

دو فصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران

سال اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۹

صص ۱۵ - ۱

مقایسه کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب زایی حوضه آبخیز سقزچی چای نمین

مقصود خیام، استاد گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران

مصطفی غنمی جابر*، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، اردبیل، ایران

رسول صمدزاده، استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران

چکیده

در این پژوهش با هدف ارزیابی کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد رسوب، حوضه آبخیز سقزچی چای با مساحتی بالغ بر ۷۵۹۳/۹۹ هکتار و تنوع شرایط اقلیمی، توپوگرافی، سنگ‌شناسی و پوشش گیاهی به عنوان منطقه مطالعه انتخاب شد. بخشی از داده‌های مورد نیاز مدل‌ها از طریق مطالعات میدانی و بخش دیگر از نتایج مطالعات صورت گرفته در حوضه‌های آبخیز مشابه تهیه گردیده است. در این تحقیق پس از رقومی‌سازی خطوط تراز ۱۰۰ متری، مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه و از آن برای تهیه نقشه شیب و انجام برخی محاسبات استفاده شده است. در ادامه با استفاده از نرم افزار ArcGIS و براساس ساختار هر مدل، عملیات محاسباتی و پردازشی مورد نیاز جهت رسوب و تهیه نقشه‌های مربوطه انجام پذیرفت. نتیجه تحقیق در مورد مدل MPSIAC نشان می‌دهد که این مدل شدت متوسط تولید رسوب را ۴۶/۹۲۸۹ ($Ton/ha \cdot y$) و میزان رسوب سالیانه حوضه را با دقت ۹۸/۳۱ درصد رسوب مشاهده‌ای برآورد نموده است. این در حالی است، که مدل EPM تنها ۷۴ درصد رسوب مشاهده‌ای حوضه را با متوسط شدت تولید رسوب ۱۱۱/۵۱۳۳ ($Ton/ha \cdot y$) محاسبه نموده است.

واژگان کلیدی:

رسوب، مدل، فرسایش، EPM، MPSIAC، GIS، سقزچی چایی

مقدمه

فرسایش فرآیند مستمری است؛ که از زمان شکل‌گیری خشکی‌ها و پرداختن انسان به دامداری و کشاورزی وجود داشته و موجب تغییر شکل ظاهری خشکی‌ها به صورتی که امروز دیده می‌شود، شده است. بدیهی است با توجه به عدم امکان مهار و توقف فرسایش زمین‌شناسی از یکسو و ادامه دخالت‌های بی‌رویه انسان در بهره‌برداری از منابع خاک، آب و گیاه از سوی دیگر، در آینده نیز این روند ادامه خواهد یافت. در این میان فرسایش تشدید شونده پدیده‌ای است؛ که در اثر دخالت نا آگاهانه و سودجویانه بشر در طبیعت ایجاد می‌شود و به‌طور عملی موجب تخریب خاک که بستر تولید در کره زمین به حساب می‌آید. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در مورد فرسایش خاک و براساس آمار و اطلاعات موجود مشخص شده است که با فرسایش هر ۱ سانتی‌متر از خاک حدود ۴٪ از حاصلخیزی آن کم می‌شود. (احمدی، ۱۳۷۴: ۱)

پدیده فرسایش خاک و تولید رسوب برای جامعه بشری مشکلات زیادی را به وجود آورده است؛ به‌طوری که امروز فرسایش خاک یکی از جدّی‌ترین مشکلات کشورهای در حال توسعه و بسیاری از کشورهای توسعه یافته می‌باشد. برای کاهش اثرات زیست محیطی و اقتصادی فرسایش ناشی از اعمال مدیریت نادرست در استفاده از اراضی، نیاز به اتخاذ تدابیری در مقیاس‌های مزرعه و حوضه آبخیز می‌باشد. اگرچه متوقف کردن فرسایش زمین‌شناسی امکان پذیر نیست؛ ولی، پیشگیری و مهار فرسایش خاک در گستره حوضه‌های آبخیز و در چهارچوب طرح‌های بهره‌برداری از آب و خاک و آبخیزداری یک نیاز اساسی است. بهینه‌سازی مدیریت خاک و بهره‌برداری از این منبع در گستره حوضه‌های یکی از راه‌های مناسب در تحقق حفاظت از خاک است. بی‌شک این امر مدیر حوضه آبخیز را قادر می‌سازد تا از بین روش‌های مختلف و متنوع بهره‌برداری از منابع خاک، آب و گیاه گزینه بهینه را طوری انتخاب نماید؛ که با وضعیت و شرایط حاکم بر حوضه آبخیز علاوه بر حفاظت از خاک و کاهش میزان فرسایش موجب افزایش درآمد ساکنین حوضه می‌شود.

نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده نشانگر این است؛ که عوامل مؤثر بر فرسایش آبی و تولید رسوب در یک حوضه عبارتند از: نوع سازند زمین‌شناسی، آب و هوا و توپوگرافی و فیزیوگرافی حوضه، خاک، پوشش گیاهی و نوع استفاده از زمین (کاربری اراضی). از بین عوامل ذکر شده عوامل استفاده از اراضی نقش اصلی را در مقدار و شدت فرسایش دارد. استفاده از زمین یکی از عوامل مهمی است؛ که امروزه تقریباً به نحو چشم‌گیری در نقاط مختلف جهان مورد توجه قرار گرفته است؛ زیرا، مشخص شده است که عدم استفاده صحیح و بهینه اراضی عامل اصلی و یا حداقل یکی از عمده‌ترین عوامل تخریب و انهدام خاک و در نتیجه اراضی کشاورزی و منابع طبیعی می‌باشد (بهاروند، ۱۳۸۴: ۲) عدم استفاده صحیح از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی و اعمال رفتارهای نادرست نظیر جاده‌سازی در حوضه‌های آبخیز بدون رعایت اصول حفاظت خاک، شخم اراضی شیب‌دار در جهت شیب زمین، چرای بی‌رویه مراتع، قطع درختان جنگلی، تبدیل اراضی مرتع به اراضی کشاورزی و سایر عوامل و اقدامات غیراصولی موجب افزایش مقدار و شدت فرسایش و تولید رسوب می‌گردد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که فرسایش خاک توسط آب از یک سو موجب کاهش تدریجی توان تولیدی اراضی در اثر رخداد و انواع فرسایش شود و از سوی دیگر موجب وارد آوردن خسارت به منابع زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی می‌شود. اگر چه پیامدهای فرسایش خاک در ظاهر ممکن است برای مردم و حتی مسئولین قابل لمس نباشد؛ ولی این پدیده عامل اصلی و جدّی خسارت به کشاورزی و ایجاد اختلال در

امنیت غذایی کشور و در دراز مدت تهدیدکننده استقلال اقتصادی نیز می‌تواند باشد (داوری ۱۳۸۲، ایلخانی ۱۳۸۵، طالب پور ۱۳۸۶: ۳).

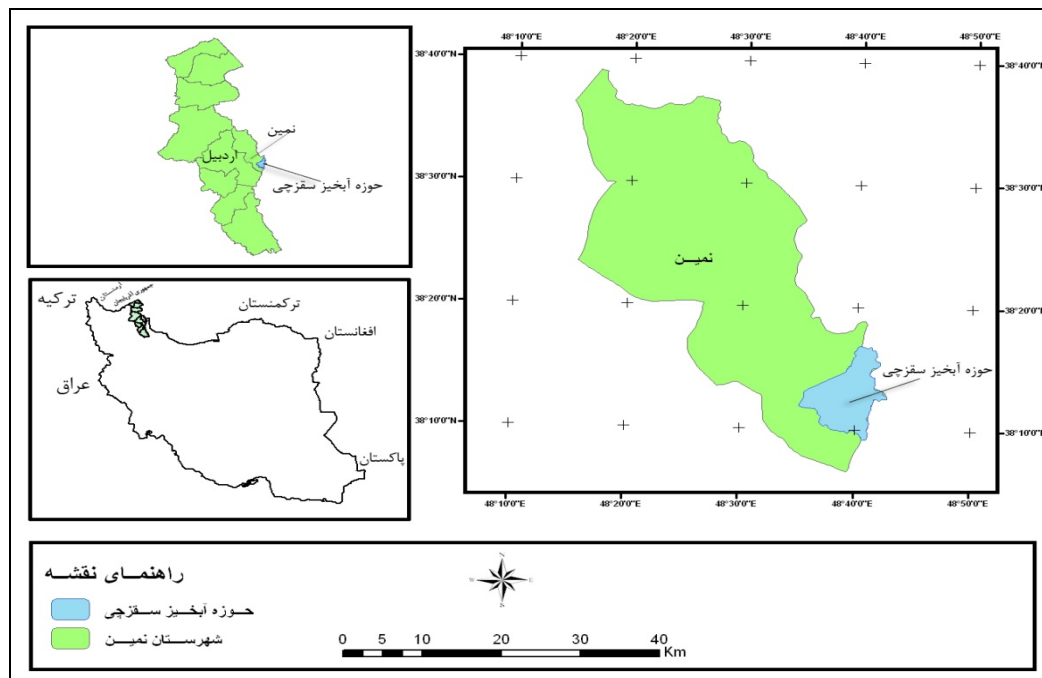
شناسایی دقیق عرصه‌های فرسایش یافته و شدت تخریب منابع خاک حوضه، برنامه ریزان منطقه را به سمت تخصیص بهینه هزینه و زمان جهت خواهد داد.

۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

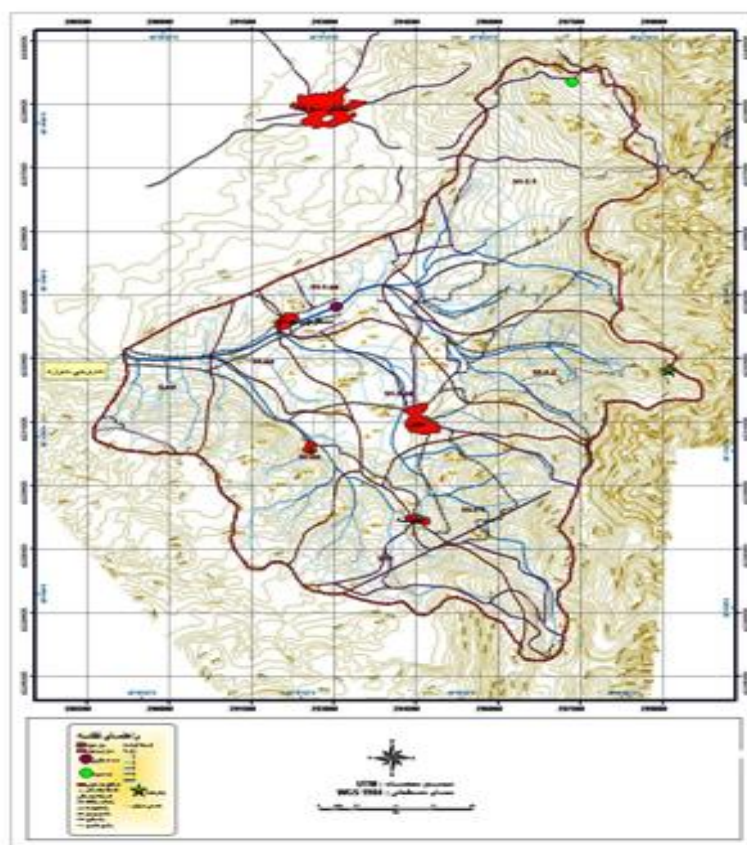
حوضه آبخیز سقزچی چای با وسعت ۷۵۹۳/۹۹ هکتار با مختصات ۴۷ ۵۴ ۷/۲ تا ۴۸ ۴۲ ۴۴/۱ طول خاوری و ۳۸ ۹ ۱۱/۷ تا ۳۸ ۱۶ ۵۳ عرض شمالی در قسمت خاوری شهر اردبیل واقع گردیده است. استان اردبیل دارای ۱۰ شهرستان به مرکزیت‌های اردبیل، نیر، نمین، سرعین، خلخال، کوثر، مشکین شهر، بیله‌سوار، گرمی و پارس آباد بوده و دارای ۶ شهر، ۱۶ بخش، ۶۱ دهستان و ۱۹۰۲ پارچه آبادی است. حوضه آبخیز سقزچی چای در شهرستان نمین واقع گردیده است.

مهم‌ترین راه‌های ارتباطی که این منطقه را به سایر شهرهای استان مربوط می‌سازد، جاده آسفalte خلخال به اردبیل و سپس جاده آسفalte به سمت سقزچی می‌باشد. به‌منظور دسترسی به قسمت‌های شمالی این حوضه آبخیز از راه‌های خاکی و یا با راه پیمایی میسر می‌باشد. نقاط جمعیتی حوضه آبخیز در روستاهای رز، حور، تغیه و سقزچی مستقر می‌باشند.

شکل‌های شماره (۱) و (۲) به‌ترتیب موقعیت حوضه آبخیز و نقشه پایه حوضه مطالعاتی را نمایش می‌دهند.



شکل شماره ۱: موقعیت حوضه در کشور، استان اردبیل و شهرستان نمین



شکل شماره ۲: نقشه پایه حوضه آبخیز سقزچی چای

۲- پیشینه پژوهش

نظر به اهمیت مقوله فرسایش و رسوب و برآورد مقدار آن جهت کنترل و جلوگیری از گسترش آن لزوم برخورد جامع با این امر کاملاً احساس می‌شود. اغلب روش‌های پیشین به صورت کیفی بوده اند و به‌منظور کمی کردن آن باید از روابط ریاضی استفاده کرد تا موجب افزایش اعتبار آن شود. از جمله این مدل‌ها، مدل MPSIAC و EPM می‌باشد. از مطالعه‌ای که در کشور چین روی پهنه‌بندی فرسایش با استفاده از ArcGIS صورت گرفته، این نتیجه‌گیری حاصل شده است که نرم افزار GIS قابلیت و توانایی خوبی در نمایش و ارزیابی اثرات و تغییرات محیطی داشته و می‌توان با استفاده از این تکنیک با دقت و سرعت بیش‌تری نقشه‌های فرسایش را تهیه کرد (Rubi. & Calvo, 1996:27). در تحقیقی که در کشور آمریکا در زمینه پتانسیل رسوبدهی فرسایش آبی با استفاده از مدل MPSIAC صورت گرفت به این نتیجه اشاره شده است که نحوه ارزیابی برخی از عوامل مؤثر در فرسایش آبی در مدل MPSIAC با اشکالاتی مواجه بوده و بایستی با توجه به شرایط اقلیمی و خاک‌شناسی و زمین‌شناسی مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرند (Bayramin, 2003: 26). اولین گزارش در مورد فرسایش خاک و لزوم حفاظت آب و خاک در ایران در سال ۱۳۲۷ هـ. ش توسط داوود ریین، کارشناس فائو به زبان انگلیسی تهیه و منتشر شده است. در سال ۱۳۳۹ هـ. ش مطالعات حفاظت خاک در قسمتی از حوضه آبخیز سد کرج در منطقه سراچال توسط متخصصین ایرانی با همکاری کارشناسان فائو انجام شد (رفاهی، ۱۳۷۸: ۵).

طی مطالعه فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز شمال کارون به این نتیجه رسیده است که ارزیابی مقدار رسوب به روش MPSIAC همبستگی خوبی با مقدار محاسبه شده از ایستگاه رسوب‌سنجی دارد. (جلالیان، ۱۳۷۱: ۹) در مطالعه فرسایش و رسوب حوضه آبخیز اوزان دره یکی از زیر حوضه‌های مهم حوضه قزل اوزن از روش‌های داگلاس، فورنیه، EPM و MPSIAC استفاده نمود و روش MPSIAC را به عنوان مناسب‌ترین برای تخمین فرسایش و رسوب حوضه سفیدرود معرفی کرده است. (صادقی، ۱۳۷۲: ۱۰) روش MPSIAC را در حوضه نوژیان لرستان به کار برده است و نشان داده است که مقادیر به دست آمده از این روش با مقادیر حاصل از اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های رسوب‌سنجی مشابهت دارد. (شاه‌کرمی، ۱۳۷۳: ۱۱) نیز در مطالعات خود روش MPSIAC را به عنوان مدلی مناسب در مطابقت بین مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری‌های ناشی از این مدل در مورد حوضه آبخیز اوزان دره می‌داند. (باقرزاده، ۱۳۷۳: ۱۲) نتایج به‌کارگیری این روش را با مقادیر حاصل از داده‌های ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در حوضه آبخیز جاجرود با وسعت ۱۰۰۰۰ هکتار مورد مقایسه قرار داده و به کارآیی این روش تاکید کرده است. (طهماسبی‌پور، ۱۳۷۳: ۱۳) در برآورد رسوب و تعیین پراکنش فرسایش در دو حوضه آبخیز امامه با وسعت ۳۷۲۳ هکتار و حوضه کند با وسعت ۵۹۰۰ هکتار از طریق مدل MPSIAC و مقایسه آن با آمارهای حاصل از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی، مدل MPSIAC در حوضه امامه با کارآیی بالا ارزیابی کرده است. (پاک‌پرور، ۱۳۷۳: ۱۴) روش MPSIAC را با آمار رسوب به دست آمده از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی حوضه دریانچای با وسعت ۴۰۵۵ هکتار مورد مقایسه قرار داد و کارآیی روش MPSIAC را نیز بالا ارزیابی کرد. (نیک‌جو، ۱۳۷۳: ۱۵) نیز در حوضه درکه مدل MPSIAC را با مدل MUSLE مقایسه کرده و روش MPSIAC را با کارآیی بالا معرفی کرده است. (سرخوش، ۱۳۷۵: ۱۶)

با مطالعه حوضه آبخیز در استان سمنان نشان داده است که با استفاده از مدل MPSIAC می‌توان میزان رسوب دهی حوضه را با ۳۰ درصد اختلاف نسبت به مقدار برآورد شده از طریق مطالعات به دست آورد. (قدرتی، ۱۳۷۵: ۱۷) پنج زیر حوضه آبخیز باراندور، نازلو، نقده، سیمینه رود و زولا را از حوضه آذربایجان غربی مورد بررسی قرار داده است و کارآیی مدل اصلاح شده MPSIAC را به جز در مورد زولا در مقایسه با ایستگاه رسوب‌سنجی بالا ارزیابی کرده است. (سکوتی اسکویی، ۱۳۷۵: ۱۸) با بررسی نقش عوامل ژئومورفولوژیکی فرسایش آبی بخشی از حوضه آبخیز زنجانرود با استفاده از GIS نشان داده است که استفاده از مدل MPSIAC و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان میزان فرسایش و رسوب را برآورد کرد و فرمول MPSIAC را برای مناطق مختلف واسنجی نمود به‌طوری که رابطه به دست آمده همبستگی خوبی با نتایج مشاهدات دارد. (حسنلو، ۱۳۸۲: ۱۹) با بررسی کارآیی روش‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز خارستان فارس به این نتیجه رسید که مدل MPSIAC نسبت به EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز خارستان برتری دارد. (خدا رحیمی، ۱۳۸۴: ۲۰) در حوضه طالقان مدل MPSIAC را در مقایسه با مدل EPM با کارآیی بالا معرفی کرده است. (بیات، ۱۳۸۷: ۲۱) در پژوهش خود در مورد بررسی و ارزیابی مدل EPM در برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه‌های مهران رود و آب شور استان آذربایجان شرقی که دارای آمار رسوب هستند با انجام مطالعات زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، هواشناسی، رسوب‌شناسی، هیدرولوژی، کاربری اراضی، توپوگرافی و فیزیوگرافی در دو حوضه مذکور نقشه‌های لازم را تهیه نموده است. با استفاده از مطالعات انجام گرفته ضرایب مورد نیاز در مدل تعیین شده و مقدار فرسایش حوضه‌ها محاسبه شده است. آمار دبی و رسوب ایستگاه‌های حوضه‌های مذکور جمع‌آوری شده

و پس از تجزیه و تحلیل آمار بار معلق آن‌ها برآورد شده است. سپس با اضافه نمودن بار بستر به آن‌ها مقدار رسوب برآورد شده است. (کریمی آذر، ۱۳۸۳: ۲۲) با مقایسه محاسبات انجام گرفته مقدار رسوب برآورد شده به وسیله مدل در حوضه آب شور ۲/۲ برابر و در حوضه مهرانرود ۱/۶ برابر رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه‌های هیدرومتری به دست آمده است (مخدوم، ۱۳۸۰: ۲۳) در مقاله خود تحت عنوان «تعیین شدت فرسایش و رسوب‌زایی اراضی حوضه آبخیز سد تهم» با استفاده از مدل پسیاک و GIS، میزان شدت فرسایش و مقدار رسوب تولید شده در حوضه آبخیز تهم را برآورد کردند. (حسنلو و عبدی، ۱۳۸۲: ۱۹) بدین منظور ابتدا نقشه‌های شیب، جهت، هیپسومتریک و زمین‌شناسی به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط GIS شده و بعد از پردازش آن‌ها براساس مدل پسیاک اقدام به امتیازدهی به هر یک از این نقشه‌ها نمودند. سپس با روی هم‌گذاری نقشه‌های فوق و جمع امتیازات داده شده به هر یک از لایه‌ها امتیاز نهایی استخراج و بر این اساس شدت فرسایش و رسوب‌زایی اراضی منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. در نهایت ایشان اظهار می‌دارند که این روش با وجود سادگی از دقت قابل قبولی برخوردار بوده و نیاز به داشتن تمام نقشه‌های مورد نیاز در مدل پسیاک نداشته و با داشتن نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی می‌توان به نتایج قابل قبولی دست یافت.

۳- مدل MPSIAC

مدل پسیاک در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته آب آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه خشک غرب ایالات متحده آمریکا ارائه شد و این مدل بعد توسط دانشمندان آمریکایی مورد تجدید نظر قرار گرفت و مدل MPSIAC نام‌گذاری شد (رفاهی، ۱۳۷۵: ۵). این مدل برای اولین بار در حوضه Gulch Walnut در جنوب شرقی آریزونا و در مقایسه با سه روش دیگر به عنوان مناسب‌ترین روش معرفی گردید. در مقایسه با سایر مدل‌های تجربی، مدل MPSIAC عوامل بیشتری را در فرسایش خاک در نظر می‌گیرد. ۹ عامل عمده مؤثر در فرسایش خاک و رسوب‌زایی مورد نظر در این مدل بسته به شدت و ضعف تاثیرشان عددی را به خود اختصاص داده که با در نظر گرفتن مجموع این اعداد، رسوب زایی حوضه مورد نظر برآورد می‌شود. (جانسون و گبهارت، ۱۹۹۴: ۶) در سال ۱۹۸۲ در روش تعیین فاکتورهای مورد بررسی در PSIAC تغییراتی ایجاد شد به‌طوری که در مدل اصلاح شده MPSIAC عوامل ۹ گانه مؤثر در رسوبدهی به صورت کمی قابل محاسبه هستند (صالح ارخی و رحیم نظری، ۱۳۸۷: ۴). آن‌ها مدل MPSIAC را با مدل‌های USLE، EPM مقایسه کرده و نتیجه گیری کرده است که مدل اصلاح شده MPSIAC بیشترین هماهنگی را با اندازه‌گیری‌های کمی دارد. هادلی مقایسه‌ای مشابه قبل را با USLE اصلاح شده، پین‌های فرسایشی، آبگیرهای رسوبی کوچک و مخازن اندازه‌گیری انجام داده است و این نتیجه‌گیری را کرده است که مدل پسیاک اصلاح شده مناسب‌تر می‌باشد و اختلاف بین رسوب اندازه‌گیری شده توسط پسیاک اصلاح شده و مخازن اندازه‌گیری شده معنادار نیست. نتایج حاصل از این مطالعات کاربرد روش پسیاک اصلاح شده را برای مساحت‌های ۳۳ الی ۳۳۰۰۰ هکتار را مورد تایید قرار داده است. (هادلی، ۱۹۸۴: ۸) در کل مدل MPSIAC وضعیت فرسایش و تولید رسوب را در هر واحد کاری برحسب شدت و ضعف ۹ عامل محیطی از قبیل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، اقلیم، رواناب، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و رودخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. مدل اصلاح شده ان به نام MPSIAC از جمله مدل‌های برآورد تولید رسوب به شمار می‌آید؛ که در ارزیابی فرسایش و رسوب حوضه‌های فاقد آمار و اطلاعات

کشور از دقت خوبی برخوردار می‌باشد. نتایج حاصل از این مدل بیشتر از سایر مدل‌ها برای مطالعه و بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح‌های منابع طبیعی و آبخیزداری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول شماره ۱: عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیاز دهی به آن

ردیف	عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	نحوه محاسبه امتیاز در مدل MPSIAC	شرح پارامترها
۱	زمین‌شناسی	$X_1 = Y$	X_1 : امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش آبی
۲	خاک	$Y_2 = 26 / 67k$	K: عامل فرسایش پذیری در معادله جهانی
۳	آب و هوا	$Y_3 = 0 / 2X_2$	X_3 : بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال
۴	روان آب	$Y_4 = 0 / 006R + 10QP$	R: ارتفاع رواناب سالانه و QP دبی ویژه
۵	پستی و بلندی	$Y_5 = 0 / 22S$	S: شیب متوسط حوضه (درصد)
۶	پوشش گیاهی	$Y_6 = 0 / 2X_6$	X_6 : درصد اراضی لخت
۷	کاربری اراضی	$Y_7 = 20 - 0 / 2X_7$	X_7 : درصد تاج پوشش
۸	وضعیت فعلی فرسایش	$Y_8 = 0 / 25X_8$	X_8 : مجموع امتیازات مدل BLM
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	$Y_9 = 1 / 67X_9$	X_9 : امتیاز فرسایش خندقی در مدل BLM

۴- مدل EPM

این مدل در سال ۱۹۸۰م. برای بررسی شدت فرسایش خاک در کشور یوگسلاوی سابق مورد بررسی قرار گرفت و موجب ابداع یک روش طبقه‌بندی فرسایش با نام (M.Q.C.E) گردید که در حقیقت مدل EPM روش پیشرفته طبقه‌بندی با روش (M.Q.C.E) است. در این مدل عوامل مؤثر در فرسایش خاک عبارتند از: وضعیت توپوگرافی، سنگ‌شناسی، خاک و نحوه استفاده از اراضی و عوامل اقلیمی. با این روش علاوه بر تعیین شدت فرسایش و میزان حمل رسوب در رودخانه‌ها، هم‌چنین می‌توان برآورد اولیه‌ای از میزان رسوبگذاری در پشت سدهای مخزنی در دست مطالعه را انجام داد.

مواد و روش‌ها:

- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و کنترل میدانی آن‌ها با استفاده از عملیات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای؛
- رقومی کردن نقشه‌های پایه حوضه مورد مطالعه با استفاده از GIS؛
- تقسیم بندی حوضه آبخیز و مشخص نمودن واحدهای کاری؛
- تعیین امتیاز فاکتور زمین‌شناسی سطحی در مدل MPSIAC از طریق رابطه $Y1 = X1$ که در آن $Y1$ عامل زمین‌شناسی و $X1$ شاخص فرسایش زمین‌شناسی سطحی است: که براساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود.

۵- تعیین امتیاز فاکتور خاک در مدل MPSIAC در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه $X2=16.67K$ که در آن امتیاز امتیاز عامل رسوب دهی خاک در روش MPSIAC و K عامل فرسایش پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش خاک می‌باشد.

۶- تعیین امتیاز آب و هوا در مدل MPSIAC در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه $Y3=0.2X3$ که در آن امتیاز عامل آب و هوا و $X3$ مقدار بارندگی ۶ ساعته با دور برگشت ۲ سال بر حسب میلی متر می‌باشد.

۷- تعیین امتیاز هرزآب و روان آب از طریق رابطه $X4=0.2(0.03+50QP)=0.006R+10QP$ که در آن $X4$ امتیاز عامل روان آب در روش MPSIAC است.

۸- تعیین فاکتور پستی و بلندی در مدل MPSIAC در هر یک از واحدهای کاری از طریق رابطه $X5=0.33S$ که در آن $X5$ درجه رسوب دهی و S شیب متوسط حوضه بر حسب درصد می‌باشد.

۹- تعیین امتیاز فاکتور پوشش در MPSIAC از طریق رابطه $X6=0.2PB$ که در آن $X6$ امتیاز عامل پوشش زمین و PB درصد اراضی لخت و فاقد پوشش می‌باشد.

۱۰- تعیین امتیاز استفاده از اراضی در مدل MPSIAC از طریق رابطه $X7=20-0.2PB$ که در آن $X7$ امتیاز درجه رسوب دهی عامل نحوه استفاده از اراضی و PB مقدار تاج پوشش بر حسب درصد می‌باشد.

۱۱- تعیین امتیاز فاکتور تعیین امتیاز فاکتور وضعیت فعلی فرسایش در مدل MPSIAC از طریق رابطه $X8=0.25SSF$ که در آن $X8$ امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش و SSF امتیاز عامل سطحی خاک می‌باشد؛ که با استفاده از روش BLM به دست می‌آید. جهت تعیین ضریب BLM هفت عامل دخالت داده شده‌اند؛ که عبارتند از: ۱- فرسایش سطحی ۲- لاشبرگ سطحی ۳- پوشش سطحی ۴- آثار تخریب خاک و گیاه ۵- فرسایش شیار و ابعاد آن ۶- جریان‌های سطحی و رسوبات ۷- اشکال فرسایش خندقی و درصد آن؛

۱۲- تعیین امتیاز فرسایش رودخانه‌ای در مدل MPSIAC از طریق رابطه $X9=1.67SSF.g$ که در آن $X9$ امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و SSF.g نمره نهایی فرسایش خندقی عامل سطحی خاک در روش BLM است.

۱۳- امتیاز ۹ عامل در مدل MPSIAC با استفاده از روابط موجود در هر واحد کاری تعیین گردیده در نسبت مساحت آن ضرب شده و باهم جمع امتیازهای به دست آمده میزان درجه رسوب دهی R کل حوضه مورد مطالعه به دست آمد و با قرار دادن میزان R در رابطه زیر

$$Qs=38.77 e 0.0353R$$

که در آن :

Qs : میزان رسوب دهی سالانه بر حسب مترمکعب در کیلومتر مربع در سال؛

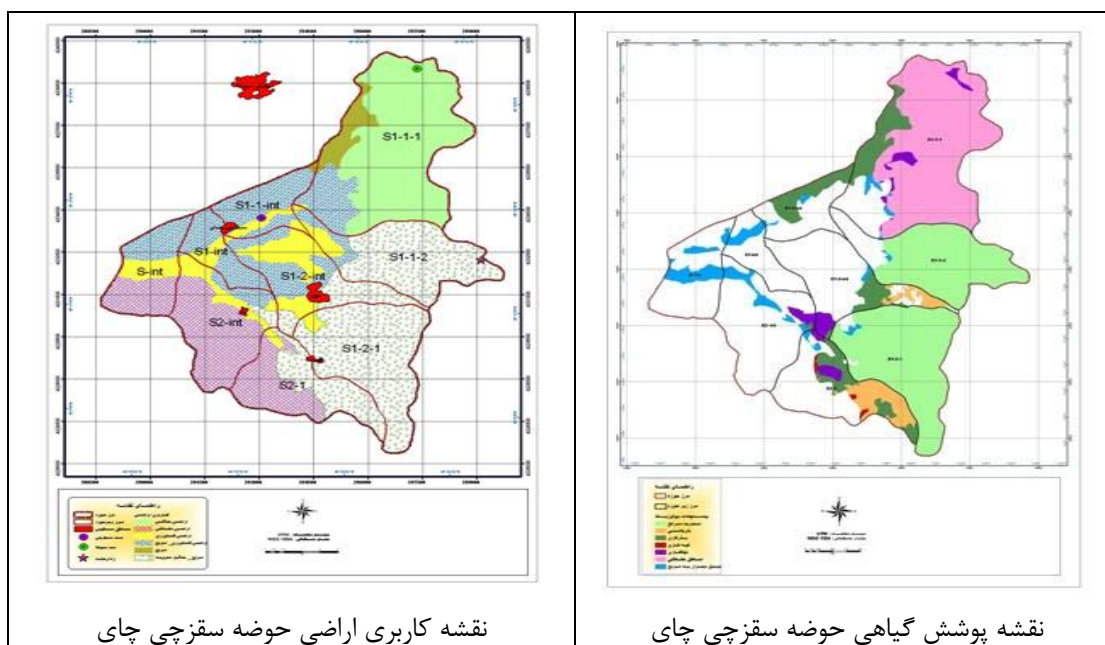
R : درجه رسوب دهی یعنی مجموع امتیازات عوامل مختلف در نظر گرفته شده در مدل MPSIAC ؛

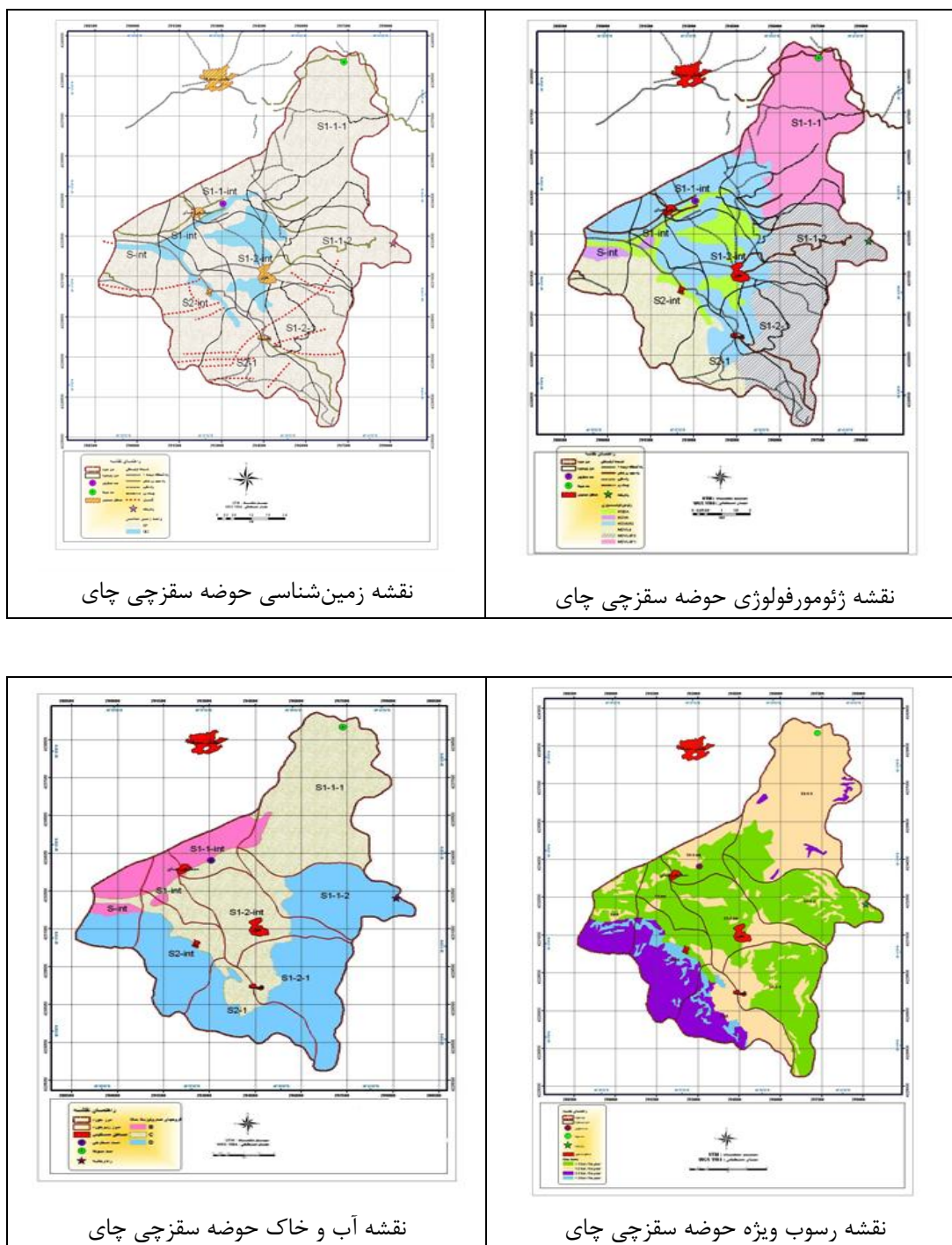
e : عدد نپر تقریباً $2/718$ می‌باشد.

مقدار رسوب ویژه برآورد گردید و با ضرب نمودن مقدار رسوب ویژه بر حسب مترمکعب در هکتار در وزن مخصوص ذرات رسوب مقدار رسوب بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال به دست آمد. با استفاده از جدول شماره ۲ شدت رسوب دهی و کلاس فرسایش منطقه مورد مطالعه مشخص شد و در نهایت نقشه شدت فرسایش حوضه در محیط GIS تهیه گردید.

جدول شماره ۲: جدول کلاس رسوبدهی و فرسایش خاک در مدل MPSIAC

نمرات نشان دهنده شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی و فرسایش
	مترمکعب در کیلومتر مربع		
> ۱۰۰	> ۱۴۲۹	خیلی زیاد	V
۷۵-۱۰۰	۴۷۶-۱۴۲۹	زیاد	IV
۵۰-۷۵	۲۳۸-۴۷۶	متوسط	III
۲۵-۵۰	۹۵-۲۳۸	کم	II
۰-۲۵	< ۹۵	خیلی کم یا جزیی	I





بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از آزمون تی جفتی پارامترهای SDR و فرسایش ویژه حاصل از دو مدل MPSIAC و EPM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آمار توصیفی در جدول بالا ارائه گردید که شامل میانگین، انحراف معیار و اشتباه استاندارد می‌باشد. در جدول پایین پارامترها به صورت جفتی مقایسه شدند. براین اساس هر دو پارامتر یعنی SDR و فرسایش ویژه در دو مدل تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد نشان دادند به عبارتی برآورد

نسبت تحویل رسوب و فرسایش ویژه در این حوضه با استفاده از دو مدل تفاوت معنی داری با همدیگر دارند. بر این اساس مدل EPM میانگین بالاتری را در هر دو پارامتر نشان داد. با توجه به رسوب محاسبه شده از دومدل مشاهده می‌گردد که رسوب تولید شده در اکثر زیر حوضه‌ها بسیار نزدیک می‌باشد. اما، مقادیر رسوب در بعضی از زیرحوضه‌ها به روش EPM نامعقول می‌باشد. بدین ترتیب مدل مورد قبول مدل پسیاک جدید می‌باشد.

پیشنهادهای

- ۱- قبل از استفاده از این مدل‌ها باید میزان صحت و اعتبار داده‌های پایه، مانند نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی اطمینان حاصل کرد.
 - ۲- با توجه به این که برای تعیین دقت این مدل‌ها نیاز به مقایسه مقدار برآورد شده با مقدار واقعی است؛ لذا پیشنهاد می‌شود که مناطقی انتخاب گردند که در پایین دست آن‌ها ایستگاه هیدرومتری با آمار کافی و صحیح وجود داشته باشد، تا بتوان دقت این مدل‌ها را تعیین کرد.
 - ۳- با توجه به این که در مدل MPSIAC نیاز به داشتن اطلاعات جامع از حوضه می‌باشد؛ لذا، توصیه می‌شود که مناطقی برای این گونه تحقیق‌ها انتخاب شوند که طرح‌های جامع آبخیزداری برای این گونه حوضه موجود بوده و نیازی به تعیین فاکتورهای مورد نیاز نباشد.
 - ۴- اقدام مقتضی از سوی ارگان‌های مرتبط در جهت راه‌اندازی ایستگاه کلیماتولوژی سقزچی جای و احداث ایستگاه‌های جدید هواشناسی و هیدرومتری در حوضه‌های آبخیز کوچک استان انجام گیرد.
- به‌طور کلی با توجه به آن چه که در مورد وضعیت فرسایش و رسوب حوضه بیان شد، در حال حاضر انجام عملیات اصلاحی، جهت افزایش پوشش گیاهی منطقه به عنوان مهم‌ترین و بهترین راه حل از نظر اقتصادی مطرح می‌شود. این عملیات شامل ۱- اصلاح کاربری اراضی ۲- مدیریت زراعی یا کشت و کار اصولی ۳- اصلاح پوشش گیاهی مرتعی حوضه با استفاده از کاشت گونه‌های بومی می‌باشد. انجام عملیات مکانیکی و بهره‌برداری بهینه از سیلاب‌ها در نقاطی که پوشش گیاهی به تنهایی امکان استقرار و تجدید حیات ندارد، ضروری است.

منابع و مأخذ

- ۱- احمدی، ح. ۱۳۷۴. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی). انتشارات دانشگاه تهران
- ۲- باقرزاده ۱۳۷۳ - پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۳- باقرزاده کریمی. ۱۳۷۲. بررسی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و کاربرد تصاویر ماهواره ای و GIS در مطالعات فرسایش خاک حوضه آبخیز اوزون دره.
- ۴- بهاروند، ف. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر کمی تغییرات استفاده از اراضی در تولید رسوب (مطالعه موردی حوضه آبخیز نوژیان خرم‌آباد).
- ۵- بیات، ر. ۱۳۸۷. بررسی اهمیت عوامل مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM در برآورد رسوب حوضه آبریز طالقان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران
- ۶- پاک پرور، م. ۱۳۷۴. ارزیابی روش‌های EPM، PSIAC در برآورد رسوب و تعیین پراکنش فرسایش در قسمتی از حوضه آبخیز سد لتیان. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
- ۷- پیمنتل و همکاران ۱۹۹۵ - بررسی کاربرد فناوری نوین GIS در پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل اصلاح شده پسیاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۸- جانسون و گبهارت، ۱۹۹۴. پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب بر اساس مدل MPSIAC با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سورگه استان ایلام).
- ۹- جلالیان ۱۳۷۱ - بررسی تخمین رسوب با استفاده از مدل‌های EPM، PSIAC با تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ده نمک).
- ۱۰- حسنلوم. ۱۳۸۲. تعیین شدت فرسایش و رسوب زایی اراضی در حوضه آبخیز تهم چای با استفاده از مدل پسیاک و GIS. مقاله ارائه شده در همایش ژئوماتیک ۸۲
- ۱۱- خدا رحیمی، ر. ۱۳۸۴. بررسی کارایی روش‌های تجربی EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز خارستان. فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران
- ۱۲- داوری ۱۳۸۲، ایلخانی ۱۳۸۵، طالب پور ۱۳۸۶. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه آبخیز نوژیان (جنوب شرقی خرم‌آباد).
- ۱۳- رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران
- ۱۴- رنبارد و استون، ۱۹۸۲. پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۱۵- سرخوش، ا. ۱۳۷۵، بررسی کارایی مدل USLE در برآورد رسوب و مقایسه آن با مدل PSIAC در حوضه آبخیز درکه، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

- ۱۶- سکوتی اسکویی ۱۳۷۵. بررسی کاربرد فناوری نوین GIS در پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل اصلاح شده پسیاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۱۷- شاه کرمی ۱۳۷۳ - پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۱۸- صادقی ۱۳۷۲- بررسی تخمین رسوب با استفاده از مدل های EPM , PSIAC با تأثیر عوامل ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی : حوضه آبخیز ده نمک).
- ۱۹- طهماسبی پور ۱۳۷۳ - کاربرد و ارزیابی مدل جدید MPSIAC برای تهیه نقشه فرسایش و رسوب حوضه آبخیز جاجرود.
- ۲۰- قدرتی ۱۳۷۵. پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل پسیاک اصلاح شده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلام در استان ایلام).
- ۲۱- کریمی آذر، س. بررسی سیستم های مختلف فرسایش بر روی سازند میوسن و برآورد شدت فرسایش و میزان رسوب به روش E.P.M. در حوضه آبخیز آبشور. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران
- ۲۲- مخدوم، م. ۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست با سامانه های اطلاعات جغرافیایی GIS. انتشارات دانشگاه تهران
- ۲۳- نیک جو ، م. ۱۳۷۳. ارزیابی کاربرد مدل P.S.I.A.C. در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز دریانچای. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران
- ۲۴- ویشمایر و اسمیت. ۱۹۷۸. مدل سازی بار رسوب رودخانه سودجان با استفاده از روشهای رگرسیون چند متغییره و سامانه فازی و ارزیابی فاکتور فرسایش پذیری خاک در حوضه آبخیز سد زاینده رود علیا. مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهر کرد
- ۲۵- هادلی، ۱۹۸۴ - کتاب رسوب شناسی - نوروچ انگلستان - ار اف هادلی ۱۹۸۴
- 26- Bayramin, I. (2003). Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazari area. Turk journal agric- Number 27- Pages 105-116.
- 27- Rubio, J.L. & A. Calvo (1996). Centro Management of sediment: philosophy, aims & techniques, Baklema presentation, 1187 pages.