Archive of SID



# بررسی پتانسیل رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز خور و سفیدارک (هشتگرد، کرج) با نگرشی ویژه به اختلاف میان دو مدل EPM و MPSIAC

پرویز غضنفری*[۱]، سهیلا یونس‌زاده جلیلی[۲] و شیما قلی‌پوری[۳]

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
۲-کارشناس ارشد، دانشگاه آی تی سی، هلند
۳- دانشجوی دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران

نویسنده مسئول: *p_ghazanfari@yahoo.com

دریافت: ۹۲/۱۰/۳ پذیرش: ۹۳/۷/۲۳

**چکیده**

امروزه فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری در علومی چون زمین‌شناسی، جغرافیای طبیعی و آبخیزداری مورد بررسی قرار می‌گیرد. حفاظت از خاک از دید پیشگیری از فرسایش خاک و از بین رفتن زمین‌های حاصل‌خیز و پیشگیری از پُرشدن زود هنگام سدهای مخزنی دو مسئله بسیار مهمی است که در این گونه پژوهش‌ها مورد توجه است. به همین دلیل، میزان فرسایش، برآورد تولید رسوب سالیانه و رسوب‌دهی حوضه‌های آبریز، با به‌کارگیری مدل‌های تجربی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش، حوضه‌های آبخیز خور و سفیدارک در حوضه آبخیز رودخانه کُردان (استان البرز) به عنوان مطالعه موردی برگزیده شده است. هدف این پروژه، برآورد تولید رسوب سالیانه در حوضه‌های یادشده با استفاده از مدل‌های EPM و MPSIAC، و مقایسه آن‌ها است. در این راستا، پس از بررسی‌های میدانی، در هر یک از زیرحوضه‌ها با بهره‌گیری از نقشه‌های سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی اطلاعات تلفیق شدند. سپس جدول‌های مربوطه برای محاسبه کمی هر یک از عوامل به منظور بررسی فرسایش به روش MPSIAC تهیه و در پایان با به‌کارگیری روش EPM رده‌بندی شدت فرسایش آن انجام گرفت. میانگین رسوب ویژه در ۷ زیرحوضه منطقه در دو مدل MPSIAC و EPM ۳/۲۸ و ۱/۹۹ متر مکعب بر هکتار در سال (به ترتیب) و میانگین فرسایش ویژه در این دو مدل ۱۱/۰۵ و ۳/۹۳ متر مکعب بر هکتار در سال می‌باشد. در هر دو روش بیش‌ترین میزان تولید رسوب مربوط به سازندهای زاگون و شمشک است.

**واژه‌های کلیدی:** پتانسیل رسوب‌دهی، خور و سفیدارک، استان البرز، EPM و MPSIAC

## مقدمه

فرسایش پدیده‌ای است که طی آن مواد خاکی توسط عواملی از قبیل آب، باد و نیروی گرانش انتقال می‌یابد [۱]. امروزه کم‌تر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب و فرسایش قرار نگرفته باشد. فرسایش خاک، به دلیل داشتن اثرات چند جانبه، آشکار و پنهان زیست محیطی و اجتماعی، به سرطان زمین شهرت یافته و یکی از فرآیندهای پیچیده خطرساز محیطی است [۲۰]. فرسایش خاک پس از رشد جمعیت دومین چالش مهم زیست‌محیطی در جهان است [۲۲]. شورشدن تدریجی خاک‌ها و نابودی پوشش‌های گیاهی و مراتع نتیجه عوامل موثر فرآیندهای فرسایش هستند [۱۹]. به منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک، تعیین روش‌های مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب‌زایی و نیز محاسبه دقیق حجم سد در ساخت سدهای مخزنی، باید حجم کل رسوب تولیدی سالانه در حوضه آبخیز ارزیابی و محاسبه شود. چنان‌چه در یک حوضه آبخیز داده‌های مربوط به دبی آب و رسوب به اندازه کافی موجود باشد، محاسبه حجم کل رسوب‌دهی سالانه آن با به‌کارگیری روش‌های آماری متداول امکان‌پذیر است [۱۰]. اثرات غیرمحلی فرسایش عمدتاً وابسته به مسایل کاربرد و توسعه منابع آب است. این اثرات را می‌توان به دو دسته اثرات درون-رودخانه‌ای و برون‌رودخانه‌ای تقسیم کرد [۳۰].

اطلاعات در زمینه منابع رسوب می‌تواند در تهیه بیلان رسوب آبخیز و در نتیجه شناسایی سیستم ایجاد رسوب، حمل و ته‌نشینی [۲۹ و ۲۷]، ارزیابی مدل‌های فرسایش و تولید رسوب [۲۷] و تفسیر داده‌های تولید رسوب برحسب

www.SID.ir

Archive of SID



عوامل اقلیم و فیزیوگرافی [۲۵] مقدار و توزیع مکانی فرسایش و الگوی شکل‌گیری سطح زمین [۲۱] نیز مورد استفاده قرارگیرد. مدیریت درست حوضه‌های آبخیز در گرو درک درست از بیلان رسوبی آن حوضه است [۲۸]، بر پایه تعادل جرمی موجود میان منابع رسوب، چاله‌های رسوب‌گیر و خروجی رسوب، محاسبه بیلان رسوبی یک حوضه درک مناسبی از روابط متقابل میان تحرک، انتقال، ذخیره و تولید رسوب در یک حوضه را به‌دست می‌دهد [۲۴ و ۱۷].

کمبود داده‌ها در زمینه فرسایش خاک و تولید رسوب در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور، کاربرد روش‌های تجربی مناسب برای برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب را الزامی می‌نماید. از جمله این روش‌ها FAO، EPM و MPSIAC است. در کشور ما در مورد به‌کارگیری روش‌های تجربی EPM و پسیاک اصلاح‌شده MPSIAC برای برآورد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز و مطالعه کاربرد این مدل‌ها مطالعه‌های چندی صورت گرفته است. از جمله: رنگزن و همکاران [۸] به مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده ازتکنیک‌های RS و GIS پرداخته‌اند، مقایسه نتایج دو مدل EPM و MPSIAC با مشاهدات میدانی حاکی از آن است که اگر چه نتایج به‌دست آمده از دو مدل یاد شده در بیش‌تر مناطق انطباق زیادی با هم دارند، اما نتایج مدل EPM برای شناسایی مناطق دارای فرسایش بالا به اندازه مدل پسیاک اصلاح‌شده MPSIAC اطمینان بخش نیست. راستگو و همکاران [۴] با استفاده از مدل‌های تجربی MPSIAC و EMP به کمک GIS فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ‌کنشت (در شمال کرمانشاه) را برآورد نمودند. نتایج حاکی از آن بود که مدل MPSIAC به مشاهدات ایستگاه هیدرومتری نزدیک‌تر است. بنابراین مدل MPSIAC، نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM ارایه می‌کند. صفریان [۹]، به ارزیابی و پهنه‌بندی فرسایش و رسوب حوضه آبریز مامِلو با استفاده از مدل‌های اصلاح شده‌ی جهانی فرسایش خاک MUSLE و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS پرداخت. خدابخشی و همکاران [۶] فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی و تولید رسوب در حوضه حیدری از حوضه آبریز زاینده‌رود را بررسی و نتیجه‌گیری کردند روش اندیس فرسایش نسبت به مدل EPM به واقعیت نزدیک‌تر است. یکی از دلایل این اختلاف این است که مدل EPM پتانسیل فرسایش را نشان می‌دهد ولی مدل MPSIAC فرسایش را بر پایه شواهد موجود نشان می‌دهد. مدل MPSIAC عوامل بیش‌تری را جهت برآورد فرسایش و رسوب زیر پوشش قرار می‌دهد بنابراین انطباق بیش‌تری با واقعیت و شرایط ایران دارد. از سوی دیگر، عامل کم‌تر EPM سرعت عمل را بیش‌تر و آسان‌تر می‌کند. خدابخش و همکاران [۵] بر این باورند که هر دو روش تمایل بیش‌تری به بیش برآورد دارند. اسکندری و محمدی [۲] نتایج حاصل از مدل EPM را به عنوان راهنما در راستای مدیریت اجرایی و حفاظت از منابع در آبخیزداری می‌دانند. در حالی که مدل MPSIAC در جهت مشخص‌کردن نقاط بحرانی از نظر تولید در تولید رسوب در آبخیزها نتایج بهتری را ارایه می‌دهد.

قضاوی و همکاران [۱۲] بر این باورند که در مقایسه میان روش‌های تجربی EPM، PSIAC و MPSIAC، برای برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب سالیانه در شرایط طبیعی و خاکی حوضه روش PSIAC از دو روش دیگر مناسب‌تر است. طاهری و همکاران [۱۶]، فرسایش‌پذیری حوضه رودخانه زرد در استان خوزستان را به روش ام پسیاک بر پایه GIS و RS محاسبه نمودند. برخی از نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که فشردگی کم پوشش گیاهی، گستردگی زمین‌های بدون پوشش گیاهی، بافت خاک سیلتی و حساس بودن سازندها به فرسایش نقش به‌سزایی در تولید رسوب دارند. یونس‌زاده جلیلی [۱۶] نهشته‌های پشت سازه‌های آبخیزداری منطقه خور و سفیدارک را مورد بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی قرار داد و نتیجه‌گیری نمود سازندهای زاگون و شمشک دارای بیش‌ترین فرسایش‌پذیری در این دو حوضه هستند.

یکی از اهداف مهم این پژوهش مشارکت در توسعه و روش شناخت فرسایش رسوب و در نتیجه کاهش فرسایش خاک است. اهداف این طرح با در نظر گرفتن مجموعه عوامل و شرایط اقلیمی، زمین‌ساخت، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی عبارت است از بررسی حساسیت سازندها به فرسایش، برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه با استفاده از روش‌های تجربی MPSIAC و EPM و مقایسه دو شاخص رسوب ویژه و فرسایش ویژه در

www.SID.ir

Archive of SID



این دو روش است. همان‌گونه در مقدمه مطرح شد، روش‌های تجربی PSIAC و MPSIAC هر دو نسبت به روش EPM نتایج بهتری دارند. با این که روش EPM در شناسایی مناطق فرسایش‌پذیر دقت کم‌تری دارد، ولی به دلیل کاربرد آسان‌تر و سرعت عمل کاربرد بیش‌تری دارد. افزون بر این، رتبه‌بندی سازندها در تولید رسوب حوضه نیز مورد توجه این پژوهش بوده است.

**موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی حوضه**

منطقه مورد مطالعه در حوضه آبخیز رودخانه کُردان، و بر پایه رده‌بندی جاماب کشور، این منطقه در حوضه آبخیز دریاچه نمک و در بلندی‌های جنوبی رشته کوه البرز قرار دارد. مختصات جغرافیایی چهارگوش آن دارای طول خاوری "۳۹'۴۳.۲۹ ۵۰ تا "۵۰۴۵'۹.۴۲ و عرض شمالی "۸.۷۳' ۵۹ ۳۵ تا "۵'۳۹.۸۷ ۳۶ است. حوضه آبریز خور- سفیدارک در فاصله حدود ۷۰ کیلومتری شمال باختری تهران و در شمال شهرستان هشتگرد قرار گرفته است. این حوضه از سوی شمال با حوضه آبخیز طالقان, از جنوب به بزرگراه کرج- قزوین, از خاور با حوضه آبخیز فشند و از باختر با حوضه آبخیز هیو و شلمزار هم‌مرز است. مساحت حوضه آبخیز ۶۶۷۰/۲۷ هکتار محاسبه شده است. درازترین آبراهه آن به طول ۱۵/۱۳۹کیلومتر و در امتداد شمالی- جنوبی است. در این حوضه روستاهای خور، سفیدارک و عرب آباد واقع شده‌اند. کوه‌های مهم این حوضه عبارتند از: کوه زرچقانی با بلندی ۲۷۲۰ متر، کوه اسبی‌داران با بلندی ۲۱۴۲ متر، کوه نمار با بلندی ۲۰۰۲ متر. راه‌های دسترسی اصلی به منطقه از مسیر محور کرج- قزوین است.

در مطالعات اجرایی آبخیزداری جهت شناخت هر چه بهتر، منطقه را به واحدهای هیدرولوژیکی تقسیم‌بندی می‌کنند زیرا مطالعات و عملیات اجرایی بر پایه واحدهای هیدرولوژیکی انجام می‌گیرد [۹]. حوضه آبخیز خور- سفیدارک به ۷ زیرحوضه تقسیم شده است (شکل ۱). منطقه ایستگاه هیدرومتری ندارد اما در پیرامون حوضه سه ایستگاه هیدرومتری هیو، فَشَند، و کُردان وجود دارد. حوضه آبخیز خور- سفیدارک جزء حوضه‌های نیمه‌خشک است و در بخش باختری البرز مرکزی قرار دارد [۳]. به طور کلی رشته کوه‌های البرز در نواحی خاوری و مرکزی آنتی‌کلینوریوم ساده‌ای را در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل می‌دهد. این رشته کوه در دامنه جنوبی روراندگی پُرشیبی به سمت جنوب دارد که نتیجه عمل تکتونیکی مهمی محسوب شده و چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های عادی فراوان در آن اهمیت دارد. شدت این چین‌خوردگی‌ها از دامنه جنوبی به طرف دامنه شمالی کاهش یافته است [۳].

حوضه آبخیز خور- سفیدارک در بخش البرز بلند یعنی بخش چین‌خورده و گسل خورده‌ای از سنگ‌های دیرینه‌زیستی- ترشیری قرار دارد که توسط گسله مشاء در جنوب بر روی چین‌های کناری و گسله شمال البرز در شمال بر روی نهشته‌های پهنه خزر رانده شده‌اند. در این بخش رشته کوه البرز به دلیل چین‌خوردگی و راندگی‌های بزرگ، بلندی یافته است. در محدوده این حوضه آبخیز تنوع چینه‌شناسی چشمگیری وجود دارد به گونه‌ای که واحدهای سنگ‌چینه‌ای از پرکامبرین تا کواترنری رخنمون یافته‌اند [۱]. در این میان سازندهای مربوط به دوران‌های دیرینه‌زیستی و میانه‌زیستی به صورت ردیف رسوبی تقریباً کامل دیده می‌شوند. تنها برونزدهای کوچکی از سنگ‌های ائوسن، دوران نوزیستی، در منطقه رخنمون دارند. در جدول ۱ نمایی از واحدهای سنگی حوضه خور- سفیدارک نشان داده شده است (شکل‌های ۲ و ۳).

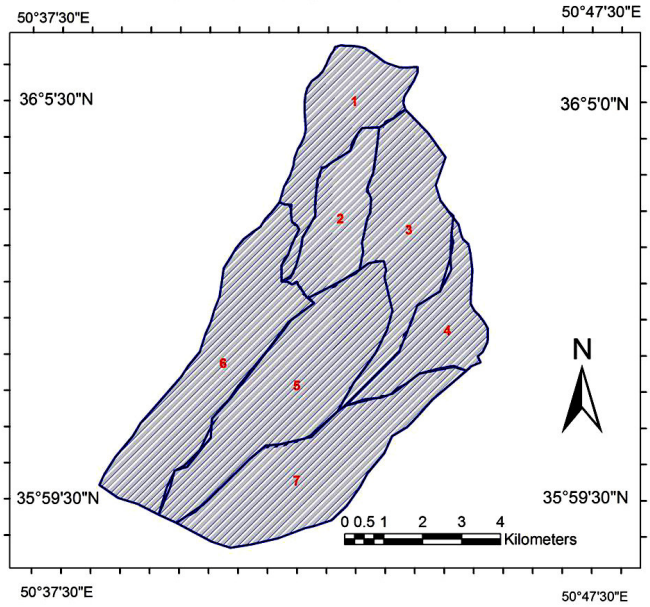
**روش‌ها**

پس از شناسایی منطقه و گردآوری داده‌ها و نقشه‌های موجود، مشاهدات میدانی و با تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای موقعیت منطقه مشخص شد. پس از بازدیدهای میدانی از منطقه، با استفاده از نقشه‌های مختلف سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و غیره و تلفیق آن‌ها در هر یک از زیرحوضه‌ها، سپس به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته و جدول‌های مربوطه برای محاسبه کمی هر یک از عوامل به منظور بررسی فرسایش به روش MPSIAC آماده شد و در پایان با به‌کارگیری روش EPM رده‌بندی شدت فرسایش آن انجام گرفت و نقشه آن در محیط Arc GIS تهیه شد. با مقایسه امتیاز زمین‌شناسی زیر حوضه‌ها و لیتولوژی غالب آن‌ها رتبه‌بندی نسبی سازندها در تولید رسوب انجام گرفت.

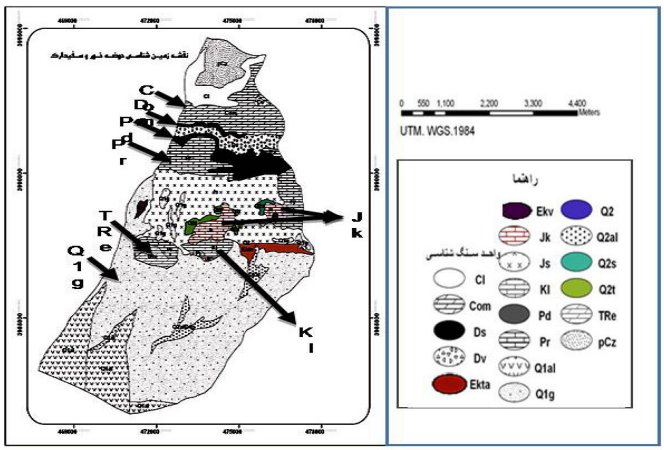
www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۱. زیرحوضه‌های حوضه خور- سفیدارک




شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی حوضه خور و سفیدارک [۱۴]

شکل ۳. شیل‌های سازند شمشک، باختر روستای سفیدارک (راست)؛ شیل ارغوانی سازند زاگون، شمال روستای سفیدارک (چپ).

www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۱. سنگ‌شناسی حوضه خور و سفیدارک (راهنمای شکل ۳)[۱۴]

| سنگ‌شناسی | سنگ‌شناسی | واحدهای سنگی و سازندها |
|---|---|---|
| نهشته‌های کواترنر | بیشتر شن و ماسه | آبرفت جوان ($Q_2al$)، واریزه جوان ($Q_2s$)، نهشته جوان (Q2)، پادگانه آبرفتی ($Q_2t$)، بادبزن آبرفتی کهن ($Q_1g$)، آبرفت کهن ($Q_1al$) |
| سنگ‌های آذرین | مونزونیت | آذرین نفوذی در درون سازند کرج (Ekta) |
| | دیاباز | آذرین نفوذی در درون سازند لالون به صورت دیاباز |
| | آندزیت | سازند کرج (Ekv) |
| | توف اسیدی(با کمی ریولیت) | سازند کرج (Ekta) |
| | بازالت (داسیت و لاتیت) | Dv |
| سنگ‌های رسوبی کربناته | سنگ‌آهک (دولومیت) | سازندهای روته و نسن، سازند میلا(Pr و COm) |
| | سنگ‌آهک | سازندهای تیزکوه، لار و دلیچای(Jk و K1) |
| سنگ‌های رسوبی آواری | ماسه‌سنگ خاکستری | سازند دورود، شمشک و واحد دونین(Pd و Ds و Js) |
| | ماسه‌سنگ کوارتزآرنایت | سازند لالون (تاپ کوارتزیت) (Cq) |
| | ماسه‌سنگ آرکوزی | سازند لالون (Cl) |
| | شیل، گِلسنگ، سیلت‌سنگ | سازند زاگون (Cz) |
| | شیل خاکستری زغال‌دار | سازند شمشک (Js) |

## نتایج و بحث

### اجرای مدل MPSIAC در منطقه

در روش MPSIAC تأثیر و نقش نه عامل مهم و موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز ارزیابی می‌شود و بسته به شدت و ضعف هر عامل، امتیاز یا عددی با توجه به رابطه‌ی خاص به آن‌ها داده می‌شود. جانسون و گبهارت [۱۸] اصلاحاتی در مدل PSIAC پدید آوردند و آن را فرمول اصلاح‌شده پسیاک[۱](MPSIAC) نامیدند و مدل را از حالت کیفی به حالت کمی تبدیل کردند. بررسی فرسایش‌پذیری و برآورد میزان رسوب‌دهی حوضه آبخیز خور سفیدارک، شامل دو مرحله کیفی و کمی است. منظور از مرحله کیفی، تعیین واحد کاری و مرحله کمی، امتیاز دهی به عوامل و تهیه نقشه و میزان رسوب‌دهی است. دراین مدل ۹ عامل موثر بر فرسایش شامل: عامل زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، پستی و بلندی، پوشش گیاهی، کاربری زمین، فرسایش حوضه و فرسایش خندقی است که به هر عامل امتیازی تعلق می‌گیرد (جدول ۲).

**زمین‌شناسی سطحی**: در مطالعه‌های رسوبدهی، ویژگی‌های سنگ‌شناسی حوضه آبخیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند. مقاومت سنگ‌های مختلف در برابر فرسایش تولید رسوب متفاوت است [۷]. در MPSIAC عامل زمین‌شناسی سطحی بر اساس نوع سنگ‌ها، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود [۱۴]. همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، حوضه دارای سنگ‌های رسوبی (کربناته و آواری) و آذرین (آتشفشانی) متنوعی است (جدول ۱). بر پایه بازدیدهای میدانی و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه شکران [۱۴] و فرمول مربوطه [۲] امتیاز هر واحد سنگی به دست آمد (جدول۳). سازندهای شمشک و زاگون به دلیل گسترش واحدهای شیلی حساسیت به فرسایش بیش‌تر و سنگ‌های کربناته و آذرین نسبت به دیگر سنگ‌ها مقاومت بیش‌تر داشته و حساسیت آن‌ها به فرسایش کمتر است[۱۰](جدول۳).

**خاک:** با یک باران ثابت برخی از خاک‌ها با سهولت بیش‌تری فرسوده می‌شوند که ناشی از ماهیت متفاوت آن‌هاست و به فرسایش‌پذیری خاک معروف است. برای تعیین عامل خاک در روش اصلاح‌شده پسیاک برای تعیین K از مشخصه‌های مواد آلی، درصد لوم، درصد ماسه، ساختمان خاک و تراوایی آن استفاده می‌شود. در حوضه مورد مطالعه با توجه به بررسی‌های خاک‌شناسی و اطلاعات به دست آمده از بافت خاک و تراوایی خاک امتیاز عامل خاک با توجه به فرمول ۱ (جدول ۲) محاسبه شده [۷] و نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

[۱] Modified Pacific Southwest Inter Agency Committee

www.SID.ir

Archive of SID



$$K_{fact} = (1.292)\left\{\left(2.1\times10^{-6}\times F_p^{1.14}(12-P_{om})\right)+0.0325(S_{struct}-2)+0.025(F_{perm}-3)\right\}$$

رابطه (۱) $F_p = P_{silt+vfs} * (100 - P_{clay})$

در این رابطه $K_{fact}$ عامل خاک، $P_{om}$ درصد مواد آلی، $S_{struct}$ کلاس ساختمان خاکدانه، $F_{perm}$ کلاس تراوایی پروفیل، $F_p$ پارامتر اندازه دانه (بی بعد)، $P_{clay}$ درصد رس و $P_{silt+vfs}$ درصد سیلت و ماسه خیلی‌ریز است.

**آب و هوا:** فرسایش و رسوب‌زایی هر منطقه تا حد زیادی وابسته به اقلیم و آب و هوای منطقه است، زیرا آب و هوا علاوه بر تأثیر بر روی پدیده خاک‌زائی بر روی وضع پوشش گیاهی نیز تأثیر دارد [۱]. با توجه به گزارش‌های هواشناسی و اقلیم [۱۳] حوضه آبخیز خور- سفیدارک دارای اقلیم نیمه‌خشک است (جدول۴). برای به دست آوردن مقدار بارش شش ساعت با دوره بازگشت دو ساله از داده‌های منحنی شدت، مدت و فراوانی استفاده می‌شود [۱۱].

**رواناب:** رواناب در یک حوضه آبخیز عبارت است از بازده یک سامانه آبخیز که در نتیجه عملکرد ساختمان آبخیز بر روی داده‌های‌آن (بارش‌ها) پدیدار می‌شود [۷]. ویژگی‌های آب‌شناختی نظیر دبی ویژه، ضریب هرز آب و گروه‌های آب‌شناختی خاک و ویژگی‌های فیزیوگرافی در میزان رواناب هر حوضه اثر می‌گذارد (جدول ۴).

**جدول ۲. عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیازدهی به آن [۷]**

| ردیف | عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب | نحوه محاسبه امتیاز در روش MPSIAC | شرح پارامترها |
|---|---|---|---|
| ۱ | زمین‌شناسی | $Y1=X_1$ | امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش=X1 |
| ۲ | خاک | $Y2=16.67K$ | عامل فرسایش پذیری خاک=K |
| ۳ | آب و هوا | $Y3=0.2X_3$ | بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال=$X_3$ |
| ۴ | روان آب | $Y4=0.006R+10Q_P$ | بلندی رواناب سالانه=P، دبی اوج سالانه=QP |
| ۵ | پستی و بلندی | $Y5=0.33S$ | شیب میانگین حوضه=S |
| ۶ | پوشش زمین | $Y6=0.2X_6$ | سطح زمین بدون پوشش گیاهی=$X_6$ |
| ۷ | کاربری زمین | $Y7=20-0.2X_7$ | درصد تاج پوشش=$X_7$ |
| ۸ | وضعیت فعلی فرسایش | $Y8=0.25X_8$ | مجموع امتیازاتBLM=$X_8$ |
| ۹ | فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب | $Y9=1.67X_9$ | امتیاز فرسایش خندقی در مدلBLM=$X_9$ |

**جدول۳. عامل زمین‌شناسی سطحی و عامل خاک (مدل MPSIAC) در حوضه آبخیز خور و سفیدارک**

| زیرحوضه | امتیاز زمین‌شناسی سطحی | مقدار k میانگین | امتیازعامل خاک |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵/۶ | ۰/۳۶ | ۶ |
| ۲ | ۶/۳ | ۰/۳۴ | ۵/۷ |
| ۳ | ۶/۳ | ۰/۳۵ | ۵/۸ |
| ۴ | ۸/۳ | ۰/۳۳ | ۵/۵ |
| ۵ | ۸/۳ | ۰/۳۴ | ۵/۷ |
| ۶ | ۸/۳ | ۰/۳۵ | ۵/۸ |
| ۷ | ۸/۳ | ۰/۳۵ | ۵/۸ |

**جدول ۴. عامل آب و هوا و رواناب (مدل MPSIAC)در حوضه آبخیز خور و سفیدارک [۱۳]**

| شماره زیرحوضه | بارندگی ۶ ساعته ۲ ساله mm/hr | امتیاز آب و هوا | رواناب سالانه | دبی ویژه | امتیاز رواناب |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۵ | ۳ | ۸۲ | ٪۸ | ۱/۳ |
| ۲ | ۱۵ | ۳ | ۸۰ | ٪۴ | ۰/۹ |
| ۳ | ۱۵ | ۳ | ۸۰ | ٪۹ | ۱/۴ |
| ۴ | ۱۵ | ۳ | ۷۷ | ٪۷ | ۱/۲ |
| ۵ | ۱۵ | ۳ | ۷۳ | ٪۱۳ | ۱/۷ |
| ۶ | ۱۵ | ۳ | ۷۰ | ٪۸ | ۱/۲ |
| ۷ | ۱۵ | ۳ | ۷۱ | ٪۸ | ۱/۲ |

www.SID.ir

Archive of SID



**توپوگرافی**: یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوضه، پستی و بلندی‌های آن است که معمولاً با شاخص شیب سنجیده می‌شود [۷]. فرسایش معمولاً در شیب‌های تند که دارای طول زیادی می‌باشند افزایش می‌یابد، دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت رواناب در ایجاد فرسایش است [۱]. امتیاز عامل توپوگرافی بین ۰-۲۰ تغییر می‌کند. عدد صفر برای دشت‌های آبرفتی (زمین‌های با شیب کم‌تر از ۳ درصد) و عدد بیست برای مناطق کوهستانی (شیب بیش از ۳۰ درصد) است. در جدول ۵ شیب میانگین و امتیاز عامل توپوگرافی حوضه ارائه شده است.

**پوشش زمین:** منظور از پوشش زمین عبارت از هرگونه پوشش گیاهی، لاشبرگ و پوشش سنگی است که خاک را در برابر عوامل فرساینده مانند ضربه قطرات باران و رواناب و باد حفاظت می‌نماید [۷]. رید [۲۳] بر این باور است که جاده‌سازی سبب افزایش تولید رسوب می‌شود بنابراین کاربری زمین‌ها نقش مهمی در تولید رسوب دارند. در حوضه خور سفیدارک با استفاده از مطالعات پوشش گیاهی و فیزیوگرافی و رابطه موجود در جدول ۲ برای هر یک از زیرحوضه‌ها در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. پوشش گیاهی عامل موثری در تثبیت و مقاومت خاک در برابر فرسایش است. تاثیر پوشش گیاهی در تثبیت خاک به پارامتر های مختلفی مانند فشردگی و پخش گیاهان در منطقه بستگی دارد. برای عامل پوشش زمین در مدل MPSIAC درجه رسوبدهی میان ۱۰ تا ۱۰- در نظر گرفته می‌شود. عدد منفی را زمین هایی با پوشش گیاهی، لاشبرگ و سنگی خوب اختصاص می‌دهند (جدول‌های ۲ و ۵)[۱].

**کاربری زمین:** فعالیت انسانی مانند شخم زدن، چرای بی‌رویه، ساخت و ساز، بهره‌برداری غیر اصولی از جنگل‌ها و ساخت جاده‌ها، تغییراتی را در پوشش زمین ایجاد می‌نماید که در شدت فرسایش و رسوب‌زایی بسیار موثر می‌باشد [۱]. برای به‌دست آوردن این فاکتور، به وضعیت کشاورزی و چرای دام توجه می‌شود. با پوشش مناسب زمین و چرای کم، این عامل منفی خواهد بود. برای محاسبه عامل کاربری زمین از رابطه ارایه شده در جدول ۲ برای هر یک از زیرحوضه‌ها استفاده شد. $x_7$ مجموع درصد زمین‌های قابل پوشش (آبی، دیم و مرتع) است. برای دستیابی به این فاکتور با به‌کارگیری نقشه کاربری زمین در حوضه [۱] درصد هر یک از زمین‌ها در هر زیرحوضه محاسبه شد که نتایج محاسبات در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است.

**فرسایش:** این عامل در تولید رسوب، فرسایش سطحی، فرسایش شیاری، ورقه‌ای و خندقی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۷]. در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل خطی فرسایش زمین‌های بالا دست از رابطه ارائه شده در جدول ۲ استفاده شده و مقدار آن در جدول ۷ نشان داده شده است.

**جدول ۵. عامل پستی و بلندی و پوشش زمین (مدل MPSIAC) در حوضه آبخیز خور و سفیدارک**

| شماره زیر حوضه | درصد شیب متوسط | امتیاز پستی بلندی | درصد زمین‌های بدون پوشش | امتیاز پوشش زمین |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۳۲/۱ | ۱۰/۶ | ۱۷/۲ | ۳/۴ |
| ۲ | ۲۴/۱ | ۸ | ۳۲/۶ | ۶/۵ |
| ۳ | ۲۹/۹ | ۹/۹ | ۲۷/۷ | ۵/۵ |
| ۴ | ۱۰/۲۳ | ۳/۴ | ۳۳/۷ | ۶/۷ |
| ۵ | ۷/۷۶ | ۲/۹ | ۲۸/۶ | ۵/۷ |
| ۶ | ۴/۷۶ | ۱/۶ | ۴۲/۳ | ۸/۵ |
| ۷ | ۵/۵۴ | ۲ | ۳۶/۶ | ۷/۳ |

**جدول ۶. محاسبه امتیاز عامل کاربری زمین در روش MPSIAC[۱]**

| زیاد ( ۱۰) | متوسط (۰) | کم (۱۰-) |
|---|---|---|
| - بیش از ۵۰ درصد زیر کشت | - کمتر از ۲۵ درصد کشت شده | - زیاد لخت |
| - تمام سطوح زیر چرای فشرده | - کمتر از ۵۰ درصد زیر چرای متوسط | - چرای کم |
| - بقایای گیاهی در تمام سطح به تازگی سوزانده‌شده | - کمتر از ۵۰ درصد پوشش جنگلی قطع‌شده | - درختان به تازگی قطع‌نشده |
| - پوشش جنگلی نابودشده | - ساخت جاده‌های روستایی و دیگر سازه‌ها | - بدون جاده یا گذرگاه |
| - ساخت جاده فراوان | | |

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول۷. عامل کاربری زمین، عامل فرسایش و عامل فرسایش رودخانه‌ای (مدل MPSIAC) در حوضه آبخیز خور و سفیدارک**

| شماره زیر حوضه | درصد تاج پوشش | امتیاز | میانگین s.s.f | امتیاز عامل فرسایش | میانگین s.s.g | امتیاز فرسایش رودخانه ای |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۷۰/۲ | ۶ | ۵۴/۵ | ۱۰/۶ | ۴ | ۶/۷ |
| ۲ | ۴۸ | ۱۰/۴ | ۵۴/۴ | ۱۳/۹ | ۶/۳ | ۱۰/۵ |
| ۳ | ۵۵/۵ | ۸/۹ | ۵۳/۱ | ۱۳/۳ | ۵/۷ | ۹/۵ |
| ۴ | ۵۷/۷ | ۸/۵ | ۴۹/۹ | ۱۲/۵ | ۵/۹ | ۹/۹ |
| ۵ | ۶۲/۱ | ۷/۶ | ۵۲/۵ | ۱۳/۱ | ۶/۳ | ۱۰/۵ |
| ۶ | ۴۴/۳ | ۱۱/۱ | ۵۱/۷ | ۱۲/۹ | ۶/۵ | ۱۰/۹ |
| ۷ | ۵۰/۵ | ۹ | ۵۱ | ۱۲/۷ | ۶ | ۱۰/۳ |

SSF=the score of soil surface factors, SSFg=the score of gully erosion

**فرسایش رودخانه‌ای:** در این عامل دو پدیده فرسایش کناره‌ای و حمل رسوب توسط سیلاب مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد [۶]. طبق رابطه موجود و در جدول ۲ عامل فرسایش آبراهه‌ای در جدول ۷ محاسبه شده است.

## اجرای مدل EPM در منطقه

روش EPM چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش شاخص حوضه ($\Psi$)، ضریب کاربری زمین (xa)، ضریب حساسیت خاک به فرسایش (y)، و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای گوناگون زمین‌ها یا در شبکه‌های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. محاسبه میزان فرسایش بر پایه روش EPM در جدول ۸ آمده است. بعد از دستیابی به درجه رسوبدهی برای منطقه مورد مطالعه، رده رسوبدهی برای مدل EPM به دست می‌آید (جدول‌های ۹ و ۱۳).

**جدول۸. محاسبه هر یک از ۴ عامل مدل EPM و رده‌بندی شدت فرسایش [۷]در حوضه آبخیز خور و سفیدارک**

| رده‌بندی فرسایش | ارزش حد Z | ارزش میانگین Z | شدت فرسایش |
|---|---|---|---|
| ۱ | Z>۱ | ۱/۲۵ | خیلی شدید |
| ۲ | ۱ >>Z۰/۷۱ | ۰/۸۵ | شدید |
| ۳ | ۰/۷ >>Z۰/۴۱ | ۰/۵۵ | متوسط |
| ۴ | ۰/۴ >Z> ۰/۲ | ۰/۳ | کم |
| ۵ | ۰/۱۹ <Z | ۰/۱ | خیلی کم |

**جدول ۹. میزان رسوب‌دهی واحدهای هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز خور و سفیدارک به روش MPSIAC**

| زیرحوضه | زمین-شناسی | خاک | آب و هوا | رواناب | پستی و بلندی | پوشش زمین | کاربری | وضعیت فرسایش | فرسایش رودخانه-ای | مجموع | شدت رسوب‌دهی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۶/۵ | ۶ | ۳ | ۱/۳ | ۱۰/۶ | ۳/۴ | ۶ | ۱۰/۶ | ۶/۷ | ۵۳/۲ | متوسط |
| ۲ | ۳/۶ | ۵/۷ | ۳ | ۰/۹ | ۸ | ۶/۵ | ۱۰/۴ | ۱۳/۹ | ۱۰/۵ | ۶۵/۲ | متوسط |
| ۳ | ۳/۶ | ۵/۸ | ۳ | ۱/۴ | ۹/۹ | ۵/۵ | ۸/۹ | ۱۳/۳ | ۹/۵ | ۶۳/۶ | متوسط |
| ۴ | ۳/۸ | ۵/۵ | ۳ | ۱/۲ | ۳/۴ | ۶/۷ | ۸/۵ | ۱۳/۵ | ۹/۹ | ۵۹ | متوسط |
| ۵ | ۳/۸ | ۵/۷ | ۳ | ۱/۷ | ۲/۹ | ۵/۷ | ۷/۶ | ۱۳/۱ | ۱۰/۵ | ۵۸/۵ | متوسط |
| ۶ | ۳/۸ | ۵/۸ | ۳ | ۱/۲ | ۱/۶ | ۸/۵ | ۱۱/۱ | ۱۲/۹ | ۱۰/۹ | ۶۳/۳ | متوسط |
| ۷ | ۳/۸ | ۵/۸ | ۳ | ۱/۲ | ۲ | ۷/۳ | ۹ | ۱۲/۷ | ۱۰/۳ | ۵۹/۶ | متوسط |

**جدول ۱۰. روش محاسبه میانگین سالانه فرسایش ویژه به روش EPM [۷]**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| T ضریب دما | f ضریب فرسایش<br>I میانگین شیب | Xa ضریب کاربری زمین | Y ضریب حساسیت سنگ به فرسایش | $Z = Y. Xa (f + I0.5)$<br>$T = (t/10 + 0.1)0.5$ |
| Z ضریب شدت فرسایش | WSP میزان فرسایش ( $m^3/km^2/yr$) | $\pi$ ۳/۱۴ | H بارندگی سالانه (mm) | $Wsp = T. H. \pi. Z 1.5$ |

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول۱۱. محاسبه پارامترهای موثر و شدت فرسایش در حوضه آبخیز خور و سفیدارک به روش EPM**

| زیرحوضه | ضریب فرسایش | ضریب کاربری زمین | ضریب حساسیت خاک | ضریب شدت فرسایش | شدت فرسایش | متوسط شیب ٪ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۶ | ۰/۶ | ۲ | ۰/۸۱ | شدید | ۳۹/۳ |
| ۲ | ۰/۷ | ۰/۵ | ۲ | ۰/۵۸ | متوسط | ۳۰/۲۴ |
| ۳ | ۰/۷ | ۰/۵ | ۲ | ۰/۶۱ | متوسط | ۳۶/۳۲ |
| ۴ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۲۲ | کم | ۱۵/۶۰ |
| ۵ | ۰/۹ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۲۲ | کم | ۱۳/۲۸ |
| ۶ | ۰/۸ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۱۹ | خیلی کم | ۶/۷۳ |
| ۷ | ۰/۹ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۱۸ | خیلی کم | ۶ |

**جدول ۱۲. محاسبه فرسایش ویژه به روش EPM در حوضه آبخیز خور**

| زیرحوضه | خطای نسبی | منابع تولید رسوب | سهم کل (%) | مساحت (%) | اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|---|---|
| زیرحوضه ۱ خور | ۱۵ | Cz | ۱۰۰ | ۳۸/۲۵ | ۲/۶۱ |
| | | Com | ۰ | ۲۰/۷۰ | ۰ |
| | | Cl | ۰ | ۴۱/۱ | ۰ |
| زیرحوضه ۲ خور | ۱۵ | Cl | ۰ | ۳۰/۹۱ | ۰ |
| | | Com | ۰ | ۱۸/۴۸ | ۰ |
| | | Cz | ۶۴/۹۵ | ۳۳/۰۳ | ۱/۹۵ |
| | | Ds | ۰ | ۱/۵۲ | ۰ |
| | | Dv | ۳ | ۳/۴۸ | ۰/۸۶ |
| | | Pd | ۰ | ۶/۵۲ | ۰ |
| | | Pr | ۳۲/۰۴ | ۶/۰۶ | ۵/۷۸ |
| زیرحوضه ۳ خور | ۱۲ | Cl | ۰ | ۱۴۰/۰۸ | ۰ |
| | | Com | ۰ | ۱۱/۳۴ | ۰ |
| | | Cz | ۱۱/۷۸ | ۱۴/۲۱ | ۰/۸۳ |
| | | Ds | ۰ | ۱/۷۰ | ۰ |
| | | Dv | ۸/۲۲ | ۴/۱۷ | ۱/۹۷ |
| | | Js | ۸۰ | ۲۷/۵۸ | ۲/۹۰ |
| | | Pd | ۰ | ۴/۸۹ | ۰ |
| | | Pr | ۰ | ۲۲/۰۳ | ۰ |

**جدول ۱۳. میزان رسوب‌دهی واحدهای هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز خور و سفیدارک به روش EPM**

| زیرحوضه | ضریب شدت فرسایش | بارندگی متوسط سالانه | میانگین دمای سالانه | ضریب دما T | رسوب ویژه $M^3/km^2/y$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۸۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۵۰۹ |
| ۲ | ۵۷/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۲۸۸ |
| ۳ | ۶۰/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۳۱۷ |
| ۴ | ۲۲/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۶۴ |
| ۵ | ۲۱/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۱۶۰ |
| ۶ | ۱۸/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۴۵ |
| ۷ | ۱۸/۰ | ۴۲۰ | ۱۰ | ۱/۴۰ | ۴۵ |

## روابط فرسایش و رسوب

از آن‌جایی‌که تمامی مواد فرسایش‌یافته به صورت بار رسوبی از حوضه خارج نمی‌شوند، در مدل‌های تجربی ضرایب ثابتی این دو عامل را به هم مرتبط می‌کنند. در مدل MPSIAC برای محاسبه فرسایش ویژه از ضریب رسوبدهی[1](SDR) (نسبت رسوب به فرسایش) مطابق رابطه (۱) استفاده می‌شود که در آن A مساحت زیرحوضه (مایل مربع) است [۷] (جدول‌های ۹ و ۱۵).

$$\text{Log (SDR)} = ۱/۸۷۶۸ - ۰/۱۴۱۹۱ \text{Log}(۱۰A) \quad (۱)$$

[1]Sediment delivery Ratio

www.SID.ir

Archive of SID



در روش EPM نیز این ضریب به صورت نسبت مقدار مواد فرسایش‌یافته در هر مقطع از رودخانه به مقدار کل فرسایش در سطح حوضه و مطابق رابطه (۲) محاسبه می‌شود[۷].

$$R_U = (P.D)\cdot 0/5 / L + 10 \quad (۲)$$ [۶]

که در آن P محیط و L طول حوضه (km) و D نیز اختلاف بلندی حوضه (km) است. پس از تعیین Ru، مقدار رسوب ویژه از روابط ۳ و ۴ به‌دست می‌آید.

$$G_{SP} = W_{SP}.R_u \quad (۳)$$

$$G_S = G_{SP}.F$$

که در آن‌ها $G_{SP}$ دبی رسوب ویژه و $W_{SP}$ مقدار فرسایش ویژه ($m^3/km^2/yr$)، $R_u$ ضریب رسوب‌دهی، $G_S$ دبی رسوب کل ($m^3/yr$) و F مساحت حوضه ($km^2$) هستند (جدول ۱۰).

**تعیین میزان رسوب ویژه حوضه**

در مدل MPSIAC با استفاده از رابطه ۵ مقدار کمّی رسوب‌دهی در مدل MPSIAC قابل محاسبه است. پس از تعیین امتیازهای MPSIAC میزان رسوب‌دهی از رابطه زیر برای هر یک از زیرحوضه‌های خور و سفیدارک محاسبه شده [۷] و در جدول‌های (۳ تا ۷) ارائه شده است.

$$\varphi_s = ۰/۲۵۳ \times e^{۰/۰۳۶R} \quad (۵)$$ ۶)

R = درجه رسوب‌دهی یا مجموعه نمرات عامل نه‌گانه به روش MPSIAC

$\varphi_s$ = میزان تولید رسوب ( تن در هکتار)

e = مبنای لگاریتم طبیعی

**جدول ۱۴. اهمیت نسبی سازندهای زمین‌شناسی در تولید رسوب در سرشاخه سفیدارک**

| زیرحوضه | خطای نسبی | منابع تولید رسوب | سهم کل (درصد) | مساحت(%) | اهمیت نسبی |
|---|---|---|---|---|---|
| زیرحوضه ۱ سفیدارک | ۱۲ | Com | ۷۰ | ۶۰/۱۸ | ۱/۱۶ |
| | | Dv | ۳۰ | ۳۳/۴۴ | ۰/۹۷ |
| | | Pd | ۰ | ۶/۳۶ | ۰ |
| زیرحوضه ۲ سفیدارک | ۱۳ | Com | ۲ | ۲۹/۵۱ | ۰/۰۶ |
| | | Dv | ۱۰ | ۲۵/۴۰ | ۰/۷۱ |
| | | Js | ۸۶ | ۲۲/۷۶ | ۳/۷۷ |
| | | Pd | ۲ | ۲۲/۳۲ | ۰/۰۸ |
| زیرحوضه ۳ سفیدارک | ۱۵ | Com | ۰ | ۲۳/۴۸ | ۰ |
| | | Dv | ۶ | ۱۲/۵ | ۰/۴۸ |
| | | Pd | ۲ | ۱۷/۶۴ | ۰/۱۱ |
| | | Js | ۹۱ | ۲۷/۸۰ | ۳/۲۷ |
| | | Pr | ۱ | ۱۸/۵۷ | ۰/۰۹ |

**جدول ۱۵. رسوب‌دهی ویژه سالانه سازندها بر پایه روش MPSIAC**

| حوضه آبخیز | سازندهای زمین‌شناسی | درجه رسوبدهی (R) | مساحت (ha) | رسوبدهی ویژه سالانه ($m^3/ha/y$) | وزن مخصوص | رسوبدهی ویژه سالانه (ton/ha/y) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| زیرحوضه خور | Cl | ۵۲/۶ | ۲۱۶ | ۲/۴۱ | ۱/۵ | ۳/۶۱ |
| | Com | ۵۱/۶ | ۱۷۴ | ۲/۳۱ | ۱/۵ | ۳/۴۷ |
| | Cz | ۵۷/۶ | ۲۱۸ | ۲/۸۵ | ۱/۵ | ۴/۲۸ |
| | Ds | ۵۰/۶ | ۲۶ | ۲/۲۵ | ۱/۵ | ۳/۳۷ |
| | Dv | ۵۰/۶ | ۶۴ | ۲/۲۵ | ۱/۵ | ۳/۳۷ |
| | Js | ۵۷/۶ | ۴۲۳ | ۲/۸۵ | ۱/۵ | ۴/۲۸ |
| | Pd | ۵۳/۶ | ۷۵ | ۲/۴۸ | ۱/۵ | ۳/۷۲ |
| | Pr | ۵۲/۶ | ۳۳۷/۹ | ۲/۴۱ | ۱/۵ | ۳/۶۱ |
| | کل زیر حوضه | ۵۳.۲ | ۱۱۹۶ | ۲/۵۳ | ۱/۵ | ۳/۸ |
| زیرحوضه سفیدارک | Com | ۶۱/۳ | ۲۰۱ | ۳/۲۵ | ۱/۵ | ۴/۸۷ |
| | Dv | ۶۰/۳ | ۱۰۷ | ۳/۱۵ | ۱/۵ | ۴/۷۳ |
| | Pd | ۶۳/۳ | ۱۵۱ | ۳/۴۸ | ۱/۵ | ۵/۲۲ |
| | Js | ۶۷/۳ | ۲۳۸ | ۴/۰۰ | ۱/۵ | ۶/۰۰ |
| | Pr | ۳/۶۲ | ۱۵۹ | ۳۷۶۸۶۷ | ۱/۵ | ۵/۰۷ |
| | کل زیرحوضه | ۶۳/۶ | ۸۵۶ | ۳/۶۷ | ۱/۵ | ۵/۵ |

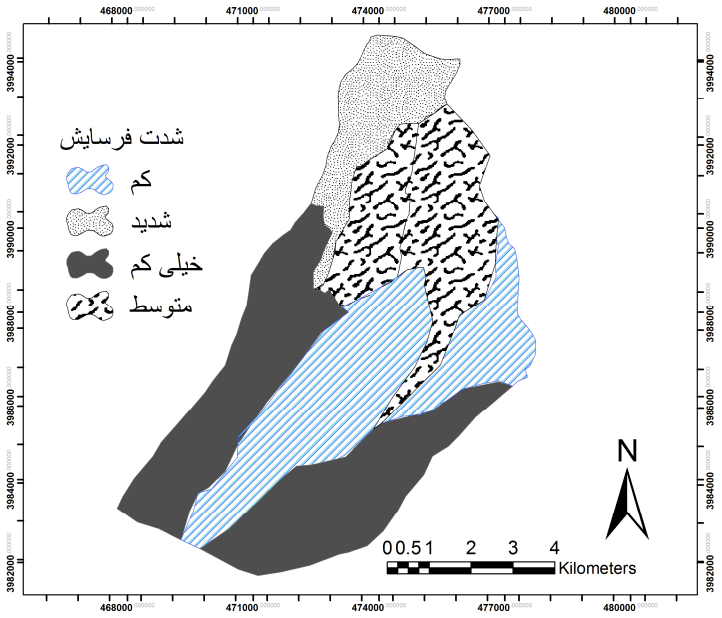
www.SID.ir

Archive of SID



### فرسایش‌پذیری منطقه

نتایج به دست‌آمده از دو مدل نشان داد که بیش‌ترین میزان فرسایش مربوط به زیرحوضه ۱ و کم‌ترین آن مربوط به زیرحوضه‌های ۶ و ۷ است (جدول‌های ۸ تا ۱۶). بر پایه میانگین شدت رسوب‌دهی، حوضه خور- سفیدارک دارای فرسایش‌پذیری خیلی کم تا کم است (شکل ۴). بررسی فرسایش‌پذیری منطقه نشان داده است که رسوب سالانه حوضه برابر ۵/۵t/ha است، SDR حوضه برابر ۴۸٪ و فرسایش ویژه آن ۱۰/۴۱ است (جدول ۱۵).




**شکل ۴. نقشه شدت رسوب‌دهی حوضه خور- سفیدارک به روش EPM، در روش MPSIAC تمام حوضه در رده‌ی شدت متوسط قرار می‌گیرد.**

**جدول ۱۶. محاسبه رسوب و فرسایش ویژه به روش‌های MPSIAC و EPM**

| زیرحوضه | MPSIAC | | EPM | |
|---|---|---|---|---|
| | رسوب ویژه $m^3*ha/y$ | فرسایش ویژه $m^3*ha/y$ | رسوب ویژه $m^3*ha/y$ | فرسایش ویژه $m^3*ha/y$ |
| ۱ | ۲/۵۳ | ۷/۵ | ۵/۰۹ | ۹/۹۹ |
| ۲ | ۳/۸۷ | ۱۲/۱ | ۲/۸۸ | ۶/۰۱ |
| ۳ | ۳/۶۶ | ۱۱/۲ | ۳/۱۷ | ۶/۴۷ |
| ۴ | ۳/۱۱ | ۱۰/۶ | ۰/۳۴ | ۱/۴۵ |
| ۵ | ۳/۰۵ | ۱۱/۲ | ۱/۶۰ | ۱/۳۷ |
| ۶ | ۳/۶۲ | ۱۳/۶ | ۰/۴۵ | ۱/۱۳ |
| ۷ | ۳/۱۳ | ۱۱/۲ | ۰/۴۵ | ۱/۱ |
| میانگین | ۳/۲۸ | ۱۱/۰۵ | ۱/۹۹ | ۳/۹۳ |

### نتیجه‌گیری

پس از تعیین امتیاز ۹ عامل در نظر گرفته شده در مدل MPSIAC، از طریق تلفیق آن‌ها با لایه‌های مربوطه و بر روی هم‌گذاری این لایه‌ها، مقدار رسوب‌دهی حوضه آبخیز خور سفیدارک محاسبه شد و با توجه به جدول‌های ۸ تا ۱۶، بیشینه میزان رسوب‌دهی در زیر حوضه این پژوهش با هدف برآورد میزان فرسایش و رسوب‌زایی و هم‌چنین پهنه‌بندی مناطق حساس به فرسایش در زیرحوضه‌های حوضه آبخیز خور و سفیدارک به دو روش MPAIAC و EPM انجام شد. نتایج به دست آمده از دو مدل نشان داد که بیش‌ترین میزان فرسایش مربوط به زیرحوضه ۱ و کم‌ترین آن مربوط به زیرحوضه‌های ۶ و ۷ است (جدول‌های ۸ تا ۱۶).

www.SID.ir

Archive of SID

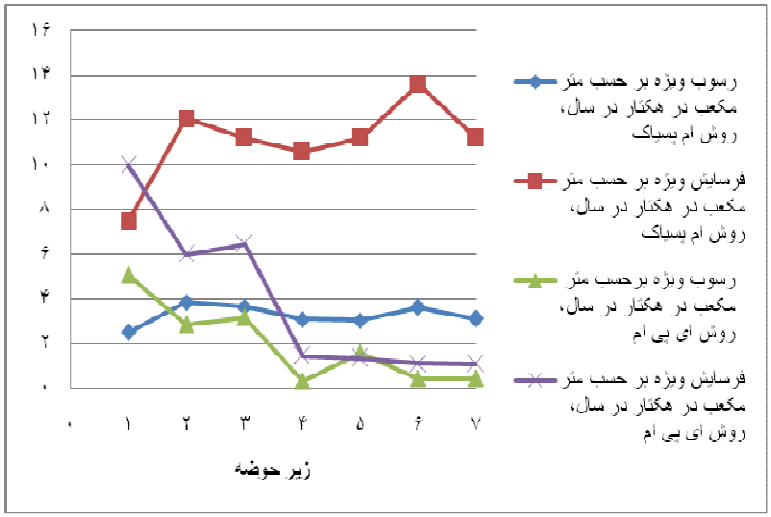


بر پایه مدل MPAIAC رسوب سالانه حوضه ۵۰t/h۵۰ و فرسایش ویژه آن ۱۰/۴۱$M^3/km^2/y$ است. رخساره فرسایشی چیره در منطقه، رخساره فرسایش سطحی و پس از آن رخساره آبراهه‌ای است. رده ارتفاعی چیره نیز ۱۳۹۰ تا ۱۵۸۰ متر و کم‌ترین مساحت در حوضه توسط رده ارتفاعی ۲۷۲۰ تا ۲۹۱۰ متر اشغال شده است. هم‌چنین شیب چیره در حوضه ۶۰ درصد است. در جدول (۱) سهم و اهمیت نسبی منابع تولید رسوب را در زیرحوضه خور و جدول (۲) اهمیت نسبی سازندهای زمین‌شناسی در سرشاخه سفیدارک نشان داده شده است. نتایج سازندهای حساس به فرسایش در روش MPSIAC در جدول (۳) نشان می‌دهد که در شاخه خور، واحدهای سنگی زاگون (Cz) و شمشک (Js) با تولید ۵/۲۲ تن در هکتار در سال، بیش‌ترین سهم را در تولید رسوب منطقه داشته‌اند. در شاخه سفیدارک سازند شمشک (Js) بیش‌ترین سهم را در تولید رسوب داشته است. این موارد نشان می‌دهند، واحدهای سنگی زمین‌شناسی و شیب بیش‌ترین تاثیر را در فرسایش داشتند.

در روش EPM، زیرحوضه ۶ و ۷ شدت فرسایش خیلی کم و زیرحوضه‌های ۴ و ۵ شدت فرسایش کم، و زیرحوضه‌های ۲ و ۳ شدت فرسایش متوسط و زیرحوضه ۱ شدت فرسایش خیلی زیاد است (جدول ۱۶ و شکل ۵). در هر دو روش MPSIAC و EPM بیش‌ترین میزان تولید رسوب مربوط به سازندهای شمشک و زاگون است.

## سپاسگزاری

بودجه این مقاله از پروژه شماره ۱۳۹۳-۷۵۱۵۸۴، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی تامین شده است. بدینوسیله از همه همکاران مدیریت پژوهش دانشگاه که در راستای انجام پروژه با گروه کاری همکاری کردند سپاسگزاری می‌شود.




**شکل ۵. مقایسه رسوب و فرسایش ویژه حوضه خور و سفیدارک به روش MPSIAC و EPM**

## منابع

[۱] احمدی، ح (۱۳۸۸) ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، جلد اول، چاپ ششم، دانشگاه تهران، ۶۸۸ ص.

[۲] اسکندری ذ.، و محمدی ج (۱۳۸۱) برآورد پتانسیل فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز چغاخور با استفاده از مدل EMP و سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۲۳-۱۲۶.

[۳] آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

[۴] راستگو، س.، قهرمان ب.، ثنایی نژاد ح.، داوریک.، و خداشناس س (۱۳۸۵) برآورد فرسایش و رسوب حوضه آخیز تنگ‌کنشت با مدل‌های تجربی MPSIAC و EMP به کمک GIS. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۱) ۱۰: ص ۱۰۴-۹۱.

[۵] خدابخش، س.، محمدی، ا.، رفیعی، ب.، و بزرگزاده، ع (۱۳۸۸) مقایسه برآورد میزان فرسایش و رسوب‌زایی در زیرحوضه سزار با استفاده از مدل‌های تجربی ای‌پی‌ام و ام-پسیاک با کمک دانش فازی. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۲، ص ۵۱ تا ۶۱.

www.SID.ir

Archive of SID



[۶] خدابخشی، ز.، ارزانی، ن.، عبداللهی، خ.، و داودیان، ع.ر (۱۳۸۹) مطالعه فرسایش‌پذیری و تولید رسوب با استفاده از مدل EPM به کمک GIS در بخشی از حوضه آبریز زاینده‌رود- حوضه حیدری در شمال شهرکرد. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۳۹، ص ۳۳ تا ۴۸.

[۷] رفاهی، ح (۱۳۸۷) فرسایش آبی و کنترل آن. دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۶۷۱ص.

[۸] رنگزن، ک.، زراسوندی، ع.، و حیدری، ا (۱۳۸۷) مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده ازتکنیک های RS وGIS. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴ : ص ۱۳۶-۱۲۳.

[۹] صفریان،ا (۱۳۸۶) ارزیابی پهنه‌بندی فرسایش و رسوب حوزه آبریز ماملو با استفاده از مدل‌های اصلاح‌شده جهانی فرسایش خاک MUSLE و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP در سیستم اصلاحات جغرافیایی GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

[۱۰] فیض‌نیا، س (۱۳۷۴) مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۷،ص ۱۱۶-۹۵.

[۱۱] قهرمان، ب.، و آبخضر، ح (۱۳۸۳) اصلاح روابط شدت مدت، فراوانی بارندگی در ایران، نشریه علوم و فنون و کشاورزی و منابع طبیعی، جلد هشتم، شماره دوم، ص ۱-۱۳.

[۱۲] قضاوی، ر.، ولی، ع.، مقامی، ی.، عبدی، ژ.، و شرفی، س (۱۳۹۱) مقایسه مدل‌های EPM، PSIAC و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از GIS. جغرافیا و توسعه، ۲۷، ص ۱۲۶-۱۱۷.

[۱۳] گزارش هواشناسی استان تهران (۱۳۸۶) تماب.

[۱۴] نقشه زمین‌شناسی شکران ۱/۱۰۰۰۰۰ ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

[۱۵] نیک‌کامی، د (۱۳۸۳) کاربردهای تحقیقاتی و مطالعاتی مدل PSIAC در محیط GIS نشریه فنی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ص ۳۳.

[۱۶] یونس‌زاده جلیلی، س (۱۳۸۸) منشاءیابی رسوبات پشت سازه‌های آبخیزداری به منظور بررسی فرسایش‌پذیری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز خور و سفیدارک هشتگرد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۷۴ص.

[17] Dietrich, W.B., and Dunne, T (1978) Sediment budget for a small catchment in mountainous terrain. Z. Geomorphol. Suppl., 29: 191–206.

[18] Johnson, C.W., and Gebhart, K.A (1982) Predicting sediment yield from Sagebrush range lands, USDA, SEA, ARM-W-26, P 129.

[19] Lopes, V.L. , Folliott, P.F., and Barker, M.B (2001) Impact of vegetative practice on suspended sediment from watershed of Arizona, Jour of water Res Plan and Manag, 121. PP.41-47.

[20] Ownegh. M (2003) Land use planning and integrated management of natural hazard in Golestan province, In: seminar on flood hazard prevention and mitigation, 15-16 january (2003) Gorgan, Iran, Abstract, 9. P.

[21] Peart. M.R., and Walling, D.E (1988) Techniques for establishing suspended sediment sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment. In Bordas, M.P., and Walling, D.E., Sediment budgets, Walling ford, I Alts publication, 174: 269 – 279.

[22] Pimental, D., Harvay, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., MCN air, M. , Crist, S. , Shipritz, L. , Fitton, L. , Saffouri, R., Blair, R (1995) Environmental and economic costs if soil erosion and conservation benefit. science, 267. PP. 1117-1123

[23] Reid, L.M (1993) Research and cumulative Watershed effects, UNDA, Forest Service Pacific South-west Research station, General Technical Report, PSW-6TR- 141.

[24] Slaymaker, O (2003) The sediment budget as conceptual framework and management tool. Hydrobiology, 494: 71–82.

[25] Summer, W., klagh Ofer, E. and Hintersteiner, K (1996) Treads in soil erosion and sediment yield in the alpine basin of the Austrian Danube. In: Walling, D. E., and Webb, B.W. (Eds.), Erosion and sediment yield. Global IAHs publ. 236: 473 – 479.

[26] Taheri, M., Landi, A., and Archangi, B (2013) USING RS, GIS SYSTEMS AND MPSIAC MODEL TO PRODUCE EROSION MAP AND TO ESTIMATE SEDIMENTATION, International Journal of Agriculture: Research and Review. Vol., 3 (4), 881-886.

[27] Takhen, I., Beuselinck, L., Nachter gaele, J., Govers, G., Poesen, J., and Degraer, G (1999) Spatial evaluation of a physically based distributed erosion model (LISEM) Catena, 37: 431-447.

[28] Walling, D.E., and Collins, A.L (2008) The catchment sediment budget as a management tool, Environmental Science & Policy, 11: 136–143.

[29] Walling, D.E., Collins, A.L., Sichingabula, H.M., and Leeks, G.J.L (2001) Integrated assessment of catchment suspended sediment budget Zambian example. Land Degradation and Development, 12: 387-415.

www.SID.ir

Archive of SID



[30] Walling, D.E., Owens, P.N., Waterfall, B.D., Leeks, G.J.L., and Wass, P.D (2000) The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK. Science of the total environment, 251: 205-222.

[31] Walling, D.E., Russell, M.A., Hodghinson, R.A., and Zhang, X (2002) Fine grained sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the UK. Catena, 47: 323-353.

www.SID.ir