فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال پنجم، شماره ۱۶، پاییز ۱۳۹۰

برآورد حجم رسوب ویژه و تعیین حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش در حوضه آبخیز سُرهه(رودخانه کردان) با روش MPSIAC

شهین بلوطی[۱]، پرویز غضنفری[۲]، امین امینی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۲- استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران

تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۹۰/۲/۲۴ تاریخ تصویب : ۱۳۹۰/۵/۱۵

چکیده

حوزه آبخیز سُرهه با مساحت ۳۹/۴۳ کیلومتر مربع در شمال کرج واقع است. سازند کهر به سن پرکامبرین قدیمی ترین سنگ های موجود در حوزه را تشکیل می دهد و جدیدترین واحدهای سنگی متعلق به کواترنر است. واحدهای سنگی سازند کرج مساحتی بیش از ۵۰ درصد از کل گستره را شامل می‌شود. منطقه عموماً از سنگ های رسوبی تشکیل شده است. ۶ عامل اصلی زمین شناسی اقلیم، تکتونیک، شیب پوشش گیاهی و هوازدگی بر میزان فرسایش پذیری واحد های سنگی مؤثر هستند. در این پژوهش ابتدا عامل موثر در فرسایش مورد بررسی قرار گرفت، سپس میزان حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردیده است و با به کارگیری نرم‌افزار Arc GIS نقشه تیپ فرسایش و نقشه حساسیت سازندها به فرسایش در حوزه آبخیز سرهه تعیین گردید. پس از آن بر پایه مدلMPSIAC جداول و نقشه های مربوط تهیه و با تلفیق داده های به دست آمده در پایان میزان رسوبدهی حوزه آبخیز سُرهه برآورد گردیده است. نتایج به دست آمده آزمایش ها و بررسی ها در GIS به این صورت بوده که از مهمترین عوامل موثر بر فرسایش در منطقه مورد مطالعه زمین شناسی، تکتونیک و شیب منطقه است، واحدهای سنگی حوزه آبخیز سُرهه در ۵ گروه فرسایشی قرار گرفته است، نهشته های کواترنری در گروه فرسایش پذیری بسیار زیاد و سازند سلطانیه در گروه فرسایش پذیری بسیار کم، عامل زمین شناسی سطحی در حوزه آبخیز سُرهه مؤثرتر بوده است و میزان رسوبدهی این حوزه ۸۸۹/۲۷ تن در هکتار در سال است.

واژه های کلیدی: حوزه آبخیز سُرهه، فرسایش پذیری، رسوب دهی، حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش

مقدمه

برآورد میزان تولید رسوب و تهیه‌ی نقشه‌های عامل رسوب دهی به روش‌های گوناگون صورت می‌پذیرد. میزان تولید رسوب نتیجه تأثیر متقابل قدرت فرسایندگی عامل فرساینده، حد فرسایش پذیری مواد زمین شناسی، شیب و کاربردی زمین‌ها و ... می‌باشد.

در بین عامل‌های مؤثر به فرسایش، مواد زمین‌شناسی دارای شدت فرسایش متفاوتی می‌باشند و میزان فرسایش‌پذیری آن ها به ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ساختمان زمین‌شناسی نظیر چین‌خوردگی بستگی دارد [۹]. میزان رسوب‌دهی در مناطق گوناگون با لحاظ نمودن بارکل رسوب و بارمعلق ارائه می‌شود. به طور کلی مدل های برآورد رسوب مقادیر واقعی رسوب را تعیین ننموده و لذا برای محاسبه دقیق رسوب لازم است از برداشت‌های میدانی و روش‌های مرتبط به آن استفاده نمود [۱]. مدل‌های بسیاری وجود دارد که به طور مستقیم مقدار رسوب را برآورد می‌نمایند که مدل MPSIAC با توجه به لحاظ نمودن فاکتورهای بیشتری نسبت به مدل‌های دیگر برای برآورد میزان رسوب حوزه سرهه در نظر گرفته شده است.

روش انجام کار

دراین پژوهش ابتدا عوامل مؤثردر فرسایش به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفت است. سپس میزان حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش در منطقه مورد مطاله محاسبه گردیده است. پس از آن بر پایه مدل MPSIAC با توجه به انجام مطالعات کتابخانه‌ای برداشت های میدانی و محاسبات عددی مطالعاتی صورت گرفته است. در این پژوهش بر طبق اهداف از پیش تعیین شده و با توجه به داده‌های گردآوری ومحاسبات انجام شده، بر طبق روش MPSIAC جداول و نقشه‌های مربوط به منطقه تهیه و با تلفیق داده‌های بدست آمده در پایان میزان رسوبدهی حوزه سرهه برآورد گردیده است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی به منطقه

حوزه آبخیز سرهه با مساحت ۳۹/۶۲ کیلومتر مربع در بین عرض جغرافیایی″۳۰, ′۰۰, °۴۸ و تا ′۰۰ , °۳۰ شمالی و طول جغرافیایی ″۰۰ , ′۲۹ , °۵۰ تا ′۰۰ و°۴۰ خاوری قرار دارد. این حوزه در ارتفاعات جنوبی البرز مرکزی در شمال باختری شهر کرج واقع شده است. این حوزه از شمال به حوزه آبخیز طالقان از خاور به حوزه آبخیز دروان، از باختر به حوزه آبخیز ورده و از جنوب به حوزه آبخیز برغان (رودخانه کردان)، منتهی می‌شود. راه اصلی ارتباطی به منطقه از بزرگراه کرج- قزوین است. پس از گذر از شهر کردان وارد بخش جنوبی منطقه شده و از بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه تا روستای سرهه جاده، آسفالته و از روستای سرهه به سمت بخش‌های شمالی حوزه جاده‌خاکی است (شکل۱). حوزه مورد مطالعه از پنج واحد آب شناختی S-int، S ، S_{1-int} ، S_{1-2} ، S_{1-1} تشکیل شده است.

عوامل مؤثر بر فرسایش

به طور کلی عوامل گوناگونی بر فرسایش و رسوبدهی موثر هستند که از جمله آن زمین شناسی اقلیم، شیب پوشش گیاهی، هوازدگی و تکتونیک می توان اشاره کرد.

مهمترین عوامل موثر بر فرسایش منطقه مورد مطالعه زمین شناسی، شیب و تکتونیک منطقه است.

زمین‌شناسی و تکتونیک

ضخامت لایه‌ها، ویژگی‌کانی‌شناسی و تورق پذیری از عوامل مؤثر در فرسایش پذیری سنگ‌ها هستند [۲]. شدت تراکم آبراهه در حوزه بیانگر وضعیت مقاومت سطح و لایه‌های زیرین خاک در مقابل فرسایش است [۱۳].

در منطقه مورد مطالعه در بخش جنوبی واحدهای سنگی عموماً نسبت به فرسایش مقاومت کمتری دارند. بنابراین دارای فرسایش پذیری بیشتر است [۹]. نیروی تکتونیک باعث چین‌خوردگی ایجاد شکستگی و در نهایت موجب خرد شدن سنگ‌ها می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه در بخش‌های شمالی و میانی وجود گسل‌های مشاء فشم وسنج شکستگی‌های فراوانی را در سازندهای لالون و کرج ایجاد کرده است.

شیب

شیب نقش اصلی در میزان رواناب ایجاد شده و میزان نفوذ و شدت سیلاب‌ها بر عهده دارد. شیب زمین در میزان فرسایش خاک مؤثر است، افزایش شیب جابجایی وعمل ذرات تخریب شده را افزایش می‌دهد در نتیجه قدرت سایندگی بیشتر می‌شود. در حوزه آبخیز سرهه در بخش‌های جنوبی به سمت بخش‌های شمالی منطقه، شیب بیشتر می‌شود (شکل ۳و۴). مقاومت سنگ‌های مختلف در مقابل فرسایش متفاوت می‌باشد و بعضی از واحدهای سنگ شناسی بسیار مستعد برای فرسایش و تولید رسوب هستند.

در بسیاری از طرح‌های آبخیزداری برای اندازه گیری شدت فرسایش، نیاز به این می باشد که مقاومت سنگ‌های مختلف حوضه‌آبخیز در مقابل فرسایش مشخص شود و سنگ‌ها از این نظر طبقه‌بندی و ترتیب بندی گردد.

رفتار سنگ‌ها در مقابل هوازدگی و فرسایش بستگی به عوامل چندی دارد که بعضی از عوامل مربوط به سرشت خود سنگ و عوامل دیگر در ارتباط با محیط خارجی در بر گیرنده سنگ می‌باشد.

در حوضه‌های آبخیز کوچک نقش فاکتورهای مربوط به محیط خارجی در برگیرنده سنگ می شود [۹].

در بررسی به حساسیت فرسایش سنگ‌ها در درجه اول بایستی به ویژگی‌های کانی شناسی، دانه بندی ساخت و بافت خصوصیات مکانیکی و شیمیایی توجه داشت در درجه دوم بر اساس شاخص‌هایی چون زمین ریخت‌شناسی عمومی طبقات و اشکال فرسایش متداول و در درجه سوم با توجه به جایگاه زمین‌ساختی آن ها و بر اساس بررسی‌های به عمل آمده و بازدیدهای میدانی و مطالعه مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران [۹] سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در ۵ رده طبقه‌بندی شده است (جدول۱و۲). در اینجا می‌بایست به این نکته توجه داشت که کلاس‌های در نظر گرفته شده به طور مقایسه‌ای بوده و صرفاً واحدهای درون حوضه با یکدیگر به طور نسبی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

نکته دیگر این که این نوع طبقه‌بندی از دیدگاه زمین شناسی بوده و بدیهی است که پارامترهای دیگری نیز در فرسایش‌پذیری مؤثر خواهند بود. در ادامه گروه‌های پنج گانه مزبور مورد بررسی قرار می‌گیرند:

گروه فرسایش پذیری خیلی زیاد

این گروه شامل نهشته های ناپیوسته کواترنر می‌باشند که در کف بستر مسیل‌ها و آبراهه‌ها دیده می‌شوند.

این رسوبات دارای کمترین پیوستگی بوده و به راحتی قابل جابجایی و حمل می باشند و همچنین دارای دانه بندی متفاوت بوده و میزان جابجایی آن ها بستگی

به انرژی جریان سیلابی و اندازه دانه‌ها دارد. پراکنش این واحد در بخش‌های مختلف حوضه و منطبق بر بستر مسیل‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. به طور کلی آبرفت‌های واحد Qal در این گروه قرار می‌گیرند.

- گروه فرسایش‌پذیری زیاد

این گروه نیز شامل رسوبات کواترنری است که دارای به هم پیوستگی کمی می‌باشند. واحدهای آبرفتی Qt در این گروه قرار می‌گیرند که در نقشه ژئومورفولوژی مشخص شده است.

- گروه فرسایش پذیری متوسط

این گروه به لحاظ سنگ‌شناسی شامل شیل‌ها، گل سنگ‌ها و توربیدایت‌ها، سیلتستون‌ها توف سبز می‌باشد. فرسایش این سنگ‌ها در ارتباط با تخلخل درجه تراکم، سیمانی شدن و سخت شدن، تورق و خردشدگی شدید آن ها است.

- گروه فرسایش‌پذیری کم

این گروه شامل سنگ های مقاوم تا نسبتاً مقاوم است که در حوضه دارای گسترش قابل ملاحظه‌ای هستند. ماسه سنگ های توفی، توف های لایه ای سازند لالون، سازند کهر و زاگون در این گروه قرار می‌گیرند.

- گروه فرسایش‌پذیری خیلی کم سنگ های با مقاومت خیلی زیاد و فرسایش پذیری خیلی کم در این گروه قرار می‌گیرند(شکل۶).

وضع عوامل نه‌گانه روش MPSIAC عامل زمین شناسی سطحی

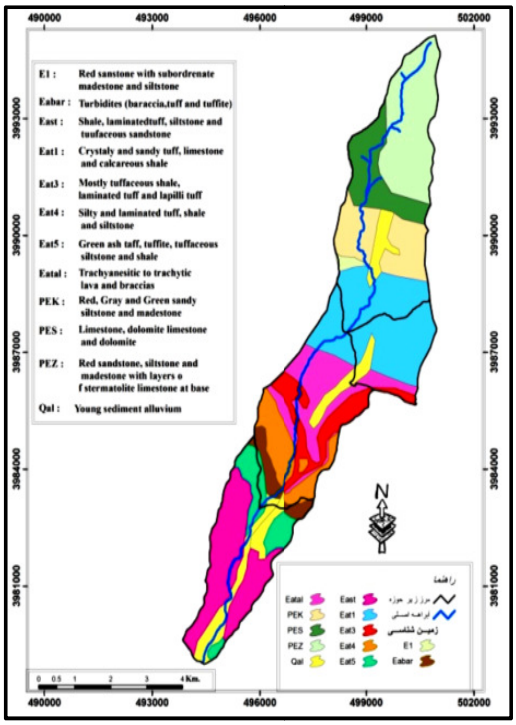
شناخت ویژگی‌های زمین شناسی سطحی حوزه آبخیز برای ارزیابی فرسایش و رسوب‌زایی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. سنگ‌های سست و نرم معمولاً به سادگی فرسوده شده و نقش مهمی را در تولید رسوب بر عهده دارند. میزان فرسایش به عوامل دینامیکی مانند آب و هوا، شرایط جغرافیایی، زمین‌شناسی سازندهای تشکیل دهنده حوزه مورد مطالعه عمدتاً شامل توف، توفیت، ماسه سنگ ضخیم، آهک و دولومیت، شیل و نهشته‌های آبرفتی می‌باشند. در روش MPSIAC بسته به این که مقاومت سنگ در مقابل فرسایش به چه اندازه باشد از درجاتی استفاده می‌شود. پس از جایگزین در رابطه (۱) امتیاز عامل زمین‌شناسی محاسبه گردیده است (جدول۳).

$$y_1=x \qquad (۱)$$

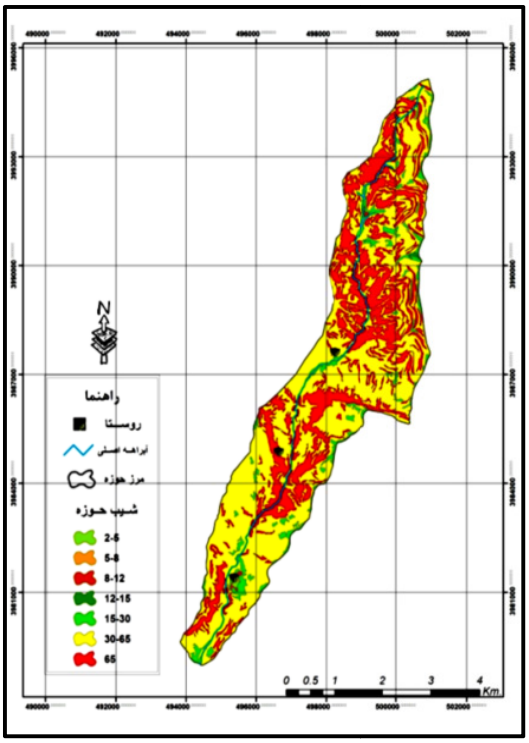
x_1: شاخص فرسایش زمین‌شناسی سطحی است که بر اساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود. **عامل خاک** سه عنصر اساسی تشکیل دهنده ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل نسبت‌های ماسه، سلیت و رس می‌باشند. وجود رس و مواد آلی میزان مقاومت خاک را در برابر فرسایندگی افزایش می‌دهد. برای تعیین عامل خاک در روش PSIAC بر اساس درصد سلیت و شن بسیار نرم، درصد شن و درصد مواد آلی و همچنین ساختمان خاک و قابلیت نفوذپذیری، مقدار K محاسبه می‌شود [۶]. مقدار K بر اساس بافت خاک و مواد آلی در جدول ۴ ارائه شده است و همچنین ویژگی‌های خاک منطقه در اجرای واحد اراضی واحد سرهه و امتیاز رسوبدهی خاک در حوزه مورد مطالعه با نتایج حاصل از مطالعات خاک شناسی و اطلاعات آن از نظر بافت ساختمان نفوذ پذیری و مواد آلی تعیین شده است(جدول ۵).

$$y_2=16/67\ k \qquad (۲)$$

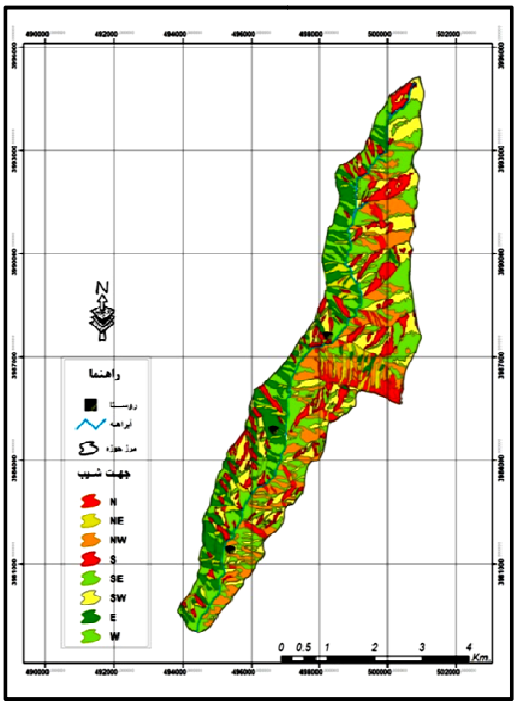
K: عامل فرسایش پذیری خاک



شکل۱- سازندها و واحدهای سنگی منطقه سرهه



شکل۳- نقشه جهت شیب در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

عامل آب و هوا

فرسایش و رسوب زایی هر منطقه تا حد زیادی وابسته به اقلیم و آب و هوای منطقه می‌باشد، زیرا آب و هوا علاوه بر تأثیر بر روی پدیده خاک‌زایی بر روی وضع پوشش‌گیاهی نیز دارد.

همچنین میزان بارش و درجه حرارت بیشترین تأثیر را بر روی فرسایش و در نتیجه رسوب دهی منطقه دارد.

$$y_3 = 0/2.\ P_2 \qquad (۳)$$

P_2 میزان بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دوساله (برحسب میلیمتر)

در حوزه مورد مطالعه بر اساس مطالعات هواشناسی [۸]، میزان بارندگی ۶ ساعته برای هر یک از زیرحوزه‌ها مشخص، در رابطه ۳ جایگزین و در نهایت امتیاز عامل آب و هوا محاسبه گردید و در جدول۶ نشان داده شده است.

جدول۱- رده بندی سنگ ها و نهشته های یر پایه میزان سختی [۹]

سازند	نماد	سنگ شناسی	گروه فرسایشی
سلطانیه	P_{Es}	سنگ آهک و دولومیت	فرسایش پذیری خیلی کم
کرج	E_a^{t1}	توف شیشه ای، آهکی، ماسه ای و شیل آهکی	فرسایش پذیری کم
لالون	€	ماسه سنگ همراه با میان لایه هایی از گل سنگ و سیلت سنگ	
زاگون	P_{Ez}	شیل سیلتی، ماسه سنگ ریز و شیل آهکی	
کهر	P_{Ek}	شیل سیلتی- ماسه ای، ماسه سنگ کوارتزیتی	
کرج	E_a^{st}	شیل، توف لایه ای، سیلت سنگ و ماسه سنگ توفی	فرسایش پذیری متوسط
	E_a^{br}	برش، توف، توفیت	
	E_a^{t4}	توف آهکی، توف شیلی،توف سیلتی	
	E_a^{t5}	توف، توفیت، سیلت سنگ و شیل توفی	
	E_a^{t3}	شیل توفی،توف لامینه های و لاپیلی توف	
	E_a^{ta1}	گدازه های تراکی آندزیتی و برش ها	
کواترنر	Q_t	پادگانه های آبرفتی کهن کمی سیمان شده	فرسایش پذیری زیاد
کواترنر	Q_{al}	نهشته های آبرفتی جوان	فرسایش پذیری خیلی زیاد

جدول۲- گروه بندی فرسایش پذیری منطقه مورد مطالعه

نام	نماد	سنگ شناسی	ضریب سختی	رده
لالون	€	ماسه سنگ همراه با میان لایه هایی از گل سنگ و سیلت سنگ	۸	۳
سلطانیه	P_{Es}	سنگ آهک و دولومیت	۶	
کرج	E_a^{ta1}	گدازه‌های تراکی آندزیتی و برش ها	۶	۴
کهر	P_{Ek}	شیل سیلتی- ماسه ای، ماسه سنگ کوارتزیتی	۵	۴
کرج	E_a^{br}	برش، توف، توفیت		
	E_a^{t4}	توف آهکی، توف شیلی، توف سیلتی		
	E_a^{t5}	توف، توفیت، سیلت سنگ و شیل توفی		
کرج	E_a^{t1}	توف شیشه ای، آهکی، ماسه ای و شیل آهکی	۴	۵
	E_a^{t3}	شیل توفی،توف لامینه های و لاپیلی توف		
زاگون	P_{Ez}	شیل سیلتی، ماسه سنگ ریز و شیل آهکی		
کرج	E_a^{st}	شیل، توف لایه ای، سیلت سنگ و ماسه سنگ توفی	۲	۶
کواترنر	Q_t	پادگانه‌های آبرفتی کهن کمی سیمان شده	۱/۵	۲
کواترنر	Q_{al}	نهشته‌های آبرفتی جوان	۱	۱

جدول۳- امتیاز عامل زمین‌شناسی به تفکیک زیرحوزه‌ها

واحد هیدرولوژی	لیتولوژی	سازند	گروه فرسایش	حساسیت سنگ‌ها به فرسایش	امتیاز عامل زمین‌شناسی
S1-1	آهک دولومیتی، دولومیت	سلطانیه	خیلی زیاد	خیلی حساس	۶
S1-2	ماسه سنگ شیلی توفیت ماسه سنگ کوارتزیت ماسه سیلتی	کرج	زیاد	حساس	۴
S 1-nt	شیل، توفیت، توف شیلی سیلتستون ماسه سنگ توفی، شیل ماسه ای،تناوبی توف و شیل و ماسه	کرج	متوسط	حساسیت متوسط	۲/۵
S-int	شیل، مادستون، آبرفت های قدیم و آبرفت های جدید کف کانال	کواترنر	کم	حساسیت کم	۱/۵

جدول۴- مقدار K بر اساس بافت و مواد آلی خاک

ردیف	بافت خاک	درصد مواد آلی خاک		
		٪۰/۵	٪۲	٪۴
۱	ماسه ریز	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۲
۲	ماسه خیلی ریز	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۶۳
۳	ماسه لومی	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۱۸
۴	ماسه خیلی ریز لومی	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۶۷
۵	لومی ماسه‌ای	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۴۲
۶	لومی ماسه‌ای خیلی ریز	۱/۰۵	۰/۹۲	۰/۷۴
۷	لومی سیلتی	۱/۰۷	۰/۹۴	۰/۷۴
۸	لومی ریتی	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۴۷
۹	لومی رسی سیلتی	۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۵۸
۱۰	رسی سیلتی	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۴۳

عامل هرز آب یا روان آب (Runo)

میزان فرسایش در حوزه آبخیزی که دارای پوشش گیاهی مناسب باشد و خاک آن نفوذ پذیر باشد ناچیز خواهد بود. رواناب در یک حوزه‌آبخیز عبارت است از بازده‌ی یک حجم آبخیز که نتیجه عملکرد ساختمان آبخیز بر روی داده‌های آن (نزولات جوی) پدیدار می‌گردد. ویژگی‌های نظیر بده آب، خاک، شکل آبخیز پستی و بلندی، تراکم زهکشی و همچنین بارندگی از جمله عوامل است که در میزان هرز آب اثر می‌گذارد. در حوزه مورد مطالعه با استفاده از مطالعات آبشناسی پس از مشخص شدن ارتفاع و بده آب بیشینه سالانه در هر یک از زیرحوزه [۸] عامل رواناب در روش MPSIAC با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید (جدول۸) و همچنین با توجه به اطلاعات ارائه شده نقشه رواناب حوزه سرهه تهیه گردید(شکل۱۱).

$$y_4= 0/2(0/03R+50Q_p)^s +0/006R+10Q_p \qquad (۴)$$

R: ارتفاع رواناب (بر حسب میلیمتر)

Q_p: دبی ویژه پیک (بر حسب میلیمتر مکعب بر ثانیه در کیلومتر

جدول۵- خصوصیات واحد اراضی در هر یک از زیرحوزه‌های سرهه

واحد هیدرولوژیکی	CL-1-1	H-1-1	H-2-1	M-1-1	M-2-1	M-2-2	M-3-1	M-4-1	M-5-1	M-6-1	X-1-1	K	امتیاز عامل خاک
S1-1				۱۷۹/۵۱۹	۲۸/۸۱			۲۳۶/۹۲۵	۱/۷۶۵			۰/۴	۰/۴
S1-2				۱۸۱/۷۴۷		۷/۸۹۴			۲۱۵/۹۷۸			۰/۳۹	۰/۳۹
S1-int						۵۳۱/۳۵۳		۲۱۰/۵۱۱	۷۵/۸۳۵			۰/۴۶	۰/۴۶
S-int	۱۰۵/۷۹۷					۳/۹۱۸		۶۷۹/۵۲۳			۸/۷۳	۰/۵	۰/۵
S	۱۰۵/۷۹۷				۲۸/۸۱	۵۴۳/۱۶۵		۱۱۲۶/۹۵۹	۲۹۳/۵۷۸		۸/۷۳	۰/۴۴	۰/۴

جدول۶- میزان بارندگی ۶ ساعت و با دوره برگشت ۲ ساله و امتیاز عامل آب و هوا در هر یک از زیرحوزه‌ها

واحد هیدرولوژیکی	ارتفاع (متر)	بارش ۲ ساله ۶ ساعته (m.m)	امتیاز عامل آب و هوا
S_{1-1}	۲۸۴۴/۴	۲۹/۲	۵/۸۴
S_{1-2}	۲۵۵۴/۳	۲۶/۳	۵/۲۶
S_{1-int}	۱۹۲۴/۵	۲۰	۴
S-int	۲۳۱۳/۲	۲۳/۹	۴/۷۸

جدول۷- امتیاز عامل رواناب در هر یک از زیرحوزه‌های سرهه

واحد هیدرولوژیکی	ارتفاع رواناب (cm)	آبی ویژه سالانه $m^3/s/km^2$	عامل رواناب
S_{1-1}	۳۵/۶۷	۰/۳۸	۳/۷۹
S_{1-2}	۳۱/۲۷	۳/۲۶	۱۰
S_1	۳۲/۵۳	۰/۲	۳/۹۵
S	۳۰/۱۹	۰/۰۶	۲/۴۱

عامل پستی و بلندی

یکی از عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوزه آبخیز پستی و بلندی است که معمولاً با شاخصی شیب سنجیده می‌شود. از بین عوامل پستی و بلندی، طول و شدت شیب مهم‌ترین عامل در فرسایش خاک محسوب می‌گردند که درشیب‌های تند که دارای طول زیادی هستند فرسایش معمولاً افزایش می‌یابد دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت رواناب است. در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز پستی و بلندی مقدار شیب متوسط محاسبه گردیده و دررابطه ۵ جایگزین گردیده و در نهایت امتیاز عامل پستی و بلندی محاسبه گردیده است(جدول۹).

همچنین با در دست داشتن دادها و اطلاعات حاصل شده نقشه وزن پستی و بلندی حوزه سرهه تهیه گردیده است (شکل۱۲).

$$y_5 = 0/33 \ .S \qquad (۵)$$

S: شیب متوسط (بر حسب درصد)

عامل پوشش زمین (Gronrdcovd)

منظور از پوشش زمین عبارت از هر گونه پوشش است که خاک در را در مقابل عوامل فرساینده مانند ضربه قطرات باران، روان آب و باد حفاظت نماید. سه نوع پوشش گیاهی، لاشبرگ و پوشش سنگی می‌توانند تأثیرهای متفاوتی در سطح زمین در مقابل قطرات باران و تولید رسوب دارا می‌باشد. برای تعیین امتیاز عامل پوشش زمین درروش MPSIAC درصد زمین لخت و فاقد پوشش محاسبه گردیده و در رابطه‌ی۶ جایگزین گردیده است و امتیاز عامل پوشش زمین

جدول۸- شیب متوسط و امتیاز عامل پستی، بلندی در هر یک از زیرحوزه‌ها سرهه

واحد هیدرولوژیکی	مساحت (هکتار)	شیب متوسط (درصد)	عامل شیب
S_{1-1}	۱۴۴۲	۶۷	۲۰
S_{1-2}	۴۰۴۰	۶۷	۲۰
S_{1-int}	۱۰۰۰	۶۸/۷۴	-
S_1	۲۸۴۴	۶۲/۹۸	۲۰
S-int	۷۹۸	۶۵/۱۱	-
S	۳۶۴۳	۶۲/۳۳	۲۰

بدست می‌آید (جدول۹).

همچنین با در دست داشتن داده‌های موجود و محاسبات به انجام آمده نقشه پوشش زمین تهیه گردید (شکل۱۳).

$$y_6 = 0/2. \ pb \qquad (۶)$$

Pb: درصد فراوانی زمین لخت بر حسب (درصد)

عامل کاربری زمین‌ها (Land use)

فعالیت‌های انسانی و بهره‌برداری از زمین، موجب تشدید فرسایش شده و میزان فرسایش با بهره‌برداری بیشتر افزایش می‌یابد.

از عمده‌ترین فعالیت‌ها آماده نمودن زمین مانند شخم چرای بی‌رویه دام‌ها و بهره‌برداری غیراصولی از جنگل‌ها، احداث معادن، توسعه مناطق شهری و احداث جاده اشاره نمود.

برای تعیین عامل نحوه استفاده از زمین در مدل MPSIAC مقدار تاج پوشش PC بر حسب درصد

محاسبه گردیده و در رابطه‌ی۷ جایگزین و امتیاز نحوه استفاده از زمین که در جدول۱۰ نشان داده شده است محاسبه می‌گردد.

با استفاده از داده‌ها و محاسبات انجام شده و اطلاعات موجود نقشه کاربری زمین ها در حوزه آبخیز سرهه تهیه گردید (شکل۱۴).

$$y_8 = 0/25.\ S.S.F \qquad (۷)$$

Pc: مقدار تابع پوشش (بر حسب درصد)

عامل وضعیت فرسایش در سطح حوزه آبخیز (Pedestalliy)

برای بررسی نقش عامل وضعیت فرسایش در تولید رسوب، فرسایش سطحی موجود در حوزه آبخیز مانند فرسایش بارانی، فرسایش ورقه‌ای، فرسایش شیاری و فرسایش خندی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش از رابطه‌ی ۸ استفاده می‌شود که در آن SSF امتیاز عامل سطحی خاک می‌باشد با استفاده از روش BLM بدست می‌آید. با محاسبه SSF (عامل سطحی خاک) امتیاز وضعیت فعلی فرسایش در مورد هر یک از اجزای واحد زمین‌ها و واحدهای آب شناختی محاسبه گردید [۶] (جدول۱۱).

$$y_7 = 20 - 0/2\ pc \qquad (۸)$$

S.S.F: امتیاز عامل سطحی خاک از روش مدیریت زمین‌های آمریکا (B.L.M)

جدول۹- امتیاز عامل پوشش زمین و استفاده از زمین

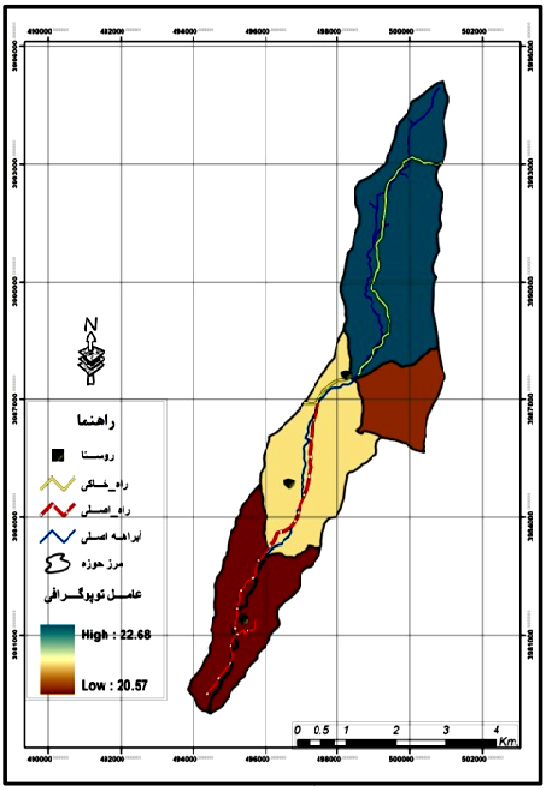
واحد هیدرولوژیکی	مساحت (هکتار)	خاک لخت (٪)	پوشش گیاهی (٪)	امتیاز پوشش زمین	امتیاز استفاده از زمین
S_{1-1}	۱۴۴۲	۳۰	۴۷	۳۰	۴۷
S_{1-2}	۴۰۴	۵۴	۳۰	۵۴	۳۰
S_{1-int}	۱۰۰۰	۵۳/۴	۳۱/۲	۵۳/۴	۳۱/۲
S-int	۷۹۸	۵۲/۵	۳۳	۵۲/۵	۳۳

عامل فرسایش رودخانه‌ای (آبراهه‌ای) و انتقال رسوب

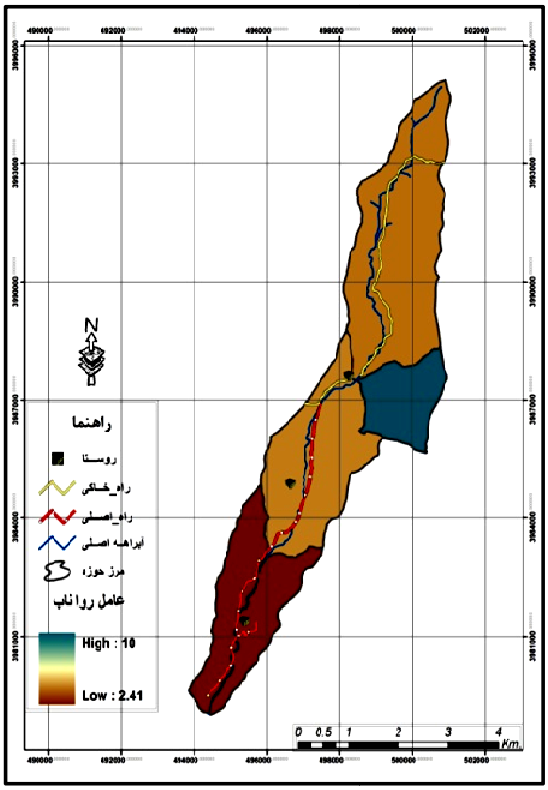
آخرین عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب می‌باشد. از جمله عوامل مؤثر در فرسایش رودخانه‌ای و محل رسوب می‌توان شیب متوسط بهتر رودخانه‌ها، نوع سنگ‌ها در مسیر رودخانه و انرژی پتانسیل جریان سیلاب ها را نام برد. برای تعیین امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای در روش MPSIAC از رابطه‌ی ۹ استفاده می‌شود که در آن SSFG نمره نهایی فرسایش خندقی عامل سطحی خاک در روش BLM محاسبه گردیده و در مقدار SSFG در رابطه جایگزین و امتیاز فرسایش رودخانه‌ای برای هر یک از زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه در جدول۱۰ محاسبه گردیده است. با محاسبات انجام شده و بررسی داده‌های موجود نهایتاً نقشه عامل فرسایش رودخانه‌ای تهیه گردید (شکل۱۳).

$$Q_S = 0/253\ e^{0/036R} \qquad (۹)$$

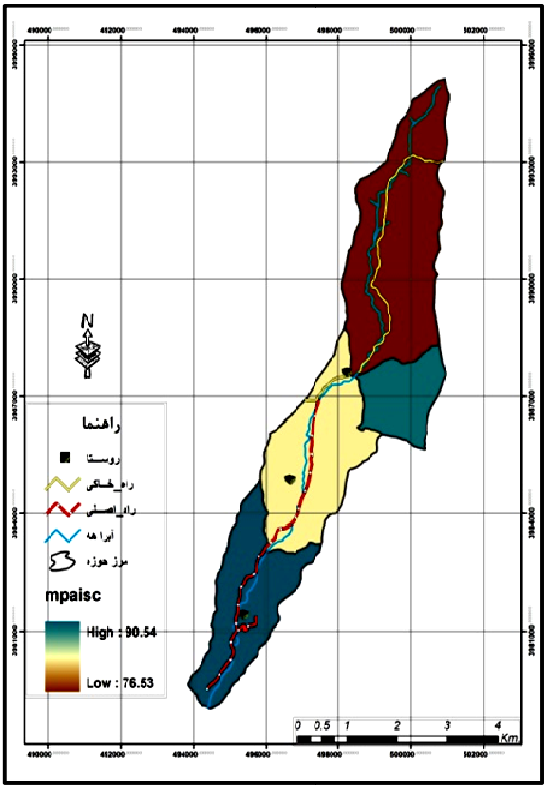
SSFg: نمره نهایی فرسایش خندقی در روش (B.L.M)



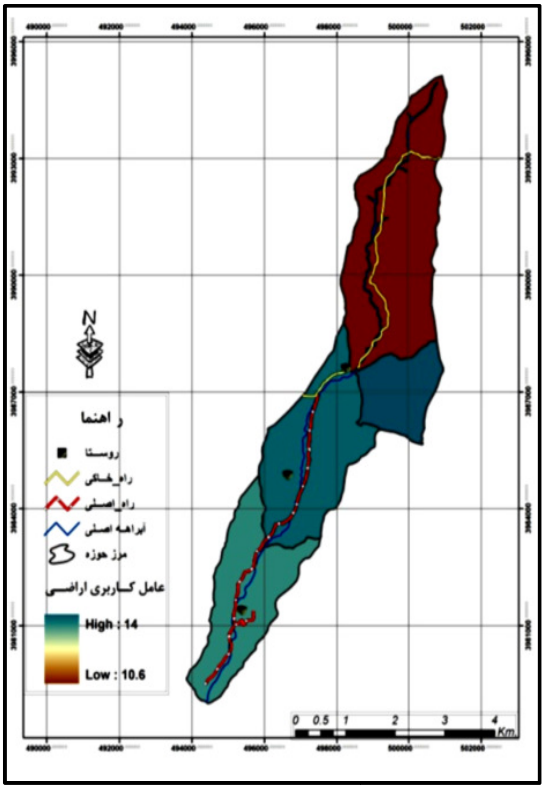
شکل۴- نقشه وزن توپوگرافی حوزه آبخیز سرهه



شکل۵- نقشه وزن رواناب حوزه آبخیز سرهه



شکل۶- نقشه فرسایش رودخانه‌ای در حوزه آبخیز سرهه



شکل۷- نقشه وزن رسوب دهی در منطقه مورد مطالعه

جدول۱۰- امتیاز عامل وضعیت فصل فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای

واحد هیدرولوژیکی	امتیاز وضعیت فعلی فرسایش	امتیاز فرسایش رودخانه‌ای
S_{1-1}	۴۱/۸	۶/۸
S_{1-2}	۵۱/۶	۷/۳
S_{1-int}	۴۲/۴	۷/۲
S-int	۴۵/۴	۱۳/۶

همیشه بین مقدار ذرات خاک فرسایش یافته و میزان رسوب یک نسبت معینی وجود داشته که در هر حوزه‌ای متفاوت می‌باشد. پس از تعیین امتیازهای هر یک از عوامل نه گانه رسوب ویژه از رابطه‌ی زیر برای هر یک از زیرحوزه‌های منطقه سرهه برآورد گردید (جدول۱۱).

در نهایت با استفاده از اطلاعات به دست آمده نقشه رسوب ویژه تهیه گردید(شکل۱۴).

$$Q_S = 0/253\ e^{0/036R} \qquad (۱۰)$$

Q_S: میزان تولید رسوب بر حسب تن در هکتار

R: درجه رسوب دهی یا مجموع نمرات عوامل نه گانه با روش MPSIAC

نتیجه گیری

- عوامل موثر بر فرسایش در منطقه مورد مطالعه زمین شناشی، شیب وتکتونیک است.

- واحدهای‌سنگی منطقه مورد مطالعه در ۵ گروه فرسایش‌پذیری قرار دارند، در آن نهشته‌های کواترنری در گروه فرسایش پذیری بسیار زیاد و سازندهای سلطانیه در گروه فرسایش‌پذیری بسیار کم است.

- از عوامل نه گانهMPSIAC عامل زمین‌شناسی سطحی وعامل شیب مهمتر و موثرتر بوده است.

- در زیر حوزه Sint رسوب سالیانه بیشتر از دیگر زیر حوزها است.

- میزان رسوب دهی در کل حوزه ۸۸۹/۲۷ تن در هکتار در سال است.

منابع

۱- گزارش فرسایش خاک، اداره آبخیزداری، (۱۳۸۶)، جهاد کشاورزی استان تهران،۳۸۹ص.

۲- احمدی، ح.(۱۳۷۸)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول(فرسایش آبی)، دانشگاه تهران، ۵۷۱ ص.

۳- افتخارنژاد، ج.(۱۳۵۹)، تفکیک بخش‌های مختلف ایران ازنظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی- نشریه انجمن نفت- شماره ۸۲، ص، ۲۸-۱۹.

۴- اطلس راه های ایران، (۱۳۸۱)، مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) انتشارات موسسه کارتوگرافی (گیتاشناسی).

۵- آقانباتی،ع.(۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۶۷۱ ص.

۶- رفاهی، ح.(۱۳۷۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران،چاپ چهارم، ۶۵۴ ص.

۷- محمودی، ف.(۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات پیام نور،۲۸۴ ص.

۸- گزارش آب و هوا (۱۳۸۶)، مطالعات آب وهوا شناسی، اداره هواشناسی(تماب)، وزارت نیرو، ۳۴۵ ص.

۹- فیض نیا، س.(۱۳۸۶)، مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران ،۴۷،۹۵-۱۱۶.

۱۰- موسوی حرمی، ر.(۱۳۸۴)، رسوب شناسی، انشارات آستان قدس رضوی، چاپ یازدهم،۴۷۳ص.

۱۱- نیک کامی،د.(۱۳۸۲)، کاربردهای تحقیقاتی و مطالعاتی، انتشارات سمت، ۵۹ص.

۱۲- مدل PSIAC درمحیط GIS، نشریه فنی، پژوشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۲۲ص.

۱۳- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرج و شکران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۱۴- ثابث قدم، م.(۱۳۸۳)، مطالعه رسوب‌شناسی بخشی از حوضه آبخیز رودخانه کرج (حوضه‌ها کسیل-نسا، ملک فالیز آزادبر) با نگرش ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندهای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده، علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران ۲۵۸ص.

۱۵- طاهری، آ.(۱۳۸۳)، رسوب‌شناسی رودخانه طالقان با نگرشی ویژه بر حساسیت به رسوب‌زایی سازندها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، علوم، دانشگاه تربیت معلم، ۱۹۷ص.

۱۶- نقشه توپوگرافی(۱:۵۰۰۰۰)، کرج، فشند و آسارا، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

17- Summer, W., Klagh, E., and Hinter Steiner, K., (1996), Treads in soil erosion and sediment yield in the alpine basin of the Austrian Danube, In: Walling, D.E., and Webb B.V.(Eds), Erosion and sedimend yield. Global IAHS, Pub, NO. 236, PP. 473-479.

18- Taken, I., Beuselinck, L., Nachter Gaele, J. Govers, G., Poesen, J., and Degraer, G., (1999) Spatial evaluation of aphysically based distributed erosion mode (LISEM) Catena V.37: 182 PP.431-447.

19- Venden Berghe, J., (2003), Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas, Quaternary Science Reviews, 22. PP. 2053-2060