هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۶، بهار ۱۳۹۵، صص ۱۶-۱
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۱ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

برآورد فرسایش و رسوب حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی با استفاده از روش MPSIAC در محیط GIS

داود مختاری[۱]
فاطمه محمدزاده گلانی[۲*]،
محمدرضا نیکجو[۳]
شمس‌الله عسگری[۴]

چکیده

حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی واقع در جنوب‌غرب شهرستان ایلام با مساحت ۴۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد که وقوع انواع فرسایش در آن قابل ملاحظه بوده، لذا برآورد مقدار فرسایش و رسوب جهت طرح‌های حفاظت آب و خاک ضروری می‌نماید. روش تحقیق در این مطالعه مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و استفاده از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب می باشد. در این تحقیق مدل تجربی MPSIAC، که بیشترین پارامترهای مؤثر در فرسایش و رسوب را در نظر می‌گیرد، به عنوان تکنیک منتخب مورد استفاده قرار گرفته و پارامترهای محیطی در قالب این روش مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در نهایت نتایج حاصل با ایستگاه رسوب‌سنجی تنگه باجک مقایسه گردید. در این مقاله از نرم‌افزار GIS به منظور تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده است. نتایج این بررسی‌ها، بیانگر این است که مدل MPSIAC در این حوضه به خوبی پاسخ می‌دهد، زیرا به عنوان نمونه مقدار رسوب برآورد شده در حوضه‌ی مورد مطالعه با مدل MPSIAC ۴۵۳/۲۰ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال و رسوب برآورد شده در ایستگاه هیدرومتری تنگه‌ی باجک ۴۶۱/۲۳ تن در سال می‌باشد، همچنین مشاهده گردید میزان رسوب برآورد شده در این حوضه در کلاس فرسایشی ۴ و از نظر طبقه‌بندی کیفی فرسایش در کلاس درجه‌ی زیاد قرار داشته و طبق تعریف این کلاس می‌توان گفت که در این حوضه جابجایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضرورت و اولویت داشته و استفاده از اراضی محدودیت زیادی دارد.

کلمات کلیدی: حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی، فرسایش و رسوب، MPSIAC، GIS.

۱- استاد دانشگاه تبریز.
۲- کارشناسی ارشد (نویسنده مسئول). Email: fa.mohammadzade@yahoo.com
۳- استادیار دانشگاه تبریز.
۴- کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام.

مقدمه

زمین از بدو پیدایش، در اثر نیروهای درونی و بیرونی دایماً در حال تحول و دگرگونی بوده است (رجایی، ۱۳۷۳). یکی از عواملی که موجب تغییر و تحول در نقاط مختلف زمین شده پدیده‌ی فرسایش می‌باشد که امروزه در تمام جهان به عنوان خطری برای رفاه بشر و بلکه حیات او شناخته شده است. امروزه تعیین بار رسوبی حوضه‌ها برای استفاده در طرح‌های توسعه‌ی عمرانی ـ اقتصادی یک ضرورت است. معمولاً سیستم رسوب‌دهی یک حوضه، بسیار پیچیده و در عین حال دارای تغییرپذیری زمانی و مکانی است و همچنان به منزله‌ی یک چالش بزرگ پیش روی محققان در این زمینه باقی مانده است (هسو و همکاران[1]، ۲۰۱۲). اگرچه واژه‌ی فرسایش در قرن نوزدهم برای عموم شناخته شده بود، اما واژه‌ی فرسایش خاک بعداً وارد فرهنگ واژگان شد و در قرن بیستم مورد استفاده عمومی قرار گرفت (بیاتی‌خطیبی، ۱۳۸۲). از لحاظ ژئومورفولوژی حصارهای کوهستانی، محیط شکل‌زایی در سرزمین ایران را پر انرژی ساخته و در نتیجه به قدرت فرایندهای فرسایشی در این سرزمین افزوده‌اند (علایی‌طالقانی، ۱۳۸۸) در ژئومورفولوژی از فرسایش به عنوان یک فرایند نام برده می‌شود (شایان، ۱۳۹۰). فرآیند فرسایش شامل سه مرحله‌ی برداشت، حمل و رسوب‌گذاری است (مایر و همکاران[2]، ۱۹۶۹). به طور کلی فرسایش فرایندی است که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جابه جدا شده و به کمک یک عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شوند. در صورتی که عامل جداکننده ذرات از بستر و انتقال آنها به مکانی دیگر آب باشد به آن فرسایش آبی گفته می‌شود (علیزاده، ۱۳۹۰). هر ساله بالغ بر ۲۰ تا ۵۲ میلیارد تن رسوب توسط رودخانه‌های جهان انتقال می‌یابد و در آب‌های ساکن ته‌نشین می‌شود (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۱). برآورد رسوب رودخانه نیز از جمله مسایل مهم و کاربردی در مدیریت منابع آب می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). برآورد صحیح از خطر فرسایش و مشخص کردن مناطق حساس به فرسایش در بهبود توصیه‌های مدیریت اراضی و مقابله با فرسایش با روش‌های مختلف نقش مهمی دارد (ویکتورا و همکاران، ۱۹۹۸).

اولین گزارش نسبتاً کامل در مورد فرسایش خاک و لزوم حفاظت آب و خاک در ایران در سال ۱۳۲۷ توسط داون و ریبن کارشناسان فائو به زبان انگلیسی تهیه و منتشر شد. روش پسیاک برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۵۲ در حوضه‌ی آبریز سد دز استفاده شد. سپس با توجه به دقت نسبتاً خوب آن در مقایسه با سایر روش‌ها و مدل‌های تجربی در برخی از حوضه‌های آبریز کشور مانند دوخواهران، کهیر، زاینده رود، هلیل رود، دز، سروان، زیردان و اوزن دره مورد استفاده قرار گرفت . نیکجو، طی یک مقاله کارآیی مدل MPSIAC

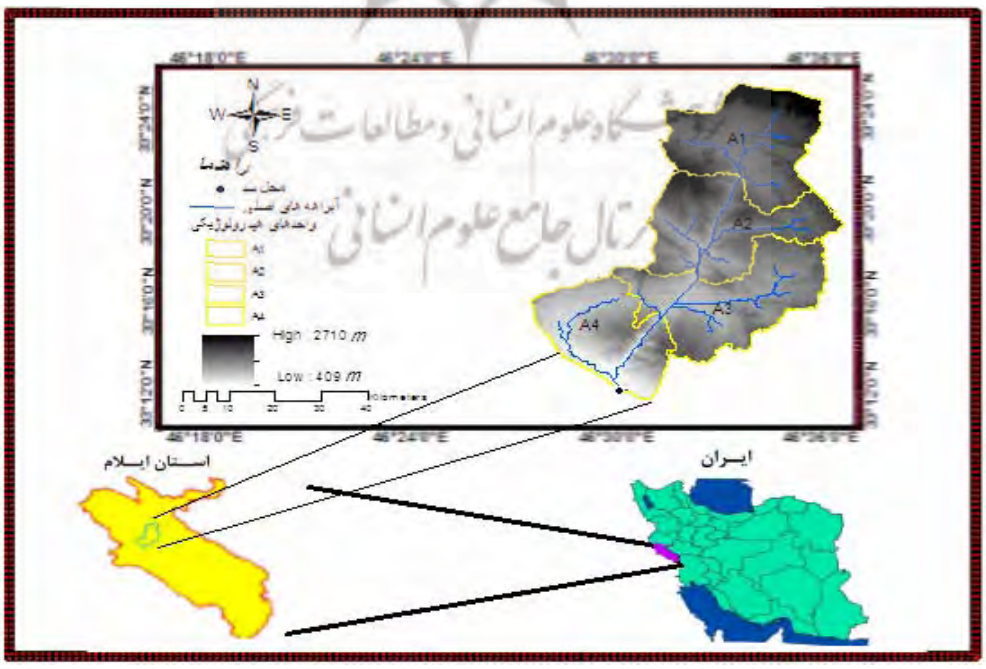
1- Hsu et al.,
2- Mayer et al.,

را در برآورد رسوب رودخانه‌ی کفترعلی مورد واسنجی قرار داده و نتایج حاصل از مدل MPSIAC در حوضه‌ی مورد مطالعه‌ی وی با ضریب همبستگی ۹۰ درصد از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار است. مومی‌پور (۱۳۸۳)، دو مدل فرسایش MPSIAC، RUSLE با استفاده از داده‌های دورسنجی و GIS در زیرحوضه‌ی اوجان چای را مورد مقایسه قرار داده، نتیجه‌ی نهایی مبین این واقعیت است که مدل MPSIAC در شرایط محیطی حوضه، نتایج قابل قبول‌تری نسبت به دیگر مدل را دارد. کهنه شهری و صادقی (۱۳۸۴)، در مقاله‌ای با مرور بر آثار مستقیم و غیرمستقیم فرسایش خاک، هزینه‌های فرسایش خاک را محاسبه کردند. علیزاده گرجی (۱۳۸۵)، برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در محیط GIS حوضه‌ی کلیجا نستاق را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسید که مدل ام پسیاک کاربرد قابل قبولی برای بررسی فرسایش و رسوب حوضه‌ی مورد مطالعه را داشته است. منصوری دانشور و همکار (۱۳۹۱)، در روش‌شناسی مقاله‌ای با عنوان ارزیابی درجه‌ی رسوبدهی حوضه‌ی آبریز طرق در جنوب شرق مشهد با استفاده از مدل PSIAC و MPSIAC در محیط GIS، مدل ام پسیاک را در انطباق بهتری با شرایط حوضه ارزیابی نمود. خیام و همکاران (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای تحت عـنوان مقایسه‌ی کارایی مدل‌های MPSIAC و EP، به این نتیجه رسیدند که مدل MPSIAC با دقت ۹۸/۳۱ درصد رسوب حوضه را برآورد نموده است این در حالی است که مدل EPM تنها ۷۵/۴ درصد رسوب مشاهده‌ای حوضه را با متوسط شدت تولید رسوب ۱۱۱/۵۱۳۳ تن بر هکتار در سال محاسبه نموده است.

محاسبه‌ی میزان فرسایش در یک حوضه‌ی آبریز در صورت موجود بودن آمار کافی از دبی و رسوب، با بکارگیری روش‌های آماری امکان‌پذیر می‌باشد. ولی نبود یا کمبود داده‌ها در زمینه‌ی فرسایش خاک و تولید رسوب در بسیاری از حوضه‌های کشور کاربرد روش‌های تجربی را برای برآورد فرسایش خاک الزامی می‌کند. بر این اساس، روش تجربی ام پسیاک با لحاظ کردن نه عامل مؤثر در فرسایش و تولید رسوب شامل زمین شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، شیب، پوشش گیاهی زمین، کاربری اراضی، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب بیش از سایر مدل‌ها در ایران مورد توجه قرار می‌گیرد. در این پژوهش، نتایج مدل ام پسایک با نتایج ایستگاه رسوب‌سنجی تنگه‌ی باجک مقایسه شده است. هدف نهایی از این تحقیق بررسی میزان کارایی و دقت مدل تجربی MPSIAC در برآورد میزان رسوب حوضه و شناسایی عوامل مؤثرتر در فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که این پژوهش برای نخستین بار حوضه‌ی مورد مطالعه را مورد بررسی قرار داده است. فرضیاتی که در این ارتباط مطرح شده، لیتولوژی بیشترین نقش را در ایـجاد فرسایش حوضه‌ی آبریز دارد و با توجه به ویـژگی‌های طبیعی منطقه مدل MPSIAC می‌تواند برای برآورد فرسایش و رسوب حوضه‌ی مورد مطالعه استفاده شود.

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی یکی از رودخانه‌های حوضه‌ی آبریز مهران در جنوب غرب شهرستان ایلام با موقعیت جغرافیایی ′۲۴°۴۶ تا ′۳۶°۴۶ طول شرقی و ′۱۲°۳۳ تا ′۲۸°۳۳ عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). این حوضه بین حوضه‌ی آبریز رودخانه‌های چنگوله و کنجانچم واقع گردیده است. کمترین ارتفاع حوضه‌ی مورد مطالعه ۴۰۹ متر در تنگ باجک محل احداث سد گاوی و بیشترین ارتفاع نیز در کوه ورزرین ۲۷۱۴ متر واقع در شمال حوضه می‌باشد. با توجه به آمار و اطلاعات ۱۵سال (۱۳۷۷-۱۳۹۲) ایستگاه‌های باران‌سنجی، بیشینه بارش سالانه در محدوده‌ی مورد مطالعه، بین ۵۱۵ میلی‌متر در ایستگاه کشوری تا ۳۷۶ میلی‌متر در ایستگاه پیر محمد متغیر است. با توجه به تقسیم‌بندی که نبوی در سال ۱۳۵۵ انجام داده و پهنه‌ی ایران را به ۱۶ زون تقسیم کرده‌اند (جداری‌عیوضی، ۱۳۷۶)، حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه در زاگرس چین خورده قرار می‌گیرد. این زون که کوه‌های زاگرس را در بر می‌گیرد، ساخت زمین‌شناسی آن ساده، ملایم و شامل مجموعه‌ای از رشته تاقدیس‌های نزدیک و به هم فشرده با سطح محدودی معمولاً قایم و روند شمال غربی، جنوب شرق است. رسوبات چین‌خورده این منطقه به طور متناوب از آهک یا دولومیت همراه با مارن و مارن‌های آهکی است که با چینه‌بندی کم و بیش ظریف مشخص‌اند. سنگ‌های مارنی موجود در سطح حوضه بسیار ضعیف در مقابل عوامل فرسایش بوده و سالانه حجم قابل توجهی از رسوبات ناشی از فرسایش این سنگ‌ها به همراه سیلاب‌ها از این حوضه خارج می‌شود.



شکل (۱) موقعیت حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی

مواد و روش

روش مطالعه در این پژوهش شامل برآورد فرسایش و رسوب‌زایی با استفاده از روش ام پسیاک و سپس مقایسه‌ی نتایج این روش تجربی با برآورد واقعی حاصل شده از طریق داده‌های ایستگاه رسوب‌سنجی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. داده‌های مورد نیاز در این مطالعه شامل، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای Land Sat ETM 2014 جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش زمین و کاربری اراضی، بازدیدهای صحرایی (جهت بررسی وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای) و داده‌های آب و هواشناسی سال‌های ۱۳۷۷تا ۱۳۹۲ و مطالعات پیشین است. از مطالعات پیشین جهت بررسی پوشش گیاهی و محاسبه‌ی ضریب فرسایش‌پذیری خاک استفاده شده است. به منظور بالا بردن سرعت و دقت در محاسبات و تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی روش MPSIAC، از دانش سنجش از دور و (نرم‌افزار ArcGIS) جهت ژئورفرنس کردن و رقومی کردن نقشه‌ها و تهیه‌ی نقشه‌های ثانوی از قبیل نقشه‌های پوشش زمین، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و شیب مربوط به حوضه استفاده شده است.

در روش مورد مطالعه، تأثیر و نقش نه عامل مهم و مؤثر در فرسایش و تولید رسوب بر اساس جدول استاندارد و رابطه‌های تعریف شده در مدل، محاسبه شده و سپس نتایج به صورت لایه‌های اطلاعاتی با فرمت رستر وارد محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی گردیده است.

زمین‌شناسی (y1) ـ در روش ام پسیاک امتیاز عامل زمین شناسی از رابطه‌ی ۱ جدول ۱ حاصل می‌شود که براساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود. لذا با توجه به مطالعات زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی بر اساس سازندهای موجود در این حوضه (شکل۲) و همچنین مقاومت آنها در مقابل فرسایش، هر یک از سازندها امتیازدهی شده‌اند که کمترین امتیاز در آنها به سازند سروک و بیشترین امتیاز به سازند گورپی نسبت داده شده است (جدول ۳).

خاک‌شناسی (Y2)ـ در روش MPSIAC برای تعیین عامل خاک از رابطه‌ی (۲) جدول (۱) استفاده می‌شود: که در آن X2 امتیاز رسوب‌دهی خاک در روش پسیاک و k عامل فرسایش‌پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می‌باشد. در فرمول جهانی فرسایش[1](USLE) برای تعیین k از مشخصه‌های درصد سیلت به اضافه‌ی شن خیلی ریز، درصد شن، درصد ماده‌ی آلی، ساختمان خاک و قابلیت نفوذ استفاده به عمل می‌آید (رفاهی، ۱۳۸۸). به منظور تعیین مشخصه‌های درصدی جهت تعیین این عامل از گزارش خاک‌شناسی حوضه (آنالیز فیزیکی شیمیایی پروفیل خاک حوضه‌ی آبریز مهران) استفاده شده است.

1- Unirersal Soil Loss Equation

آب و هوا (Y3)ـ جهت تعیین امتیاز عامل آب و هوا با توجه به رابطه‌ی (۳) جدول (۱) نیاز به مقدار بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال بر حسب میلی‌متر می‌باشد. لذا از روش بارش ۲۴ ساعته $P_{(24,T)}$ با استفاده از فرمول تجربی زیر می‌توان حداکثر بارش ۶ ساعته با دوره برگشت T یا $P_{(6,T)}$ را تخمین زد.

$$P_{10}^{60}(0.3710 + 0.6184\,t^{0.4484})[0.4524 + 0.2471\,In(T - 0.6)] = P_T^5 \quad \text{معادله‌ی (۱)}$$

در این معادله t برحسب ساعت و T دوره برگشت بر حسب سال و P_{10}^{60} بر حسب میلی‌متر می‌باشد (علیزاده، ۱۳۹۰). برای بدست آوردن بارش ۲۴ ساعته با دور برگشت ۲ سال جهت تعیین امتیاز این عامل در حوضه‌ی مورد مطالعه از آمار ایستگاه سینوپتیک ایلام و مهران استفاده شده است.

رواناب (y4) ـ عامل رواناب به عنوان چهارمین پارامتر مندرج در مدل پسیاک اصلاح شده عبارت است از «بازده یک سیستم آبخیز که از نتیجه عملکرد ساختمان آبخیز بر روی داده‌های آن (نزولات آسمانی) پدیدار می‌گردد (رفاهی، ۱۳۸۸). برای تعیین امتیاز عامل رواناب در روش MPSIAC از رابطه‌ی (۴) جدول (۱) استفاده شده است که در این رابطه R: ارتفاع رواناب سالانه بر حسب میلیمتر، و q دبی ویژه پیک برحسب متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع می‌باشد.

با استفاده از مطالعات هیدرولوژی و منابع آب حوضه‌ی مورد مطالعه پس از مشخص شدن ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سالانه در هر یک از واحدهای‌کاری نسبت به محاسبه‌ی عامل رواناب در روش پسیاک اقدام گردید. جدول (۲) این محاسبات را نشان می دهد.

توپوگرافی (Y5)ـ شیب حوضه نقش اساسی در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب‌ها و میزان فرسایش دارد (مهدوی، ۱۳۸۴). در این مطالعه جهت استخراج پارامتر شیب، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده و سپس این این خطوط در محیط GIS به نقشه مدل رقومی ارتفاعی DEM تبدیل شده‌اند و آنگاه از این نقشه با دستور Slope در محیط نرم‌افزار، نقشه درصد متوسط شیب استخراج گردید (شکل۳)، سپس امتیاز این عامل تعیین گردیده است.

پوشش زمین (y6)ـ در مدل پسیاک اصلاح شده از رابطه‌ی (۶) جدول (۱) جهت تعیین امتیاز عامل پوشش زمین استفاده گردیده است. در تحقیق حاضر، به منظور تعیین عامل فوق، ابتدا با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست از نوع TM[1] اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی پوشش زمین (شکل۴) از نظر مقدار گیاهی گردید و سپس با مطالعه میدانی و مشاهدات صحرایی تفاوت واحدهای گیاهی مشخص و مرز تیپ‌ها اصلاح شده است

1- Thematic Mapper

و درصد اراضی لخت و فاقد پوشش هر واحد محاسبه شد و در نهایت عدد به دست آمده را در رابطه‌ی مربوط قرار داده و امتیاز عامل پوشش زمین برآورد شده است.

نحوه‌ی استفاده از زمین (Y7)ـ در روش ام پسیاک بر مبنای درصد تاج پوشش گیاهی، مشخصه‌ی نحوه‌ی استفاده از زمین محاسبه می‌گردد. به منظور تعیین امتیاز عامل نحوه‌ی استفاده از اراضی، ابتدا اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی (شکل۵) و سپس نقشه‌ی پوشش گیاهی حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست از نوع TM گردید، سپس مساحت هر تیپ از پوشش گیاهی مشخص شده و در ادامه جهت تعیین وزن برای هر تیپ پوشش گیاهی از نتایج گزارش مطالعات پوشش گیاهی انجام شـــده در استان استفاده شده است. در نهایت درصد تاج پوشش گیاهی هر واحد محاسبه و با استفاده از رابطه‌ی (۷) جدول (۱) امتیاز عامل مربوطه تعیین می‌گردد.

جدول (۱) عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه‌ی امتیازدهی به آنها

ردیف	عوامل موثر در فرسایش و تولید رسوب	شرح پارامترها	نحوه‌ی محاسبه‌ی امتیاز در روش MPSIAC
۱	زمین‌شناسی	X1: امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش(۱۰-۰)	رابطه‌ی (۱) $x_1 = y_1$
۲	خاک	K: عامل فرسایش‌پذیری خاک در معادله‌ی جهانی	رابطه‌ی (۲) y_2=16.67K
۳	آب و هوا	X3: بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله	رابطه‌ی (۳) y_3= $x_3$0.2
۴	روان‌آب	R: ارتفاع روان‌آب سالانه (mm)وQp	رابطه‌ی (۴) y_4=0.0006 R+10
۵	پستی بلندی	S: درصد شیب	رابطه‌ی (۵) y_5=0.33 S
۶	پوشش گیاهی	p_b : در صد اراضی لخت	رابطه‌ی (۶) y_6= p_b0.2
۷	کاربری اراضی	p_c : درصد تاج پوشش گیاهی	رابطه‌ی (۷) y_7= p_c20–0.2
۸	وضعیت فعلی فرسایش	SSF : امتیاز عامل سطحی خاک در مدل BLM	رابطه‌ی (۸) y_8=0.25 SSF
۹	فرسایش رودخانه‌ای	دبی ویژه سالانه ($m^3_s.m^2$K) SS.F.G : امتیاز فرسایش خندقی در مدل B.L.M	رابطه‌ی (۹) y9=1.67 SS.F.G

منبع: (رفاهی، ۱۳۸۸)

وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه‌ی (y8)ـ در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش، از رابطه‌ی (۸) (جدول ۱) استفاده می‌شود. تعیین این عامل در حوضه‌ی مورد مطالعه با کمک اطلاعات مربوط به داده‌های صحرایی، استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث جهت بررسی مناطق دور از دسترس و با

توجه به نوع فرسایش در سطح حوضه‌ی آبریز با استفاده از جدول BLM[1] صورت گرفته است. پس از بررسی ۷ عامل، وضعیت سطح خاک و ارزیابی کمی، مجموع نمره‌های داده شده را با هم جمع کرده، سپس بر مجموع حداکثر نمرات هر عامل تقسیم نموده و حاصل را در ۱۰۰ضرب می‌کنیم.

جدول (۲) مشخصات هیدرولوژیکی حوضه‌ی مورد مطالعه بر حسب زیرحوضه

پارامترهای رواناب / زیرحوضه	A1	A2	A3	A4	کل حوضه
مساحت حوضه (Km^2)	۱۱۵/۹۷	۱۱۹/۵۱	۱۲۹/۹۶	۹۴/۸۳	۴۶۰/۲۷
ارتفاع متوسط m	۱۹۷۵	۱۳۴۰	۱۱۷۰	۹۸۰	۱۵۶۵
بارش سالانه mm	۳۹۶/۷۴	۳۵۶/۸۷	۳۴۶/۲۰	۳۳۴/۲۶	۳۷۱/۰۹
ارتفاع رواناب mm	۳۳۰/۲	۴۸۵/۳۹	۱۷۵	۱۲۶/۴۷	۲۴۲/۸۲
دبی اوج mm^3 /sec	۳۵/۴۷	۲۶/۷۲	۲۷/۰۳	۳۵/۵۲	۲۷/۹۱
دبی ویژه پیک $km^2 m^3$/sec	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۳۷	۰/۰۶
امتیاز عامل رواناب	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۷۴	۰/۶۱

جدول (۳) نحوه‌ی امتیازدهی به عامل زمین‌شناسی در مدل MPSIAC

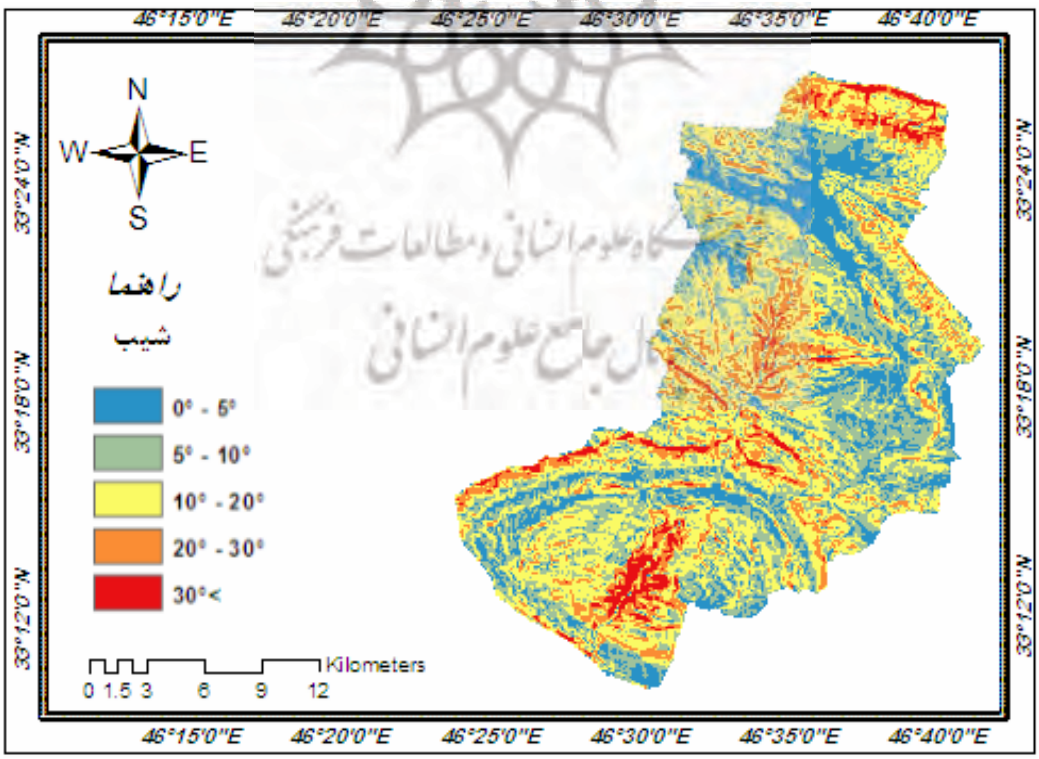
حساسیت نسبت به فرسایش	کد فرسایش‌پذیری	واحدسنگی	لیتولوژی
کم	۳	SV	سنگ آهک خاکستری تا سیاه توده‌ای تا نازک لایه چرت‌دار (سازند سروک)
	۴	Qf2	رسوبات مخروطه افکنه‌ای دانه درشت
متوسط	۵	II	سنگ آهک خاکستری تا سفید رنگ متوسط تا نازک لایه و میان لایه ایشیل (سازند ایلام)
		AS	سنگ آهک نازک لایه تا توده‌ای کرم تا سفید رنگ (سازند آسماری)
	۶	Sg	شیل خاکستری تیره پیرت‌دار ولایه‌های سنگ آهک زرد رنگ (سازند سروگاه)
زیاد	۸	Qfi	رسوبات مخروطه افکنه‌ای دانه ریز قدیمی
بسیار زیاد	۹	Pb	تناوب شیل خاکستری تا شیری و آهک مارنی و مارن (سازند پابده)
		GU	تناوب شیل و اهک مارنی و مارن (سازند گورپی)

منبع: (منابع طبیعی استان ایلام، ۱۳۹۰)

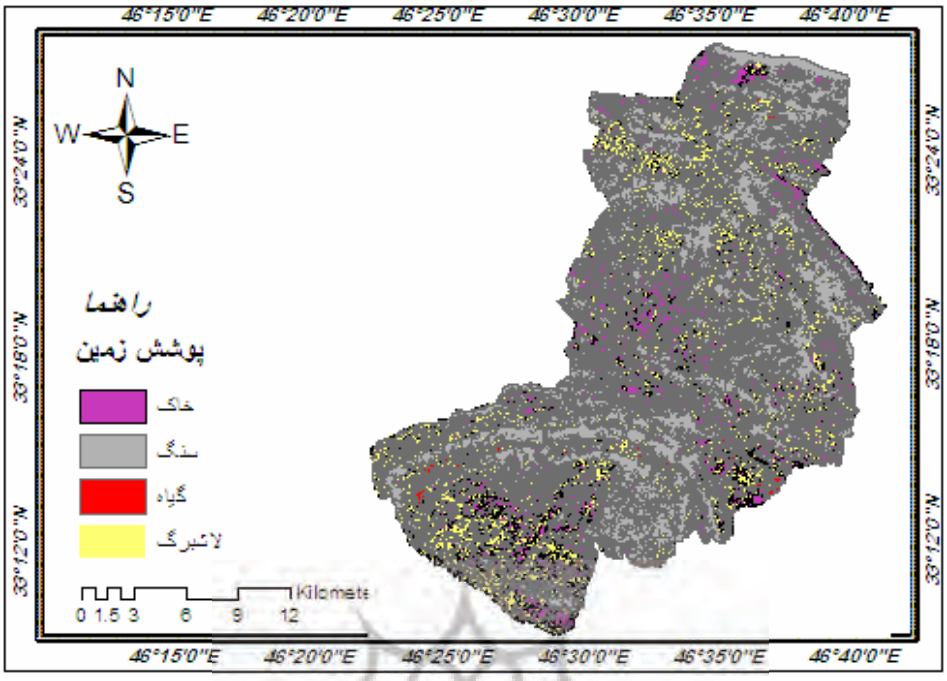
فرسایش رودخانه‌ای (Y9)ـ برای تعیین امتیاز این عامل از رابطه‌ی (۹) (جدول ۱) استفاده شده است. به منظور تعیین امتیاز فرسایش رودخانه‌ای، SSf[2] به عنوان یکی از پارامترهای جدول BLM مد نظر قرار گرفته و در نهایت به صورت لایه‌ای اطلاعاتی با فرمت رستری وارد محیط GIS گردیده است.

1- Burau of Land Management
2- Soil Surface Factor

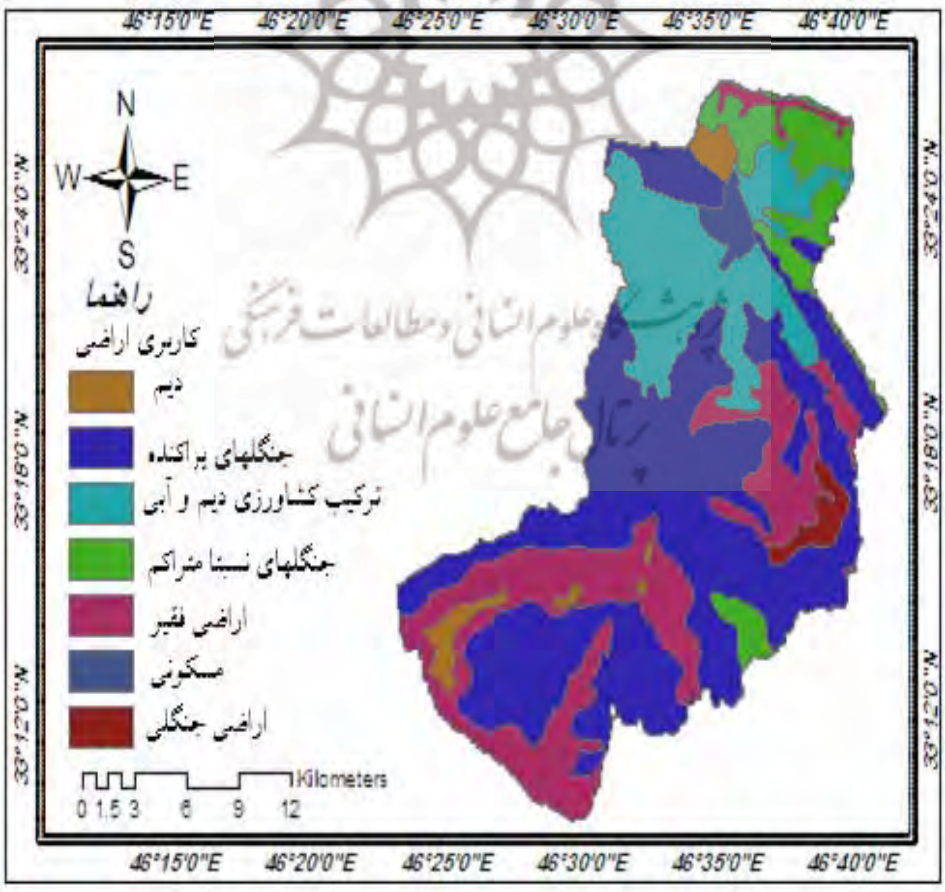
شکل (۲) نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی



شکل (۳) نقشه‌ی شیب حوضه، حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی



شکل (۴) نقشه‌ی پوشش زمین حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی

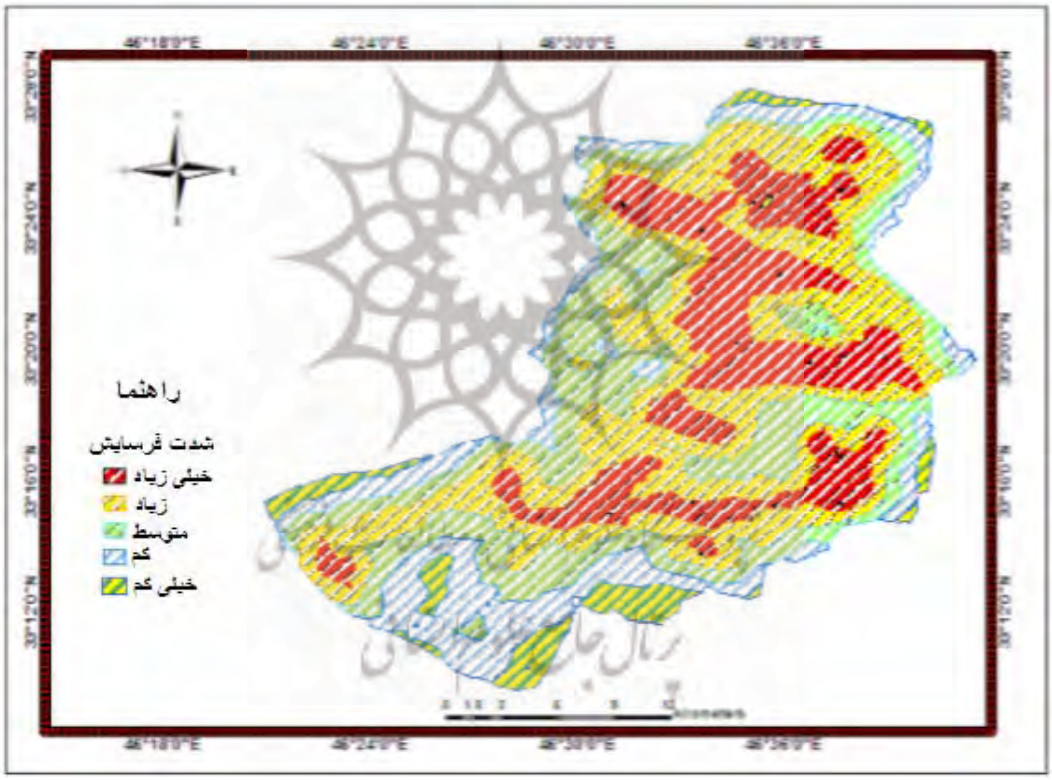


شکل (۵) نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی

تعیین درجه‌ی رسوبدهی واحدهای هیدرولِژیکی

پس از وزن‌دهی و نهایی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی که به صورت لایه‌های وزنی درآمده‌اند برای تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایش حوضه (شکل ۶) لازم است این عوامل را با هم تلفیق کنیم، لازم به ذکر است لایه‌های وزنی باید به صورت رستری باشند تا امکان تلفیق آنها وجود داشته باشد.

سپس به منظور تعیین میزان فرسایش هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی، شناسایی تأثیرگذارترین عامل در تولید رسوب و نیز تشخیص واحدهای بحرانی از نظر تولید رسوب، محاسبه‌ی درجه‌ی رسوبدهی هر یک از این واحدها ضروری است. برای این منظور مجموع امتیاز عوامل نه گانه در هر واحد محاسبه و درجه‌ی رسوب‌دهی آن واحد مشخص می‌گردد جدول (۴).



شکل(۶) نقشه‌ی شدت فرسایش حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی

به منظور بررسی بیشتر و تعیین میزان فرسایش و رسوب‌زایی در سطح حوضه از جدول (۵) که در این زمینه تهیه شده است، استفاده می‌شود.

در نهایت برای اعمال دقت بیشتر و پرهیز از اشتباه در عمل درون‌یابی و برون‌یابی برای برآورد فرسایش و تولید رسوب طبق مدل ام پسیاک از رابطه بین درجه‌ی رسوب‌دهی و میزان تولید رسوب، رابطه‌ی (۱۰) استفاده

به عمل می‌آید (Safamanesh et al., 2006):

$$Qs=18.6e^{0.036R} \quad \text{رابطه‌ی (۱۰)}$$

در این رابطه QS میزان رسوبدهی سالانه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع، e عدد نپرین که تقریباً برابر با ۲/۷۱۸ می‌باشد و R درجه‌ی رسوبدهی یعنی مجموع امتیازات عوامل مختلف در نظر گرفته شده در مدل MPSIAC می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که وزن مخصوص برای حوضه‌ی مورد مطالعه با توجه به مطالعات انجام شده توسط امور آب استان بر روی رودخانه، ۱/۵ در نظر گرفته می‌شود.

برای محاسبه‌ی SDR از روش لارنس[1] رابطه‌ی (۱۱) استفاده شده است و برای تعیین فرسایش کل بایستی فرسایش ویژه را در کل مساحت هر زیر حوضه ضرب کنیم (افسری و قدوسی ۱۳۹۰).

$$SDR = A^{-0/2} \quad \text{رابطه‌ی (۱۱)}$$

جدول (۴) داده‌های لازم جهت محاسبه درجه‌ی رسوبدهی واحدهای هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی

عامل	واحدهای هیدرولوژیکی				کل حوضه
	A1	A2	A3	A4	
زمین‌شناسی	۵/۴۶	۵/۴۶	۶/۶۵	۵/۲۳	۵/۷۴
خاک	۸/۶۶	۸/۳۸	۸/۵۸	۸/۱۶	۸/۴۴
آب و هوا	۶/۳۴	۶/۵۵	۴/۶۹	۲/۸۸	۵/۱۱
روان آب	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۷۴	۰/۵
توپوگرافی	۹/۸۰	۱۱/۸۷	۱۰/۶۸	۱۳/۴۰	۱۱/۴۳
پوشش زمین	۹/۳۳	۶/۴۸	۸/۰۷	۶/۰۵	۷/۴۱
کاربری اراضی	۱۹/۱۶	۱۸/۹۶	۱۸/۷۶	۱۷/۰۵	۱۸/۴۸
وضعیت فرسایش فعلی	۱۱/۲	۱۱/۵۸	۱۴/۲۷	۱۶/۲۸	۱۳/۳۳
فرسایش رودخانه‌ای	۸/۶۸	۷/۰۱	۶/۲۷	۳/۶۷	۷/۰۳
R مجموع امتیازات	۷۹/۲۴	۷۶/۷۵	۷۸/۳۷	۷۳/۶۴	۷۷/۴۷

جدول (۵) تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش MPSIAC

کلاس رسوبدهی و فرسایش	شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان‌دهنده‌ی شدت رسوبدهی
		متر مکعب در کیلو متر مربع	تن در کیلومتر مربع	
V	خیلی زیاد	>۱۴۲۹	>۲۱۴۳/۵	>۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۱۴ - ۲۱۴۳/۵	۷۵-۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸-۴۷۶	۳۵۷ ± ۷۱۴	۵۰-۷۵
II	کم	۹۵-۲۳۸	۱۴۲/۵ ± ۳۵۷	۲۵-۵۰
I	خیلی کم یا جزئی	<۹۵	<۱۴۲/۵	۰-۲۵

منبع: (رفاهی، ۱۳۸۵)

1- Larens

بحث و نتایج

این پژوهش با هدف برآورد فرسایش و رسوب‌زایی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گاوی به روش ام پسایک و مقایسه‌ی نتایج با برآورد واقعی انجام شده است. نتایج بررسی روش ام پسیاک و ۹ پارامتر این روش برای ۴ زیرحوضه تعیین شده (جدول ۶)، نشان می‌دهد که با توجه به مجموع امتیازات پارامترهای مؤثر در فرسایش و رسوب، حوضه‌ی مورد مطالعه بـه صورت کلی با درجه‌ی رسوب‌دهی ۷۷/۴۷ در کلاس فرسایشی زیـاد قرار می‌گیرد و میزان تولید رسـوب این کلاس ۱۴۲۹-۴۷۶ متر مکعب در کیلومتر مربع و ۲۱۴۳/۵-۷۱۴ تن در کیلومتر مربع می‌باشد. با اعمال رابطه‌ی (۱۰) میزان رسوب‌دهی سالانه برابر ۳۰۲/۱۳ متر مکعب در کیلومتر مربع برآورد گردیده که با دخالت دادن وزن مخصوص (۱/۵)، معادل ۴۵۳/۲۰ تن رسوب در کیلومتر مربع است.

جدول (۶) نتایج مدل MPSIAC در حوضه

پارامترهای رسوب و فرسایش	واحدهای هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز گاوی				
	A1	A2	A3	A4	کل حوضه
مساحت کل Km^2	۱۱۵/۹۷	۱۱۹/۵۱	۱۲۹/۹۶	۹۴/۸۳	۴۶۰/۲۷
رسوب ویژه (Qs) Km^2/m^3	۳۲۲/۱۰	۲۹۳/۷۹	۳۱۲/۲۷	۲۶۳/۴۵	۳۰۲/۱۳
وزن مخصوص رسوب m/Ton	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
رسوب ویژه $Ton/.Km^2.yr$	۴۸۳/۱۵	۴۴۰/۶۸	۴۶۸/۴۰	۳۹۵/۱۸	۴۵۳/۲۰
رسوب کل Ton.yr	۵۶۰۳۱/۱۱	۵۲۶۶۶/۸۰	۶۰۸۷۳/۹۶	۳۷۴۷۵/۳۱	۲۰۸۵۹۵/۲۱
SDR	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۲۹
فرسایش ویژه $Ton/.Km^2.yr$	۱۲۷۱/۴۴	۱۱۵۹/۶۸	۱۲۶۵/۹۴	۹۸۷/۹۵	۱۵۶۲/۷۵
فرسایش کل Ton.yr	۱۴۷۴۴۹/۷۵	۱۳۸۵۹۳/۸۶	۱۶۴۵۲۲/۳۳	۹۳۶۸۷/۲۹	۷۱۹۲۹۰/۹۱

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله نشان مـی‌دهد که منطقه مورد مطالعه از لـحاظ فرسایش‌پذیری در رده‌ی فرسایشی زیـاد قـرار می‌گیرد و طبق تعریف این کلاس می‌توان گفت که در این حوضه جابجایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضرورت و اولویت داشته و استفاده از اراضی محدودیت زیادی دارد. همچنین مدل MPSIAC در این حوضه به خوبی پاسخ می‌دهد و فرضیه‌ی اول تأیید می‌شود، زیرا به عنوان نمونه مقدار رسوب برآورد شده در حوضه‌ی مورد مطالعه با مدل ام پسیاک ۴۵۳/۲۰ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال و رسوب برآورد شده در ایستگاه رسوب‌سنجی حوضه‌ی مربوطه ۴۶۱/۲۳ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال می‌باشد، دلیل دقت این روش می‌تواند این باشد که این روش به عنوان جغرافیایی‌ترین مدل در برگیرنده‌ی ۹ پارامتر تأثیرگذار در تولید فرسایش و رسوب می‌باشد. در مورد فرضیه‌ی دوم قبل از انجام

تحقیق با توجه به بازدیدهای به عمل آمده از منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسید که از بین عوامل مؤثر در فرسایش، لیتولوژی با توجه به سازندهای حساس به فرسایش، بیشترین تأثیر را در فرسایش حوضه داشته باشد در حالی که نتایج حاصل شده از طریق مدل تجربی عامل کاربری با امتیاز ۱۸/۴۸را به عنوان عوامل مؤثر در فرسایش حوضه در اولویت اول و عامل زمین‌شناسی با امتیاز ۵/۷۶ در اولویت ششم قرار می‌دهد. بر این اساس فرضیه فوق رد می‌شود. در پایان باید اشاره کرد که با توجه به اینکه حوضه از نظر تقسیم‌بندی واحد اراضی در گروه دشت‌های دامنه‌ای با شیب ملایم قرار می‌گیرد، و مناسب کشت غلات به صورت دیم و مرتع آن محل قشلاق عشایر می‌باشد در نتیجه این شرایط تأثیر عامل کاربری اراضی را تأیید می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- افسری، روح‌الله و جمال قدوسی (۱۳۹۰)، «**ارزیابی روش‌های مختلف تخمین نسبت تحویل رسوب (SDR) تحت شرایط آب و هوایی مختلف (مطالعه‌ی موردی حوضه‌های آبریز استان مرکزی)**»، فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی سال چهارم شماره ۱۲.
- احمدی، حسن؛ ملکیان، آرش و رقیه عابدی (۱۳۹۱)، «**مناسب‌ترین روش آماری برآورد رسوب معلق رودخانه‌ی جاجرود**»، فصلنامه‌ی پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره‌ی ۲.
- ارخی، صالح؛ ملکی، سعید و رحیم نظری (۱۳۸۷)، «**پهنه‌بندی شدت فرسایش و تولید رسوب بر اساس مدل MPSIAC با استفاده از GIS (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز در استان ایلام)**»، همایش ژئوماتیک.
- اداره‌ی کل منابع طبیعی استان ایلام، «**آنالیز فیزیکی شیمیایی پروفیل خاک حوضه‌ی آبریز مهران، گزارش خاک‌شناسی حوضه**».
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۳)، «**فرسایش، فرایندهای فرسایشی و شکل‌های ناشی از آنها**»، مجله‌ی رشد آموزش جغرافیا شماره‌ی ۶۹.
- پیرمحمدی، زیبا؛ فیض‌نیا، سادات؛ یونس‌زاده جلیلی، سهیلا و جهانگیر فقهی (۱۳۸۹)، «**مقایسه‌ی مدل‌های کمی در برآورد فرسایش و رسوب در زیرحوضه‌ی سامان عرفی چم لرستان**»، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه.
- خیام، مسعود؛ غنمی‌جابر، مصطفی و رسول صمدزاده (۱۳۹۲)، «**مقایسه کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب‌زایی حوضه‌ی آبریز سقز چی چای نمین**»، فصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران شماره‌ی ۱.
- فیض‌نیا، سادات؛ مجدآبادی فراهانی، فرهاد؛ محسنی ساروی، محسن و محمود عرب خدری (۱۳۸۱)، «**طول دوره‌های آماری مناسب برای برآورد میانگین رسوب سالانه و روابط آن با مساحت، اقلیم، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی حوضه‌ی آبریز**»، مجله‌ی کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال نهم شماره‌ی ۳.
- رفاهی حسینقلی (۱۳۸۸)، «**فرسایش آبی و کنترل آن**»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- شایان، سیاوش و غلامرضا زارع (۱۳۹۰)، «**تبیین مفهوم فرسایش از دیدگاه ژئومورفولوژی و مقایسه‌ی آن با دیدگاه منابع طبیعی**»، مجله‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، دانشگاه هرمزگان، سال اول، شماره‌ی اول.
- عاقلی کهنه‌شهری، لطفعلی و حسین صادقی (۱۳۸۴)، «**برآورد آثار اقتصادی فرسایش خاک در ایران**»، فصلنامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی، شماره‌ی ۱۵.
- علیزاده گرجی، غلامرضا (۱۳۸۵)، «**برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در محیط GIS (مطالعه موردی حوضه‌ی کلیجانر ستاق) پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد**»، دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

ـ عسگری، شمس‌الله (۱۳۸۶)، «**مدل‌سازی فرسایش خاک وتولید رسوب حوضه‌ی آبخیز گل گل- استان ایلام**»، محل انتشار چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.

- مومی‌پور، مـهدی (۱۳۸۳)، «**مقایسه دو مدل MPSIAC، RUSLE با اسـتفاده از داده‌های دورسـنجی و GIS مطالعه‌ی موردی زیرحوضه‌ی اوجان چای**»، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم انسانی علوم اجتماعی، دانشگاه تبریز.

ـ مقصودی، مهران و مجتبی یمانی (۱۳۸۸)، «**برآورد فرسایش ورسوب از طریق ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار در حوضه ی آبریز وزنه با استفاده از GIS**»، جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۱۶ (زمستان).

- Dearman,W.H. (1970), "**Weathering Classification In The Chavacteriz- Ation of Erosion"Intel.Assoc.Engry Geol**", BuII., No. 13, PP: 123-128.

- Hsu, S.M, Wen,H.Y.,Chen, N.C., Hsu, S.Y. and Chi, S. (2012), "**Using an Intergrated Method to Estimate Watershed Sediment Yieldduring Heavy Rain Paiod: A Case Study in Hualin County**", Taiwan, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol.12, No. 6.

- Li . M,Y.W. (2010), "**Effects of Landforms on The Erosion Rate in a Small Watershed by The Cs Tracing Method**", Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 101, No. 5.

- Morgan, R.P.C, (1995), "**Soil erosion and Conservation, Longman Scientific and Technica, John Wiley and Sons**".

- Renard, K.G, J.J Ston. (1982), "**Sediment Ield from Small Semiarid Rangland Watersheds, USDa-SEA_ARM, Westem Series**", No. 26, PP: 129-144.

- Mayer, L.D et al. (1969), "**Mathmation Simulation of Processes of Soil Erosion by Water**", Trans.Am..soc.agric.Engric, 12(6), PP: 754-758.

- PSIAC, (1968), "**Report of the Water Management Subcom-mittee on Factors Affecting Sediment Yild in the Pacific South-west Area and Selection and Evaluation of Measures for Reduc-tion of Erosion and Sediment Yield**", American Society of Civil Engineers,98, Report No. HY12.

- Safamanesh, R., AzminSulaiman, W.N., Ramli, M.F., (2006), "**Erosion risk Assessment Using an Empirical Model of Pacific South West Inter Agency Committee Method for ZargehWaterhed, Iran**", Journal of spatial Hydrology Vol. 6, No.2.

- Victora, C., A. Kacevas,&h.Fiori.(1998), "**Soil Credibility Assessments with Simulated Rainfall and with the USLE Monograph in Soil from Uruguay**", Proceeding of 16th World Congress of Soil Science, Montpllier, France.

- Mansouri Daneshvar, M.R. and Bagherzadeh, A .(2012), "**Evaluation of Sediment Yield in Psiac and Mpsiac Models by Using GIS at Torop Watershed**", Frontiers of Earth Science in China, 83.