نشان داده شده است، استان آذربایجان غربی قابلیت تقسیم‌بندی در سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی را دارد که از کل ۱۷ شهرستان آن، شش، دو و ۱۱ شهرستان به‌ترتیب در بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی قرار می‌گیرند. در مجموع از ۱۷۸ حوزه آبخیز مطالعه شده در استان

تعداد دقیق آبخیزهایی که از نظر فرسایش و رسوب و با استفاده از روش متداول MPSIAC مورد بررسی قرار گرفته‌اند، مشخص نیست. با این وجود، داده‌های تولید شده در مورد میانگین فرسایش و رسوب تنها ۷۶ حوزه آبخیز در دسترس قرار دارد که به‌طور میانگین ۱۱ درصد از سطح حوزه‌های آبخیز استان آذربایجان غربی را شامل می‌شود و سایر مطالعات یا منجر به ارائه گزارش مشخصی نشده و یا این‌که صرفا به ارائه گزارش کیفی بسنده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، بر اساس اعداد ارائه شده در برآوردهای صورت گرفته، بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی استان به‌ترتیب میانگین مقدار فرسایش معادل ۱۳/۹۵، ۱۶/۳۰ و ۱۵/۵۹ تن در هکتار در سال را نشان می‌دهند و برای میانگین مقدار رسوب نیز به‌ترتیب مقادیر ۵/۳۹، ۵/۶۴ و ۶/۰۹ تن در هکتار در سال برآورد شده است. همچنین، بیشترین و کمترین مقدار فرسایش و رسوب برآورده شده، به‌ترتیب با مقادیر ۷۳/۳۱، ۱/۴۷، ۴۶/۱۱ و ۰/۲۸ تن در هکتار در سال به‌ترتیب متعلق به حوزه‌های آبخیز راژان سیلوانا از بخش مرکزی و پروانه مشرف اشنویه از بخش جنوبی استان است. برای تطبیق نتایج مربوط به اعداد فرسایش و رسوب با واحدهای سنگ‌شناسی حوزه‌های آبخیز مطالعه شده، مطابق با روش ارائه شده از سوی Peyrowanو Shariat 20afari، (۲۰۱۳) اقدام به تعیین میزان مقاومت واحدهای سنگ‌شناسی نسبت به فرسایش در سه طبقه مقاوم، متوسط و ضعیف شد و مساحت تقریبی تحت پوشش برای هر طبقه در حوزه‌های آبخیز مطالعه شده در هر شهرستان محاسبه شد که در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس جدول ۳، در هر سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی استان، واحدهای سنگ‌شناسی با مقاومت متوسط بیشترین سطح را در آبخیزهای مطالعه شده به‌ترتیب با ۴۶، ۴۵ و ۵۰ درصد به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که با احتساب سطح مربوطه، به‌ترتیب هر بخش شامل ۷۱۸۰۰، ۲۱۸۰۰ و ۱۰۲۷۰۰ هکتار با مقاومت متوسط نسبت به فرسایش خواهد بود. از طرفی، واحدهای سنگ‌شناسی با مقاومت ضعیف نسبت به فرسایش ۳۷، ۲۸ و ۲۴ درصد از آبخیزهای مطالعه شده به‌ترتیب در بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی را به خود اختصاص می‌دهند که به‌ترتیب معادل مساحتی بالغ بر ۵۷۸۰۰، ۱۳۶۰۰ و ۴۹۳۰۰ هکتار برای هر بخش می‌باشد. مجموع این اعداد در تحلیلی ساده و فارغ از مباحثی چون سطح حوزه‌های آبخیز، نسبت تحویل رسوب و دوری یا نزدیکی واحدهای سنگ‌شناسی مربوطه به خروجی آبخیز به نوعی این انتظار را ایجاد می‌کند تا میزان فرسایش و تولید رسوب در بخش جنوبی بیشترین مقدار را داشته باشد و بخش‌های شمالی و مرکزی در رتبه‌های بعدی قرار گیرند. اما همان‌طور که قبلا با استفاده از جدول ۲ ذکر شد، نتایج برآوردها با استفاده از مدل MPSIAC، بیشترین میزان فرسایش با مقدار میانگین ۱۶/۳۰ تن در هکتار را برای بخش مرکزی نشان می‌دهد و بخش جنوبی و شمالی به‌ترتیب با مقادیر ۱۵/۵۹ و ۱۳/۹۵ تن در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، برآوردهای صورت گرفته بر اساس روش MPSIAC که مبنای مطالعات واگذار شده به شرکت‌های مطالعاتی از سوی اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان غربی است، دست‌کم در مقام مقایسه با مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش، منجر به نتایجی متناقض و تقریبا برعکس شده است. در مورد رسوب برآورد شده نیز هر چند بخش جنوبی با ۶/۰۹ تن در هکتار در سال در رتبه نخست قرار دارد و بخش مرکزی و شمالی با مقادیر ۵/۶۴ و ۵/۳۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند، اما دو نکته حائز اهمیت است. اول این‌که با توجه به جدول ۳ و میانگین سطوح تحت پوشش واحدهای سنگ‌شناسی با مقاومت‌های متفاوت، انتظار می‌رود، رسوب ویژه بخش شمالی یا جنوبی بیشترین مقدار باشد و یا دست‌کم، بخش مرکزی در این زمینه رتبه آخر را داشته باشد، درحالی‌که نتایج برآورد رسوب ویژه با استفاده از مدل مربوطه، چنین امری را نشان نمی‌دهد. این امر با مد نظر قرار دادن دو عامل نوع کاربری و وضعیت مراتع در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه به‌عنوان عواملی مهم از عوامل نه گانه‌ی مدل MPSIAC نیز قابل تایید است.

جدول ۱- تعداد حوزه‌های آبخیز و موارد دارای مطالعات فرسایش و رسوب در بخش‌های مختلف استان آذربایجان غربی، ایران

بخش	شهرستان	تعداد حوزه‌های آبخیز مطالعه شده			مساحت آبخیزهای مطالعه شده به‌صورت کمی	
		کل	کیفی	کمی	(هکتار)	درصد از کل*
شمالی	پلدشت	۶	۴	۲	۱۱۳۴۵	۷/۵
	چالدران	۱۶	۸	۸	۴۸۲۶۵	۲۴/۰
	چایپاره	۳	۰	۳	۱۱۲۰۲	۱۰/۸
	خوی	۱۴	۸	۶	۲۹۸۸۹	۶/۶
	شوط	۴	۲	۲	۱۷۱۹۲	۱۸/۵
	ماکو	۶	۱	۵	۳۸۲۴۵	۱۹/۸
مرکزی	ارومیه	۲۰	۱۵	۵	۱۸۴۶۷	۳/۵
	سلماس	۱۴	۱۰	۴	۲۹۹۶۴	۱۱/۷
	اشنویه	۱۲	۶	۶	۲۱۹۲۳	۱۸/۵
	بوکان	۱۰	۷	۳	۲۵۳۱۹	۱۰/۱
	پیرانشهر	۱۱	۷	۴	۲۲۵۹۱	۱۰/۴
	تکاب	۱۳	۷	۶	۴۹۰۹۷	۲۲/۶
جنوبی	سردشت	۹	۵	۴	۵۷۰۵	۴/۱
	شاهین‌دژ	۱۰	۵	۵	۲۹۲۹۷	۱۳/۰
	مهاباد	۱۳	۸	۵	۲۲۰۳۳	۸/۴
	میاندوآب	۱۰	۸	۲	۷۶۰۲	۳/۵
	نقده	۷	۴	۳	۲۱۸۶۰	۱۹/۲
	مجموع	۱۷۸	۱۰۵	۷۳	۴۰۹۹۹۶	درصد از کل استان ۱۱

* درصد از کل سطح شهرستان مد نظر می‌باشد.

به‌طوری‌که حوزه‌های آبخیز مطالعه شده در بخش مرکزی با ۵۸ درصد مراتع خوب و وضعیت سنگ‌شناسی مقاوم‌تر نسبت به سایر بخش‌ها، قرارگیری آن در رتبه دوم تولید رسوب ویژه آن هم با عددی نزدیک به عدد رسوب ویژه در بخش شمالی را با تردید مواجه می‌سازد. نکته حائز اهمیت دوم این که در روش MPSIAC ابتدا رسوب ویژه تخمین زده می‌شود، سپس، با استفاده از مساحت حوزه آبخیز مورد مطالعه و بافت خاک، نسبت تحویل رسوب تخمین و با استفاده از اعداد حاصل، فرسایش ویژه محاسبه می‌شود. به‌عبارت دیگر، با استفاده از روشی معکوس، از رسوب ویژه و نسبت تحویل رسوب که هر دو اعدادی تخمینی در این مدل هستند مقدار فرسایش ویژه که خود نیز عددی تخمینی خواهد بود، محاسبه می‌شود. پرواضح است که با فرایند ذکر شده و عنایت به روح کارشناسی مدل، به‌دست آمدن نتایج متناقض یا دارای اعتماد کمتر به‌شدت افزایش می‌یابد که موافق با نتایج Noori و همکاران (۲۰۱۸) و مخالف با نتایج و تاکیدات Heshmati و همکاران (۲۰۱۲) و Abdullahو همکاران (۲۰۱۷) است. لازم به ذکر است که بیشتر مطالعات موفق در استفاده از مدل MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب، معطوف به مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Haregeweyn و همکاران، ۲۰۰۵؛ Heshmati و همکاران، ۲۰۱۲؛ Safamanesh و همکاران، ۲۰۰۶؛ Tajgardan و همکاران، ۲۰۰۸) و کاربرد آن در مناطقی غیر از مناطق خشک و نیمه‌خشک چالش‌هایی از قبیل عدم قطعیت در نتایج را به همراه داشته است به‌طوری‌که در مطالعه Noori و همکاران (۲۰۱۸) در بخشی از استان لرستان با بارندگی سالانه بیش از ۹۰۰ میلی‌متر، عدم قطعیتی برابر با ۳۸ درصد در نتایج حاصل از کاربرد مدل MPSIAC گزارش شده است.

جدول ۲- مقادیر برآوردی فرسایش و رسوب (تن در هکتار در سال) در حوزه‌های آبخیز مطالعه شده به روش MPSIAC در آذربایجان غربی

بخش	شهرستان	حوزه آبخیز	فرسایش	رسوب	بخش	شهرستان	حوزه آبخیز	فرسایش	رسوب
شمالی	پلدشت	اینچه‌دَرَسی	۱۴/۶۵	۵/۸۶	شمالی	اشنویه	شیخان	۹/۰۱	۴/۳۲
		حسن‌کندی- قوچ‌کندی	۵۲/۴۲	۴/۶۵			شیخ عثمان	-	۲/۶۴
	چالدران	ترک تپسی	۲/۷۶	۱/۹۷			گندویلا	۹/۳۰	۳/۸۴
		شادلو	۱۲/۴۳	۴/۴۶			کانی سرخ	۴/۸۵	۲/۴۳
		خان‌صدر	۵/۷۶	۲/۷۵		بوکان	قروچاه	۱۴/۴۵	۷/۰۸
		عباس‌کندی	۳/۲۸	۱/۶۵			علی کند	۴/۰۳	۱/۵۶
		مجنون	۲/۵۲	۱/۶۸			گل‌بهی	۲/۲۷	۲/۸۴
		کلیسا کندی	-	۴/۳۱		پیرانشهر	بندره	۲۷/۷۵	۲/۶۷
		مشرف به سد ماکو	۷/۴۷	۵/۵۳			دایه‌شیخ	۱۹/۲۸	۶/۷۵
		میدان	۱۸/۶۰	۵/۴۰			سیب‌گدایی پایین	۸/۵۹	۲/۰۲
	چایپاره	آجای	-	۱۰/۰۳			سیلوه	۷/۶۹	۴/۴۱
		بهستان	۱۳/۹۱	۵/۸۰			گرده‌بین	۱۲/۰۰	۴/۶۸
		چیر	۱۹/۰۰	۹/۶۳		تکاب	بولقون آغاج	۱۴/۸۵	۵/۴۹
	خوی	بویلاپوش	۳۳/۲۳	۱۰/۳۰			چیچکلو	۲۵/۴۰	۷/۸۹
		تاریمیش	۵/۶۱	۴/۰۰			زره‌شوران	۲۲/۲۰	۸/۷۵
		خاک‌مردان	۲۰/۳۸*	۷۶۲/۴*			عرب‌شاه	۱/۴۷*	۲/۷۷*
		مخین	۱۴/۹۷	۷/۵۳			قرخلو	۱۹/۷۹	۸/۰۶
		میدان	۸/۰۶	۴/۰۰			قوجه	۲۱/۳۴	۵/۲۱
		هندوان آلمالو	۱۰/۸۰	۳/۶۹	جنوبی	سردشت	بصره	-	۷/۳۷
	شوط	کندال	۱۳/۶۵	۴/۶۳			بیتوش	۸/۲۰	۵/۷۴
		مرگن اسماعیل کندی	۴/۱۷	۲/۶۲			شیوبریمه	۱۹/۲۸	۶/۷۵
	ماکو	آداغان	۲/۸۶	۲/۱۵			نستان	-	۴/۶۴
		بابور عجم	۵/۲۵	۳/۶۰		شاهین‌دژ	اینچه	۱۸/۶۲	۷/۴۳
		قره‌تپه	۱۴/۸۴	۷/۰۱			بی‌بی کندی	۱۵/۲۹	۵/۱۹
		هندور	۸۱/۶۰	۳/۴۶			صفاخانه	۲۶/۶۸	۱۴/۱۱
		یخلقان	۱۰/۶۵	۴/۸۲			قره‌تپه	۱۸/۶۰	۷/۴۲
	میانگین		۱۳/۹۵	۵/۳۹			کهریز	۱۴/۴۳	۴/۷۴
مرکزی	ارومیه	راژان سیلوانا	۱/۴۷	۰/۲۸		مهاباد	بیطاس	۱۸/۱۳	۸/۰۶
		قوشچی	۳۰/۳۶	۷/۱۱			تکان لوجه	۱۸/۸۸	۷/۲۴
		مقاتل	۰/۴۱*	۶/۴۰*			دهبکر	۱۵/۴۰	۷/۴۵
		میرداوود	-	۶/۶۷			کوتر	۴/۷۶	۲/۱۴
		نوشان	۷/۵۷	۴/۲۰			یوسف‌کندی	۴/۴۱	۲/۲۵
	سلماس	خورخورا	۲۱/۳۷	۳/۷۱		میاندوآب	زارنجی	۱۳/۶۰	۴/۷۶
		دیشوان	۲۴/۵۰	۸/۴۰			علیارکندی	۴/۷۳	۲/۶۴
		شناتال	۱۹/۸۰	۵/۳۰		نقده	خلیفان	۷/۲۵	۳/۴۷
		کتابان	۹/۱۰	۴/۳۸			علی‌آباد	۲/۵۱	۱/۴۲
	میانگین		۱۶/۳۰	۵/۶۴			قارنا	۱۸/۲۲	۹/۵۸
جنوبی	اشنویه	پروانه مشرف اشنویه	۷۳/۳۱	۴۶/۱۱			کهریز شکاک	۴/۷۹	۱/۹۷
		چپرآباد	۲۶/۷۴	۹/۵۶		میانگین		۱۵/۵۹	۶/۰۹
		سَه‌کانی	۱۸/۳۴	-					

* اعداد به‌دلیل احتمال مغشوش بودن، در محاسبات میانگین وارد نشده است.

نکته بسیار مهم دیگری که در استفاده از روش MPSIAC در مطالعات فرسایش و رسوب به‌عنوان روشی معمول و محبوب، همیشه مورد غفلت واقع شده عدم توجه به برخی اصول حاکم بر مفهوم حفاظت آب و خاک و آبخیزداری است. به‌طور کلی در آبخیزداری و حفاظت خاک، اصل بر این است که ذرات خاک تا حد امکان تبدیل به رسوب نشده و از محل اصلی خود جابه‌جا نشوند. بنابراین، در مرحله اول توجه به فرسایش خاک و طبعا برآورد دقیق آن بسیار اهمیت می‌یابد. طبیعی است که برآوردها و اندازه‌گیری‌های دقیق منجر به پیشنهاد و اعمال اقدامات مدیریتی صحیح و برآوردهای نادرست از مقدار فرسایش به اولویت‌بندی‌های اشتباه و منجر به تصمیم‌گیرهای مدیریتی نابه‌جا خواهد شد. بر همین اساس و مطابق آن‌چه از نتایج مطالعات فرسایش و رسوب در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه فرسایش و رسوب از سوی شرکت‌های مطالعاتی و اجرایی که با کارفرمایی و نظارت ادارات کل منابع طبیعی استانی بوده، از روش MPSIAC استفاده شده است که به‌دلیل روح به شدت برآوردی و دخیل بودن نظر کارشناسی در آن، از دقت و جامعیت نتایج می‌کاهد. البته باید اذعان داشت که عدم وجود داده‌برداری جامع و سامانه‌ی مدیریتی یکپارچه برای برآوردهای مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی و طولانی مدت در زمینه فرسایش و رسوب، دست‌اندرکاران را ناگزیر به استفاده مطلق از روش‌هایی چون روش MPSIAC کرده است.

جدول ۳- انواع کاربری و مقاومت واحدهای سنگ‌شناسی نسبت به فرسایش در بخش‌های مختلف استان آذربایجان غربی، ایران

بخش	کل مساحت مطالعه شده (هکتار)	شهرستان	مساحت تحت پوشش انواع کاربری (درصد)				مساحت انواع واحدهای سنگ‌شناسی از نظر مقاومت در برابر فرسایش (درصد)		
			مرتع		کشاورزی		مقاوم	متوسط	ضعیف
			خوب	متوسط	آبی	دیم			
شمالی	۱۵۶۱۳۷	پلدشت	۰	۷۰	۰	۳۰	۰	۴۱	۵۹
		چالدران	۷۵	۰	۰	۲۵	۳۷	۵۶	۷
		چایپاره	۲۵	۶۵	۳	۷	۲۳	۶۹	۸
		خوی	۲۰	۵۳	۲۷	۰	۲۹	۴۶	۲۵
		شوط	۱	۹۹	۰	۰	۰	۱۸	۸۲
		ماکو	۲	۹۷	۱	۰	۱۵	۴۷	۳۸
		میانگین	۲۱	۶۴	۵	۱۰	۱۷	۴۶	۳۷
مرکزی	۴۸۴۳۲	ارومیه	۴۴	۱۰	۱۸	۱۶	۳۰	۴۳	۲۷
		سلماس	۷۲	۱۸	۳	۷	۲۴	۴۷	۲۹
		میانگین	۵۸	۱۴	۱۱	۱۱	۲۷	۴۵	۲۸
جنوبی	۲۰۵۴۲۶	اشنویه	۵۰	۳	۴۱	۶	۴۸	۴۳	۹
		بوکان	۰	۰	۲۰	۸۰	۴۵	۳۶	۱۹
		پیرانشهر	۸۸	۰	۱۲	۰	۲۸	۴۹	۱۲
		تکاب	۵۲	۲۲	۱	۲۵	۳۱	۴۷	۲۳
		سردشت	۷۵	۲۲	۰	۳	۷	۷۲	۲۱
		شاهین‌دژ	۳۸	۱۸	۲	۴۲	۲۶	۵۰	۲۴
		مهاباد	۰	۴	۴۰	۵۶	۳۱	۶۵	۴
		میاندوآب	۴۵	۰	۴۵	۱۰	۰	۴۴	۵۲
		نقده	۳۲	۳۳	۳۵	۰	۲۰	۴۲	۳۸
		میانگین	۴۲	۱۱	۲۲	۲۵	۲۶	۵۰	۲۴

این نکته را نیز باید یادآور شد که اگر طی سه دهه قبل استفاده از مدل‌ها و روش‌های جایگزین و بهتر مانند مدل‌های USLE و RUSLE در سطوح وسیع به‌دلیل نبود نیروی انسانی آموزش دیده و همچنین، ابزارهایی مانند سامانه اطلاعات جغرافیایی تقریبا غیرممکن بود، اما در شرایط کنونی محدودیت‌های مذکور رفع شده است و به‌راحتی می‌توان با استفاده از مدل‌های جایگزین و مناسب‌تر به تولید اطلاعات و نتایج دقیق‌تر که پایه و اساس تجویز اقدامات مدیریتی مناسب و متناسب است اهتمام ورزید. بر همین اساس و بر مبنای اولویت تخمین دقیق‌تر فرسایش به‌عنوان یک اصل، پیشنهاد می‌شود که در شرح خدمات مربوط به مطالعات فرسایش و رسوب، مدل‌های USLE و RUSLE جایگزین مدل MPSIAC دست‌کم در مناطقی با اقلیم غیر از اقلیم خشک و نیمه‌خشک شوند (Chitsaz و Malekian، ۲۰۱۶). هر چند به نظر می‌رسد، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با درک اهمیت این مطلب نزدیک به دو سال است که به این موضوع اهتمام داشته اما در عمل، مطالعات مربوطه همچنان به سبک و سیاق گذشته و با استفاده از مدل MPSIAC انجام می‌شوند و مدیران دست‌اندرکار در سطوح استانی به‌عنوان کارفرما و شرکت‌های مطالعاتی و اجرایی به‌عنوان پیمان‌کار به توافق نانوشته‌ای در این زمینه در استفاده از روش MPSIAC اصرار می‌ورزند. حتی اگر به هر دلیلی کنار گذاشتن کامل استفاده از روش MPSIAC و جایگزینی کامل آن با مدل‌هایی مانند USLE و RUSLE میسر نباشد، بر اساس آن‌چه در این مقاله مورد بحث قرار گرفت، پیشنهاد می‌شود، دست‌کم در مورد برآورد فرسایش در حوزه‌های آبخیز و واحدهای مطالعاتی، از مدل‌های خانواده USLE به‌ویژه مدل RUSLE استفاده شود و تخمین فرسایش به داده‌های برآوردی رسوب ویژه و نسبت تحویل رسوب ناشی از روش MPSIAC متکی نشود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نتایج حاصل از کاربرد مدل MPSIAC از سوی شرکت‌های مطالعاتی در برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این‌که استفاده از روش MPSIAC به‌عنوان روشی معمول و محبوب نزد شرکت‌های مطالعاتی به‌عنوان پیمان‌کار، با وجود عدم‌قطعیت‌های متصور بر آن از سوی کارفرمای اصلی این مطالعات یعنی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور نیز امری پذیرفته به شمار می‌آید، اما با توجه به تحلیل صورت گرفته از نتایج حاصل از کاربرد روش MPSIAC در مطالعات فرسایش و رسوب در استان آذربایجان غربی، توجیه استفاده صرف از این روش در مطالعات را، دست‌کم در شرایط امروزی بنا به دلایلی با تردید مواجه می‌سازد، به‌طوری‌که در گذشته فقدان نیروی متخصص کافی و داده‌های در دسترس، عدم وجود کمینه امکان و امکانات داده‌برداری و همچنین، نبود ابزارهایی مانند سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده صرف از روش MPSIAC را اجتناب‌ناپذیر می‌ساخت، امری که اکنون زمینه‌های توجیهی خود را تا حد زیادی از دست داده است. از طرفی، با توجه به اصل اولویت مبارزه با فرسایش در برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری، تخمین دقیق‌تر از فرسایش و سپس، احیانا مبتنی کردن مقدار رسوب تولیدی بر آن، رویکردی فنی‌تر برای مدیریت فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز می‌باشد. باید اذعان کرد که استفاده از روش MPSIAC رویکردی کاملا برعکس را دیکته می‌کند، به‌طوری‌که نتیجه حاصل از اعداد تخمینی رسوب و نسبت تحویل آن به برآوردی نامطمئن‌تر از مقدار فرسایش خروجی آن خواهد بود. بر همین اساس، پیشنهاد می‌شود که حتی در صورت عدم امکان فنی، اقتصادی و توان مدیریتی در کنار گذاشتن کامل استفاده از روش MPSIAC در مطالعات فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز به کارفرمایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، دست‌کم در مورد برآورد فرسایش در مطالعات مذکور به‌ویژه در مناطقی با اقلیم متفاوت از اقلیم خشک و نیمه‌خشک، استفاده از مدل‌های جایگزین مانند مدل‌های خانواده USLE در دستور کار جدی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Abdillahi, Sh., H. Nazarnejad, M. Miryaghubzadeh and S. Najafi. 2018. Estimates of gully erosion and development using GIS and RS. Desert Ecosystem Engineering Journal, 6(17): 69-78 (in Persian).
2. Abdullah, M., R. Feagin and L. Musawi. 2017. The use of spatial empirical models to estimate soil erosion in arid ecosystems. Environmental Monitoring and Assessment, 189(2): 78-96.
3. Arabkhedri, M. 2014. A review on effective factors of water soil erosion in Iran. Journal of Land Management, 2(1): 17-26 (in Persian).
4. Bagherzadeh, A. and M.R.M. Daneshvar. 2013. Evaluation of sediment yield and soil loss by the MPSIAC model using GIS at Golestan Watershed, northeast of Iran. Arabian Journal of Geosciences, 6(9): 3349-3362.
5. Chitsaz, N. and A. Malekia. 2016. Development of a risk-based multi-criteria approach for watershed prioritization with consideration of soil erosion alleviation (case study of Iran). Environmental Earth Sciences, 75(22): 1448-1463.
6. Collins, AL. and D.E. Walling. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. Progress in Physical Geography, 28(2): 159-196.
7. Hakimkhani, Sh. and H. Ahmadi. 2008. Determining sub basins contributions in sediment yield using sediment fingerprinting method, case study: Margan Basin, Poldasht, Makoo. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1): 181-191 (in Persian).
8. Haregeweyn, N., J. Poesen, J. Nyssen, G. Verstraeten, J. De Vente, G. Govers and J. Moeyersons. 2005. Specific sediment yield in Tigray, Northern Ethiopia: assessment and semi-quantitative modelling. Geomorphology, 69(1-4): 315-331.
9. Heshmati, M., A. Arifin, J. Shamshuddin and N.M. Majid. 2012. Predicting N, P, K and organic carbon depletion in soils using MPSIAC Model at the Merek Catchment, Iran. Geoderma, 175: 64-77.
10. Najafi, S. 2014. Assessing watershed management position in the five-year development documents of Iran. Extension and Development of Watershed Management, 3(10): 37-45 (in Persian).
11. Najafi, S. and S.H.R. Sadeghi. 2013. Comparative study of applying soil erosion mapping, fingerprinting and field measurement techniques in estimation of sediment sources. Journal of Watershed Engineering and Management, 5(3): 165-178 (in Persian).
12. Najafi, S., S.H.R. Sadeghi and T. Heckmann. 2017. Temporospatial variations of structural sediment connectivity patterns in Taham-Chi Watershed in Zanjan Province, Iran. Journal of Water and Soil Conservation, 24(3): 131-147 (in Persian).
13. Najafi, S., S.H.R. Sadeghi and T. Heckmann. 2018. Analyzing structural sediment connectivity pattern in a Taham Watershed, Iran. Journal of Watershed Engineering and Management, 10(2): 192-203 (in Persian).
14. Noori, H., H. Karami, S. Farzin, S.M. Siadatmousavi, B. Mojaradi and O. Kisi. 2018. Investigation of RS and GIS techniques on MPSIAC Model to estimate soil erosion. Natural Hazards, 91(1): 221-238.
15. Peyrowan, H.R. and M. Shariat Jafari. 2013. Presentation of a comprehensive method for determining erodibility rate of rock units with a review on Iranian geology. Watershed Engineering and Management, 5(3): 199-213 (in Persian).
16. Sadeghi, S.H.R. 2017. Soil erosion in Iran: state of the art, tendency and solutions. Agriculture and Forestry, 63(3): 33-37.
17. Sadeghi, S.H.R. and S. Najafi. 2014. Source ascription for fluvial sediment in watersheds (concepts, methods and technologies). Jihad Daneshgahi, 256 pages (in Persian).
18. Sadeghi, S.H.R., S. Najafi and A. Riyahi Bakhtiari. 2017. Sediment contribution from different geologic formations and land uses in an Iranian small watershed, case study. International Journal of Sediment Research, 32: 210-220.
19. Sadeghi, S.H.R., S. Najafi, A. Riyahi Bakhtiary and P. Abdi. 2014. Soil erosion types ascription for sediment yield using composite fingerprinting technique. Hydrological Sciences Journal, 59(9): 1753-1762.
20. Safamanesh, R., W.N.A. Sulaiman and M.F. Ramli. 2006. Erosion risk assessment using an empirical model of pacific south west inter agency committee method for Zargeh Watershed, Iran. Journal of Spatial Hydrology, 6(2): 10-26.
21. Tajgardan, T., S.A. Ayoubi and J.S. Shataei. 2008. Soil erosion and sediment yield assessment using MPSIAC Model, remote sensing and geographic information systems, case study: Ziarrat Watershed. Pajouhesh-va-Sazandegi (Iran), 21(79): 37-45 (in Persian).
22. Zangeneh, A., J. Sadidi and A. Koshanfar. 2010. An assessment of water erosion of Sarab Sefid Venaee of Bourojerd Watershed by revised MPSIAC. Geografical Journal of Cheshmandez-E-Zagros, 1(2): 55-64.