مهندسی جغرافیایی سرزمین، دوره اول، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶
شاپای چاپی ۱۴۹۰-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۳۹۲۲-۲۵۳۸
http://JGET.ir
صص. ۵۹- ۴۹

نقش پارامترهای محیط طبیعی در میزان فرسایش و تولید رسوب به دو روش MPSIAC و EPM (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد برنجستانک)

بهمن رمضانی*- استاد گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
هدی ابراهیمی- دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، واحدرشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
لیلا حق پرست مژدهی- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، واحدرشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حیات او بشمار می‌آید درمناطقی که فرسایش کنترل نمی شود خاک‌ها به تدریج فرسایش یافته وحاصل خیزی خود را از دست می‌دهند لذا بررسی موضوع فرسایش ضرورت می‌یابد و هدف این تحقیق شناخت وضعیت فرسایش و تولید رسوب حوضه با روش تجربی MPSIAC و EPM است تا به توان، راهکارهایی یافت که از فرسایش خاک و هدر رفتن آب جلوگیری کند و یا آن را به حداقل برساند. حوضه آبخیز سد برنجستانک در قسمت مرکزی استان مازندران و در سیزده کیلومتری جنوب شرقی شهرستان قائم شهرقرار دارد و زهکش اصلی این حوضه یکی از زیرحوضه‌های رودخانه تالار می‌باشد که به نام رودخانه توجی نامگذاری شده است و پس از تعیین حدود حوضه پارامترهای مورد نیاز جمع‌آوری شده و در قالب موضوع فرسایش تجزیه و تحلیل شده‌اند از بین روش‌های متعدد تعیین میزان رسوب دو روش MPSIAC و EPM انتخاب گردید. مقایسه مقادیر به دست آمده بین این دو روش نشان داد که میزان رسوب دهی سالانه در حوضه با روش MPSIAC برابر با ۲۲۱/۹۹ m3/km2 بوده و میزان فرسایش ویژه ۴۲۶/۹ m3/year می‌باشد. با روش EPM میزان فرسایش ویژه ۳۶۳/۷۱ متر مکعب در کیلومتر در سال و میزان دبی رسوب کل حوضه نیز ۶۴۵۹/۵۴ m3/year برآورد شده است و از نظر شدت فرسایش حوضه مورد مطالعه با توجه به هر دو روش در کلاس فرسایش کم قرار دارد. مدل تجربیMPSIAC به دلیل اینکه از پارامترهای بیشتری در آن استفاده شده است دقیق تر از مدل تجربی EPM می‌باشد.

واژه‌گان کلیدی: ای پی ام، پسیاک، رسوب، سد برنجستانک، فرسایش، مازندران

*نویسنده مسئول: Email:bahman@iaurasht.ac.ir

مقدمه

فرسایش پدیده‌ای است که طی آن مواد خاکی توسط عواملی از قبیل آب و باد و نیروی ثقل انتقال می‌یابند. امروزه فرسایش خاک به عنوان یک مسئله جدی، رفاه انسان و توسعه پایدار را تهدید می‌کند و به همین دلیل مسئله مبارزه با فرسایش خاک یکی از مهمترین وظایف و اقدامات ملی در کشور ایران می‌باشد. برای مبارزه با فرسایش باید عوامل مؤثر در فرسایش یعنی جنس سنگ و خاک، آب و هوا، روان آب، ناهمواری، پوشش سطحی زمین و نحوه کاربرد زمین و وضعیت فعلی فرسایش درسطح حوضهٔ آبخیز و فرسایش آبراهه‌ای را مورد بررسی قرار داد و ارزیابی نمود (ثروتی، ۱۳۸۱: ۱۳۰). فرسایش بصورت سیستمی از فرآیندهای بیرونی بوده و سیستم‌های شکل‌زایی متفاوتی را ایجاد می‌نماید یک سیستم شکل‌زایی را می‌توان به صورت ترکیبی از مجموع فرآیندها در ایجاد شکل ناهمواری‌ها دانست که دریک محدوده و تحت تاثیر عوامل موثر قرار گرفته باشد یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بروقوع فرسایش و فرآیندها و سیستم شکل‌زایی، شرایط سنگ شناسی، نوع سازندهای منطقه و ژئومورفولوژی آن است (محمودی، ۱۳۷۴: ۴۵). برای برآورد فرسایش و رسوب در ایران روش‌های تجربی زیادی به کار گرفته می‌شود که معادله جهانی تلفات خاک (USLE)، (ماسگرو، ۱۹۷۴و ویشمایرو اسمیت، ۱۹۷۸، ویلیافر، ۱۹۷۵) معادله اصلاحی تلفات خاک (MUSLE)، (رنفرو، ۱۹۷۵) با معادله تغیر یافته تلفات خاک (RUSLE)، (رنارد و همکاران، ۱۹۹۴) و معادله روش EPM (گاوریلویچ، ۱۹۸۸)، روش پسیاک (۱۹۶۸) مهم‌ترین این روش‌ها است. عرب خدری (۱۳۷۳)، شاه کرمی (۱۳۸۱)، پاکپرور به نقل از ابراهیمی و قدوسی (۱۳۸۰) و خواجه و همکاران (۱۳۸۱) و اغلب این تحقیقات نیز از بین مدل‌های مختلف ، روش پسیاک رابه عنوان کم خطاترین روش معرفی نموده‌اند. هادیان (۱۳۸۷) در بررسی وضعیت چینه شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز نوررود هراز با تاکید برفرسایش پرداخته و به واسطه غالبیت سازندها به فرسایش در واحد کوهستان حالت شدید را داراست. هادیان و همکاران (۱۳۸۴) در مقایسه دو روش MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب در زیر حوضه املا لاسم از حوضه آبخیز هراز به این نتیجه رسیده‌اند که روش MPSIAC دقیق تر بوده و شدت رسوب دهی حوضه با این روش در حد متوسط می‌باشد. عسگری (۱۳۷۸) در بررسی کمی و کیفی فرسایش در حوضه آبخیز چیخواب دراستان ایلام به این نتیجه رسیده است که عامل مهم و اصلی در فرسایش این حوضه، سازندهای سست و حساس به فرسایش به ویژه مارن بوده است. صادقی (۱۳۷۲) در تحقیقی نتایج حاصل از چند مدل از جمله داگلاس، فورنیه، پسیاک و EPM در حوضه آبخیز اوزن دره را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که مدل پسیاک در برآورد میزان فرسایش و رسوب دارای صحت بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد البته حوضه مذکور فاقد آمار بوده است و مقایسه به صورت کیفی انجام شده است. احمدی (۱۳۵۸) به مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژی درمیزان فرسایش حوضه آبخیز طالقان پرداخت و همچنین در سال ۱۳۶۹ ویژگی‌های محیط طبیعی ایران در رابطه با فرسایش رانیز مورد مطالعه قرار داد. فرجی (۱۳۷۳) به بررسی فرسایش و رسوب با روش‌های تجربی در حوضه آبخیز بابا احمدی (زاگرس جنوبی) پرداخت به این نتیجه رسید که سرشت سنگ از نظر مقاومت در مقابل فرسایش بارزترین عامل محسوب می‌شود. نعمتی (۱۳۷۱) روش EPM را در حوضه آبخیز شاهرود از زیر حوضه‌های سفید رود مورد بررسی قرار داد و بیان نمود که نتایج برآورد با میزان رسوب واقعی انطباق خوبی دارد. نجفی (۱۳۷۳) مدل تجربی EPM را در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز سد لتیان مورد بررسی قرار داد و نتایج حاصل نشان داد که مدل EPM در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز قابل اعتماد است وبا مقادیر مشاهده شده همخوانی دارد. محمدیان (۱۳۸۶) در تحقیقی باعنوان روش‌های برآورد فرسایش و رسوب بر اساس مدل‌های رایج تجربی (EPM،MPSIAC وPSIAC) در حوضه گوهر رود رشت به این نتیجه رسیده است که مقادیر حاصل از مدل EPM با مقدار رسوب واقعی حوضه بسیار نزدیک و همسان می‌باشد بدین لحاظ این روش برای محاسبه فرسایش در حوضه‌های مشابه گوهر رود که فاقد ایستگاه‌های رسوب سنجی می‌باشند می‌تواند به عنوان مدل مناسب‌تر باشد. شهبازی (۱۳۸۴) در مقایسه دو روش EPM وMPSIAC در برآورد فرسایش ورسوب در: زیر

حوضه بجوشین چای حوضه ارس در استان آذربایجان شرقی به این نتیجه دست یافت که آنالیزهای آماری دلالت بر نزدیکی بیشتر مقادیر تخمینی مدل MPSIAC با مشاهدات رسوب دارد. Beyer portner در سال 1998 در مطالعه پنج حوزه آلپ در سویئس با مساحت‌های ۳۶ تا ۲۱۰ کیلومتر مربع دریافت که بین مقادی برآورد شده رسوب با مدل EPM و مقادیر اندازه گیری شده همبستگی بالایی وجود داشت. هدف اصلی تحقیق مطالعه و شناخت فرآیندهای اصلی فرسایش خاک و تولید رسوب و براورد میزان فرسایش و رسوب با روش‌های تجربیMPSIAC و EPM و مقایسه نتایج این دوروش و هم چنین ارئه راهکارهای مناسب برای مدیریت صحیح و کاهش میزان فرسایش و رسوب در ناحیه می‌باشد.

روش پژوهش

ابتدا منابع کتابخانه‌ای مرتبط با موضوع تحقیق و گزارش‌های مطالعاتی منطقه،جمع آوری گردید همچنین از نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱: ۵۰/۰۰۰ و نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ و نقشه کاربری اراضی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد از سایت سازمان آب و هواشناسی کشور عناصر اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه درطی یک دروه آماری ۲۰ ساله (۱۳۸۳-۱۳۶۳) جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد با استفاده از عناصر دو روش تجربی MPSIAC, EPM به برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوضه پرداخته شد معادلات و پارامترهای این دو مدل در جداول (۱) و (۲) آمده است.

جدول ۱. معادلات مورد استفاده در مدل (MPSIAC)

ردیف	عامل مؤثر در فرسایش	ضریب اصلاح شده	شرح و تغییر
۱	زمین شناسی سطحی	Y1= x1	در این عامل تغییری داده نشده است
۲	خاک	X2=16/67 k	K همان عامل فرسایش پذیری خاک در فرمول U.S.I.E می‌باشد
۳	آب و هوا	X3 = 0/2P2	P2 بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله
۴	روان آب	X4= 0/006 R + 10S	R عامل رواناب و QP دبی پیک سالانه m^3/s
۵	پستی و بلندی	X5 =0/33 S	S شیب متوسط حوضه به درصد
۶	پوشش زمین	X6=0/2Pb	Pb درصد اراضی سخت و فاقد پوشش حوضه
۷	استفاده از زمین	X7=20-0/2 PC	PC درصد تاج پوشش
۸	فرسایش	X8=0/25 S.SF	S.SF وضعیت سطح خاک و فرسایش با استفاده از روش B.L.M
۹	فرسایش رودخانه‌ای	X9= 1/67 S.S.fg	S.S.fg فرسایش خندقی در حوضه

منبع: رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۰-۲۵۲

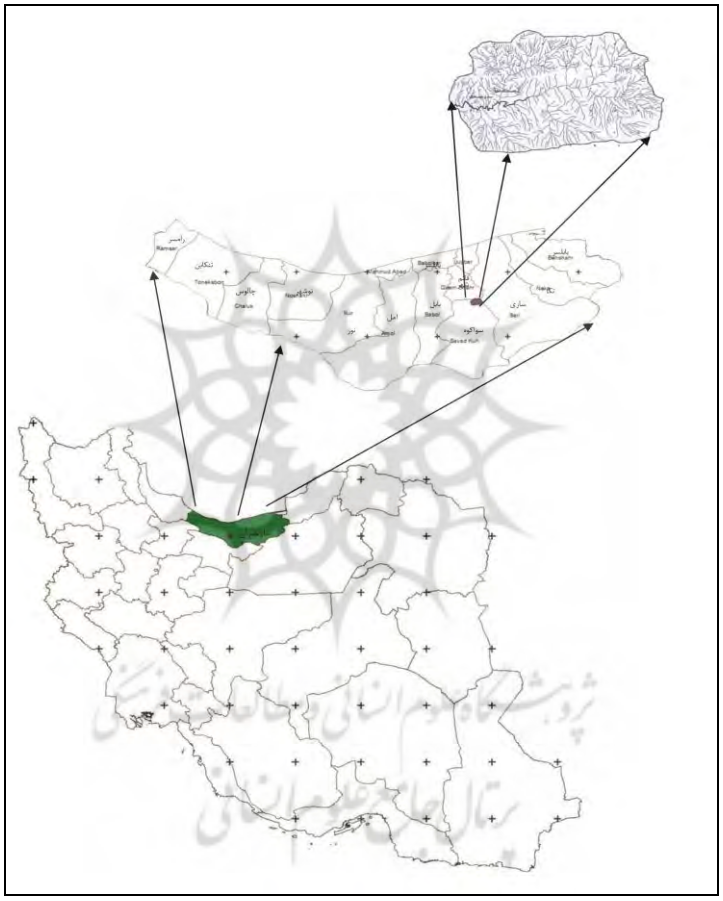
جدول ۲. پارامترهای مورد استفاده در مدل EPM

ردیف	عوامل مؤثر در فرسایش	مقادیرمیانگین (امتیاز)
۱	شرایط فرسایش حوضه آبخیز (Ψ)	(۰/۱ – ۱)
۲	شرایط استفاده از زمین (xa)	(۰/۱ – ۱)
۳	شرایط سنگ شناسی و خاک شناسی (y)	(۰/۲۵ – ۲)
۴	و شیب متوسط حوضه و (I)	۲۰- ٪۱۰۰

منبع: رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۵۸-۲۵۹

محدوده مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه در قسمت مرکزی استان مازندران در ۱۳ کیلومتری جنوب شرقی قائمشهر قرار دارد مساحت حوضه ۳۷۰۰ هکتار بوده ، ارتفاع حداکثر آن حدود ۷۷۲/۲ متر و ارتفاع حداقل آن ۱۵۳ متر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی آن حدود ´۲۱ °۳۶ و ´۲۳ °۳۶ عرض شمالی و حد فاصل ´۵۶ °۵۲ تا ´۱ °۵۳ طول شرقی می‌باشد (شکل ۱) متوسط دمای سالانه حوضه ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد میانگین بارش سالیانه حوضه نیز ۹۰۵ میلیمتر بوده است و طبق روش آمبرژه دارای اقلیمی معتدل و مرطوب می‌باشد زهکش اصلی این حوضه یکی از زیر حوضه‌های رودخانه تالار می‌باشد بنام رودخانه توجی نامگذاری شد است این رودخانه در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب قائمشهر و شرق جاده قائم شهر شیرگاه، فیروزکوه به رودخانه تلار ملحق می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز سد برنجستانک

یافته‌ها و بحث

ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش با روش MPSIAC

- عامل زمین شناسی سطحی

عوامل زمین شناسی به دو صورت تکتونیک و نوع لیتولوژی در شدت و ضعف میزان فرسایش و رسوب مؤثر است. از نظر زمین شناسی حوضه مورد مطالعه به لحاظ تقسیمات زمین شناسی جزء بخش کوچکی از دامنه شمالی کوه‌های البرز بوده ونتایج استخراج شده از نقشه لیتولوژی حوضه، پراکندگی واحدهای لیتولوژیکی حوضه بهشرح جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳. پراکندگی واحدهای لیتولوژیکی حوضه بر اساس مساحت و امتیاز مربوط به روش MPSIAC

دوران	دوره	عهد	جنس سنگ	علائم اختصاری	مساحت	درصد مساحت	امتیاز
عصر حاضر	کواترنر	پلئیتوسن	لس. اراضی زراعی پوشیده	QC	۹۰ هکتار	۲/۴۵	۸
سنوزوئیک	ترشیاری	پلیوسن	کنگلومرا، مارن و مارن سیلتی	c, m, s PIQ	۱۱۴۰ هکتار	۳۰/۸	۷
سنوزوئیک	ترشیاری	میوسن	مارن، ماسه سنگ آهکی و سنگ آهک ماسه‌ای و قدری کنگلوسرا	m,s, i M2, 3	۲۴۷۰ هکتار	۶۶/۷	۸

– عامل خاک

حوضه مورد مطالعه دارای خاک‌های نیمه عمیق و غیر یکنواخت با بافت سنگین تا خیلی سنگین و با نفوذپذیری آهسته بوده و برای تعیین K از مشخصه‌های درصد سیلت به اضافهٔ شن خیلی ریز، درصد شن، درصد ساده عالی، ساختمان خاک و قابلیت نفوذ استفاده به عمل می‌آید از روی آزمایشات خاک انجام شده K=0.15 می‌باشد.

– عامل آب و هوا

برای امتیاز دهی به این عامل از بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ سال که بیشترین همبستگی را با فرسایش خاک دارد، استفاده شد. ابتدا با ارزیابی مقدار بارندگی ۲۴ ساعته، میزان بارندگی ۱ ساعته حوضه با دوره برگشت ۱۰ سال با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (سلیمانی،۱۳۸۴: ۱۱۲).

$$P_{(60,10)} = [\,(1.3352 - 0.1964 \ln xi)\, xi\,] \quad (1)$$

که در آن xi = میانگین حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در یک دوره آماری ۲۰ ساله معادل (میلی متر ۶۸) می‌باشد ,P (60) = بارندگی یک ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله که حدود ۳۴/۴۴ میلی متر ارزیابی گردید . معادله (۲)

$$P_{(i,j)} = 0.4847+0.2251 \ln (T-0.4112)(-0.0158+1.198\times t^{0.375})\, P_{(60,10)} \quad (2)$$

که در آن T = دوره بازگشت

t = میزان بارندگی بر حسب ساعت

که با محاسبات انجام شده بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ سال ۴۰/۱۷میلیمتر برآورد شد.

– عامل روان آب یا هرزآب

در روش اصلاح شده پسیاک برای برآورد امتیاز عامل رواناب از معادله (۳) استفاده شده است.

$$Q = \left(\frac{P-0/2S}{P+0/8\,S}\right)^2 \quad (3)$$

که در آنP = میانگین بارندگی ۲۴ ساعته در حوضه (طبق آمار ایستگاه هواشناسی شیرگاه برابر با ۶۸ میلی متر می باشد.

که در آن Q_{mox} = دبی حداکثر لحظه ای به متر مکعب بر ثانیه معادله(۴)

$$Q_{mox} = 2/083Aq/\,tp \quad (4)$$

A = سطح حوضه به کیلومتر مربع

q= ارتفاع رواناب محاسبه شده به سانتی متر

t p = زمان از شروع شاخه صعودی هیدروگراف تا رسیدن به اوج برحسب ساعت می‌باشد.

جدول ۴. رواناب دبی حداکثر ویژه در حوضه

رواناب	ضریب CN	t p (ساعت)	Q_{mox} m^3/s	$Q/Am^3/s/km^2$	امتیاز
۰/۹۳	۶۵	۲/۰۹	۳۴/۲۹	۰/۹۲	۹/۲۵

- ارزیابی عامل توپوگرافی

از مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوضه آبخیز پستی و بلندی است که معمولاً با شاخص سنجیده می‌شود. فرسایش در شیب‌های تند که دارای طول زیادی می‌باشند افزایش می‌یابد دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت رواناب و هم چنین افزایش نقش قطرات باران در ایجاد فرسایش می‌باشد .در حوضه مورد مطالعه با تهیه نقشه هیپسومتری و نقشه شیب و محاسبه ارتفاع متوسط که معادل ۴۰۳/۰۶ می‌باشد شیب متوسط حوضه از طریق وزنی حدود ۱۵/۵ درصد ارزیابی گردید (جدول ۵).

جدول ۵. طبقه بندی در صد و مساحت شیب در هر منطقه

درصد شیب	مساحت به km^2	درصد مساحت
<۱۰	۳	۸/۱۲
۱۰-۲۰	۲۳	۶۲/۱۶
>۲۰	۱۱	۲۹/۷۲
کل حوضه	۳۷	۱۰۰

- شاخص پوشش گیاهی برای عامل پوشش زمین

منظور از پوشش زمین عبارت است از هر گونه پوششی است که خاک را در مقابل عوامل فرساینده مانند ضربه قطرات باران، رواناب و باد حفاظت نماید زمینی که دارای پوشش خوب باشد مقدار انرژی باران را کاهش داده و مقدار نفوذ را از طریق عمل ریشه‌ها در بین خاک متعادل می‌سازد. در حوضه مورد مطالعه با تهیه نقشه پوشش گیاهی حوضه از کل مساحت حوضه ۳۶/۱۷۳۵ کیلو متر مربع اختصاص به جنگل دارد و بقیه پوشش شامل پوشش علفی می‌باشد. در بعضی نقاط درصد تاج پوشش درختان در حدود۹۰ درصد می‌باشد.

- عامل کاربری اراضی

با توجه به نقشه استفاده از زمین (کاربری اراضی) درصد خیلی کمی از مساحت حوضه به کشت برنج در کناره رودخانه اختصاص داده شده است امتیاز حاصله در این قسمت معادل ۲ می باشد.

- عامل فرسایش سطحی و رودخانه ای

جهت تعیین امتیاز عامل سطحی خاک از جدول (۶)۶ استفاده شده است.

جدول ۶. تعیین امتیاز عامل سطحی خاک (s.s.f)

عوامل مؤثر در وضعیت سطح خاک	ارزیابی وضعیت سطح خاک و فرسایش
۱. فرسایش سطحی	۶
۲. لاشبرگ سطحی	۴
۳. ارزیابی پوشش سنگی سطح زمین	۷
۴. بررسی آثار تخریب سطح زمین	۷/۵
۵. بررسی فرسایش شیاری	۶/۵
۶. بررسی آثار جریان‌های سطحی	۹/۵
۷. بررسی فرسایش خندقی	۲/۵
جمع	۴۳

منبع: رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۶۹–۲۷۱

برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

پس از تعیین عواامل و به دست آوردن مجموع نمرات آن‌ها به منظور دقت بیشتر از رابطهٔ بین درجه رسوب دهی و میزان تولید رسوب استفاده می شود از معادله (۵) استفاده شد (جدول ۷).

$$QS = 33/77\ e^{0/035\ SR} \quad (5)$$

QS = میزان رسوب دهی بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

R = درجه رسوب دهی یعنی مجموع نمرات عوامل مختلف در نظر گرفته شده

E = لگاریتم نپرین در حدود ۲/۷۱۸۲۸۱۸۲۸ می‌باشد.

با توجه به جدول (۷) و جمع نمرات حاصل شده برای حوضه میزان رسوب دهی سالانه یا فرسایش پذیری برابر m^3/km^2 ۲۲۱/۹۹ می‌باشد.

$$QS = 221/99\ m^3/km^2$$

و با استفاده از معادله (۶) میزان فرسایش ویژه (S.D.R) از معادله مربوطه محاسبه شد که آن نسبت تحویل رسوب به مساحت حوزه و بافت خاک می‌باشد (رفاهی، ۱۳۷۸ :۲۵۳).

$$Log\ SD.R = 8768 - 0/14191\ Log\ A_{10} \quad (6)$$

A = مساحت حوضه آبریز بر حسب مایل مربع

میزان فرسایش ویژه به مقدار ۴۲۶/۹ متر مکعب در سال می‌باشد.

جدول ۷. تعیین ارزش فاکتورهای به دست آمده در مدل پیساک اصلاح شده

فاکتورهای مورد نظر	نمره
۱. زمین شناسی سطحی	۷/۶۵
۲. خاک	۲/۵
۳. آب و هوا (داده‌های آماری)	۸/۰۳
۴. روان آب	۹/۲۵
۵. توپوگرافی	۵/۱۱
۶. پوشش زمین	۰
۷. کاربری اراضی	۲
۸. فرسایش سطحی	۱۰/۷۵
۹. فرسایش رودخانه‌ای	۴/۱۷
۱۰. جمع کل	۴۹/۴۶

پس از تعیین مقادیر عددی عوامل مؤثر و به دست آوردن مجموع نمرات آن‌ها به منظور تعیین میزان فرسایش در رسوبدهی از جدول (۸) استفاده شده است.

جدول ۸. تعیین میزان فرسایش خاک و تولید رسوب سالانه

کلاس رسوب دهی فرسایش	شدت رسوب دهی	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان دهنده شدت رسوب دهی
		متر مکعب در کیلومتر مربع	تن در کیلو متر مربع	
V	خیلی زیاد	> ۱۴۲۹	۲۵۰۰ <	>۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶ –۱۴۲۹	۱۵۰۰ –۲۵۰۰	۷۵ – ۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸ –۴۷۶	۵۰۰ –۱۵۰۰	۵۰ –۷۵
II	کم	۹۵ – ۲۳۸	۲۰۰ – ۵۰۰	۲۵ –۵۰
I	خیلی کم یا جزئی	< ۹۵	< ۲۰۰	۰ –۲۵

*منبع:رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۵۳

میزان رسوب دهی $۲۲۱/۹۹ \ m^3/km^2$ می‌باشد که طبق جدول (۸) از نظر شدت رسوب دهی کم یعنی در کلاس II قرار گرفته است.

برآورد فرسایش با مدل EMP

در این روش ۴ مشخصه شامل ضریب فرسایش حوضه آبخیز (Ψ) و ضریب استفاده از زمین (xa) و ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (γ) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای مختلف اراضی یا در شبکه‌های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. مقادیر شرایط فرسایشی حوضه آبخیز، ضریب استفاده از زمین، حساسیت و خاک به فرسایش با توجه به جداول مورد نظر تعیین گردید در هر یک از اجزاء واحد اراضی یا شبکه ها براساس این ۴ عامل مقدار Z یا ضریب شدت فرسایش از معادله (۷) محاسبه می‌شود.

$$Z = Y \times Xa (\Psi + I^{0/5}) \quad (7)$$

۱. مقادیر ضریب فرسایش منطقه (Ψ)

با توجه به امتیاز این عامل، طبق جدول مقادیر ضریب فرسایش منطقه (Ψ) ، Ψ = ۰/۵ می‌باشد.

۲. مقادیر استفاده از زمین (xa)

امتیاز این عامل ،طبق جدول مقادیر ضریب استفاده از زمین (xa)، $xa = 0/14$ می‌باشد.

۳. مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)

امتیاز این عامل ، طبق جدول مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)، $y = 1/6$ می‌باشد.

جدول ۹. طبقه بندی شدت فرسایش به روش EMP

طبقه بندی فرسایش	شدت فرسایش	مقادیر حد	مقادیر متوسط Z
I	خیلی شدید	Z>۱	۱/۲۵
II	شدید	۱ > Z >0/71	۰/۸۵
III	متوسط	۰/۷ > Z >0/41	۰/۵۵
IV	کم	۰/۴ > Z >0/2	۰/۲
V	خیلی کم	۰ > ۱۹ > Z	۰/۱

منبع: رفاهی،۱۳۷۸: ۲۵۸-۲۵۹

برای محاسبه شدت فرسایش از رابطه زیر استفاده شد.

$$Z = Y \times Xa (\Psi + I^{0/5})$$
$$Z = 1/6 \times 0/14 \times (0/5 + (0/15)^{0/5}) = 0/21$$

با توجه به جدول (۹) مقدار $Z = 0/21$ در طبقه بندی فرسایش در کلاس IV یعنی شدت فرسایش کم قرار می‌گیرد.

حال در روش EMP برای تخمین متوسط سالانه رسوب ویژه در حوضه آبخیز برنجستانک از معادله زیر استفاده می‌شود.

$$WSP = T . H . \pi Z^{1/5}$$

WSP = متوسط سالانه رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در کیلو متر مربع در سال

T = ضریب درجه حرارت که از معادله زیر به دست می‌آید.

$$T = [t/10 + 0/1]^{0/5}$$

که در آن t میانگین درجهٔ حرارت سالانه در حوضه بوده است به درجه سانتی‌گراد.

H = ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز

π = عدد پی می‌باشد.

Wsp = متوسط سالانه رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

$$Wsp = T . H . \pi Z^{1/5}$$
$$T = [t/10 + 0/1]^{0/5} = [t/10+ 0/1]^{0/5} = 1/33$$
$$Wsp = 1/33 \times 905 \times 3/14 \times (0/21)^{1/5} = 363/71 \ m^3/km^2/year$$

ضریب رسوب دهی حوضه آبخیز

$$RU = \frac{4 (P \times D)^{1/2}}{L + 10}$$

که در آن :

Ru= ضریب رسوب دهی حوضه آبخیز

L = طول حوضه آبخیز بر حسب کیلومتر ۹/۵ کیلومتر

D = طول محیط حوضه آبخیز برحسب کیلومتر که از معادله ۱۱ به دست می‌آید:

$$D = D_{av} – D_o$$

D_{av} = ارتفاع متوسط حوضه آبخیز

D_o = ارتفاع نقطه خروجی حوضه

$$D = 403/06 – 170 = 233/06 \ m = 0/23 \ km$$
$$RU = \frac{4 (24/6 \times 0/23)^{1/2}}{9/5 - 10} = 0/48$$

مقدار دبی رسوب ویژه سالانه حوضه از معادله ۱۲ محاسبه می‌شود.

$$GSP = WSP – RU$$
$$GSP = 174/58 \ m^3 / km^2 / year$$

GS = دبی رسوب کل حوضه بر حسب متر مکعب در سال

A = مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع می‌باشد.

$$GS = 37 \times 174/58 = 6459 / 54 m^3 / year$$

نتیجه گیری

در مناطق مرطوب در سازندهای ریزدانه مانند مارن و رس یا آهک مارنی به علت رطوبت زیاد، حرکت‌های توده‌ای به شکل لغزش و سو لیفولکسیون مشاهده می‌شود با توجه به امتیاز قابلیت استفاده از زمین در مدل EPM و امتیاز عامل

پوشش گیاهی- در مدل MPSIAC این نتیجه حاصل شد که پوشش خوب حوضه تا حدودی از شدت فرسایش در حوضه کاسته است و از نظر شیب نیز حوضه دارای شیب متوسط ۱۵/۵ درصد می‌باشد که پایین بودن شیب حوضه، یکی از عوامل مهم در کاهش میزان فرسایش در منطقه است چون حوضه مورد مطالعه دارای اقلیم معتدل و مرطوب می‌باشد و میانگین بارش در حوضه ۹۰۴ میلیمتر می‌باشد عامل رواناب نیز می‌تواند یکی از عوامل مهم در فرسایش حوضه باشد با مطالعات زمین شناسی انجام شده در حوضه مورد مطالعه وطبق جدول (۲) مشخص شد که ماسه سنگ، سنگ آهک ماسه‌ای، ماسه سنگ آهکی کنگلومرا و... که مربوط به عهد میوسن می‌باشند بیشترین درصد از مساحت را تشکیل داده اندو حساسیت متوسط تا زیاد به فرسایش دارند یعنی نسبت به سازندهای دیگر فرسایش پذیرتر می‌باشند و آثار هوازدگی در حوضه به صورت مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دیده می‌شود. با محاسبات انجام شده میزان رسوب دهی سالانه در منطقه با روشMPSIAC برابر با m^3/km^2 ۲۲۱/۹۹ بوده و از نظر کلاس رسوب دهی و فرسایش در کلاس π یا کم قرار گرفته است و هم چنین با روش EPM میزان فرسایش ویژه در حوضه ۳۶۳/۷۱ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال و میزان دبی رسوب کل حوضه نیز ۶۴۵۶/۵۴ متر مکعب در سال برآورد شد و از نظر شدت فرسایش، حوضه مورد مطالعه در کلاس فرسایش IV یعنی شدت فرسایش کم قرار گرفت ولی از نظر دقیق بودن مدل، مدل تجربیMPSIAC به دلیل اینکه از پارامترهای بیشتری استفاده شده است دقیق‌تر از مدل‌تجربی EPM می‌باشد.

برای کنترل فرسایش و پایین آوردن کلاس فرسایش در حوضه، پیشنهاد می‌گردد که باید از اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی استفاده شود از اقدامات مکانیکی احداث دیواره‌های حایل، تثبیت توده‌های لغزشی است؛ زیرا با بررسی‌هایی که در حوضه مورد مطالعه انجام شده است شاهد دو توده لغزشی مهم در حوضه بوده‌ایم که یکی از منابع مهم تولید رسوب شناخته شده‌اند و از اقدامات بیولوژیکی، طرح کنترل تعادل دام و مرتع در حوضه؛ قرق دائمی و جلوگیری از ایجاد هرزآب در حوضه نورد تاکید می‌باشد.

منابع

ابراهیمی، محمد و قدوسی،جمال. (۱۳۸۱). ارزیابی چهار مدل تجربی برآورد رسوب در حوضه آبخیز دره قنبر لو، پارس‌آباد مغان. *مجموعه مقالات همایش مدیریت اراضی فرسایش خاک و توسعه پایدار*، اراک انتشارات وزرت جهاد سازندگی،۵۰۴-۵۱۴.

احمدی، حسن. (۱۳۸۵). مطالعه ژئومورفولوژی و فرسایش در حوضه آبخیز طالقان. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۳۶، ۱-۱۴.

احمدی، حسن. (۱۳۶۹). ویژگی‌های محیط طبیعی ایران در رابطه با فرسایش. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۴۴.

ثروتی، محمدرضا. (۱۳۸۱). *ژئومورفولوژی منطقه‌ای ایران*. چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان جغرافیائی ارتش.

رفاهی، حسینقلی. (۱۳۷۵ و ۱۳۷۸). *فرسایش آبی و کنترل آن*. چاپ اول و دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران. (۱۳۷۷). *گزارش خاک شناسی حوضه سد برنجستانک*.

سازمان جغرافیایی نیروای مسلح، نقشه توپوگرافی، پل سفید، قائم شهر (مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱).

سازمان جغرافیایی نیروای مسلح، نقشه توپوگرافی قائم شه، سواد کوه (مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱).

سلیمانی،کریم و بیات، فاطمه. (۱۳۸۴). به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در زیر حوضه سفید آب هراز. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۰ (۱)، ۱۰۷-۱۲۲.

شاه کرمی، عزیزاله. (۱۳۸۱). بررسی روش‌های برآورد رسوب (PSIAC,EPM,MPSIAC) در حوضه آبخیز نوژیان. *مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی فرسایش خاک وتوسعه پایدار*، ارک، انتشارات وزارت جهاد سازندگی،۵۶۲-۵۷۲.

شهبازی کیا، سعید و صادقی تالارپشتی، رستم. (۱۳۸۴). مقایسه دو روش EPM,MPSIAC در برآورد فرسایش ورسوب در استان آذربایجان شرقی (مطالعه موردی: زیرحوضه بجوشین چای حوزه ارس). سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

صادقی، سیدحمیدرضا. (۱۳۷۲). مقایسه چند روش برآورد فرسایش و رسوب در حوزه اوزون دره. *مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهره برداری بهینه از اراضی.*

عرب خدری، محمود. (۱۳۷۳). تجدید نظری در معادله جهانی اصلاح شده تلفات خاک. *فصلنامه پژوهش وسازندگی*، ۲۵، وزارت جهاد وسازندگی.

عسگری، شمس‌اله. (۱۳۷۸). بررسی کمی و کیفی فرسایش در حوضه آبخیز چیخواب (استان ایلام). پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیائی طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

فرجی، محمد. (۱۳۷۳). بررسی فرسایش و رسوب با روش‌های تجربی در حوضه بابا احمدی (زاگرس جنوبی). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی تهران.

محمودی، فرج الله. (۱۳۷۴). *ژئومورفولوژی اقلیمی*، تهران: انتشارات پیام نور.

محمدیان شوئیلی، محمدحسین و سرور،جلیل الدین. (۱۳۸۶). روش‌های برآوردفرسایش ورسوب براساس مدل‌های رایج تجربی MPSIAC,Psiac, Epmدر حوضه گوهر رود. چهارمین همایش ملی علوم آبخیزداری ایران مدیریت حوضه‌های آبخیرکشور.

نجفی‌نژاد، علی. (۱۳۷۳). بررسی کارایی مدل تجربی EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز سد لتیان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

نعمتی، ن. (۱۳۷۱). برآورد رسوب حوزه آبخیز رودخانه شاهرود حوزه سد سفید رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

هادیان امری، محمدعلی، سلیمانی، کریم و حبیب نژاد، محمود. (۱۳۸۷). بررسی وضعیت چینه شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز نوررود هراز با تائید بر فرسایش. اولین کنفرانس بین المللی تغییرات زیست‌محیطی ناحیه خزری دانشگاه مازندران، بابلسر.

هادیان امری، محمدعلی، موسوی، سیدرمضان، سلیمانی،کریم و بیات، فاطمه. (۱۳۸۴). مقایسه دو روش EPM,MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در زیر حوضه املا از زیر حوضه‌های رودخانه تالار. سومین همایش ملی فرسایش ورسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

Ahmadi, H.(1997).Betuedela situation geomorphologie de 1,erosion danslebassin. versantdetaleghan (sefid-rud). Époque quaternaire . international congress of geomorphology. Bologna (Italia), 28 v3.

Beyer porter , N. (1998). erosion basins versantalpins sussespar ruissellement surface. Ph.D thesis, laboratory Switzerland.

Gavilovic, Z. (1998). The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential stream. *International conference on river regimes*, 18-20 May 1998, published by John Wiley and Sons, Paper 12, 411-422.

Musgrave,G.W.(1970). The Quantities evolution of factors in water erosion. a first Approximation, J.Soil and water conser,133-138.

Renefro,G.W.(1975).use of erosion equations and sediment Dehivery Rations for predicting sediment yild.Inperesent and prospective Technologhy for predicting sedimently yilds and sources.Agric.Res. Serv, ARS-S-40,33-45Uspecpt.Agric Washington,D.C

Rendard, K., C, Foster, G., Yoder, D., & Etmaccol, D.(1994). RUSLE Revised, Status Question ,Answers and the future. J.Soil and water conser,49,213-220.

Williams,J.R.(1975). Sediment Yield prediction with universal soil loss equation using runoff energy factors , inpresent and prospective technology for predicting sediment yield and sources .Agric.Res. Serv, US Dept. Agric Washington, D.C ARS.S-40,244-252.

Wischmeier, W.h., & smith, D.D.(1978). predicting rainfall erosion losses , A guide to conservation planning Agric. Hand book No.537,US Dept. of Agric .Washington, D.C.