

بکارگیری روش EPM در مطالعه فرسایش پذیری و تولید رسوب حوزه آبخیز الموت رود

حسینقلی رفاهی و محمد رضا نعمتی

استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و کارشناس جهاد سازندگی قزوین

تاریخ وصول بیست و نهم خرداد ماه ۱۳۷۲

چکیده

در این مطالعه یکی از سرشاخه های اصلی سفید رود به نام حوزه آبخیز الموت رود که حدود ۷۲۵۰۰ هکتار مساحت دارد انتخاب گردید. ضمن تعیین محدوده دقیق حوزه ۱۸ زیر حوزه در آن شناسایی شد. کلیه پارامترهای فیزیکی این حوزه آبخیز و زیر حوزه هایش به صورت جداگانه محاسبه گردید. جهت بر آورد فرسایش در این حوزه از روش EPM استفاده شد. در این روش ابتدا چهار پارامتر شامل ضریب فرسایش حوزه آبخیز (ψ)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، ضریب حساسیت سنگ و خاک نسبت به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوزه (I) محاسبه گردید. برای محاسبه شدت فرسایش از رابطه ($Z = y.Xa (\psi + I^{0.5})$) استفاده شد و سپس اقدام به تهیه نقشه فرسایش پذیری گردید. در این نقشه حوزه آبخیز الموت رود از لحاظ فرسایش پذیری به ۵ دسته تقسیم شده است. بر حسب مقدار Z مقدار متوسط سالانه تولید رسوب ویژه در هر یک از زیرحوزه ها از رابطه $WSP = T.H.I.Z^{1.45}$ محاسبه شد. میزان رسوب حاصل از این روش با میزان رسوب حاصل از اندازه گیری رسوب در ایستگاه های نیدرومتری مقایسه شد و نتایج نشان داد که استفاده از روش EPM برای تخمین فرسایش و رسوب قابل قبول است. البته مقایسه میزان فرسایش و رسوب حاصل از روش EPM با میزان فرسایش و رسوب حاصل از روش PSIAC که توسط عده ای در قسمتهائی از حوزه سفید رود به کار برده شده است نشان داد که دقت روش EPM کمتر از روش PSIAC می باشد. می توان نتیجه کلی را به این صورت بیان نمود که استفاده از روش EPM می تواند در مطالعات اجمالی فرسایش خاک موفقیت آمیز باشد. بنابراین بهتر است در فازهای اولیه مطالعات مانند توجیهی و شناسایی به کار رود. استفاده از آن برای مطالعات تفصیلی توصیه نمی شود.

مقدمه

در مناطق مختلف کشور مسئله فرسایش و رسوب در طرحهای جامع آبخیز داری مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان نمونه می توان مطالعات جلالیان (۲) در حوزه آبخیز شمالی رود خانه کارون، مطالعات صادقی (۴) در حوزه آبخیز اوزن دره از حوزه رودخانه قزل اوزن و مطالعات حاجی بیگلو (۳) در حوزه آبخیز سفید رود را نام برد. جلالیان در مطالعات خود از روش

فرسایش ممکن است به طور طبیعی و یا در اثر دخالت انسان آغاز شود که در هر صورت نقش آن در زندگی بشر منفی است. این عمل می تواند باعث نابودی زمین های زراعی، از بین رفتن جاده ها و خطوط ارتباطی و نیز گل گرفتگی و پر شدن سدها شود که در نتیجه ضررهای اقتصادی و اجتماعی قابل ملاحظه ای را در بر دارد.

PSIAC که در آن ۹ عامل مورد بررسی قرار می‌گیرد استفاده کرده است. صادقی در مطالعات خود روشهای داگلاس^۲، فورنیه^۳ کرک بای^۴، EPM^۵ و PSIAC^۵ را به کار برده است.

منطقه مورد مطالعه یکی از سرشاخه‌های اصلی رود خانه سفید رود به نام الموت رود می‌باشد که در شمال و مجاورت حوزه آبخیز طالقان رود جریان دارد. این منطقه در حوزه‌ای پهناور به وسعت ۷۲۵ کیلومتر مربع در میان کوههای متصل به هم سلسله جبال البرز و در فاصله یکصد کیلومتری شمال شرق شهرستان قزوین قرار دارد. الموت رود در منطقه شیر کوه با ملحق شدن به طالقان رود رودخانه شاهرود را تشکیل و پس از طی مسافتی طولانی در حدود ۱۰۵ کیلومتر بعد از گذشتن از پل لوشان به رودخانه قزل اوزن پیوسته و وارد دریاچه سد سفید رود می‌شود.

در حوزه الموت رود مطالعات دقیقی در مورد فرسایش خاک و رسوب انجام نگرفته است در حالی که سهم قابل توجهی در ایجاد رسوبات در پشت سد سفید رود را دارد، بنابراین اهمیت انجام مطالعات در زمینه فرسایش حوزه الموت رود که یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه سفید رود می‌باشد مشخص گردید. برای مطالعه فرسایش و رسوب در این منطقه از روش EPM استفاده شده امید است که با انجام بررسی‌های دقیق در این زمینه بتوان راحل مناسبی برای جلوگیری از هدر رفتن این سرمایه‌های عظیم و با ارزش کشورمان ارائه نماییم.

مواد و روشها

در این مطالعه یکی از سرشاخه‌های اصلی سفید رود (به نام حوزه آبخیز الموت رود) به وسعت ۷۲۵ کیلومتر مربع انتخاب گردید که موقعیت آن در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. ابتدا با استفاده از عکسهای هوایی و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ محدوده دقیق حوزه آبخیز مشخص و سپس ۱۸ زیر حوزه در آن مورد شناسایی قرار گرفت، که مساحت بزرگترین زیر حوزه ۱۱۹ کیلومتر مربع و مساحت کوچکترین زیر حوزه ۱۴ کیلومتر مربع می‌باشد.

کلیه پارامترهای فیزیکی این حوزه آبخیز و زیر حوزه‌هایش با استفاده از روشهای متداول ارائه شده توسط چاو (۵) لینسلی (۸) و

شاو (۹) و ویلسون (۱۰) به صورت جداگانه محاسبه و در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

هیپسوگرام طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز الموت رود نیز تهیه شد که در شکل شماره ۲ عرضه شده است. بیشترین مساحت حوزه در طبقه ارتفاعی ۳۰۰۰ - ۲۸۰۰ متر (۹/۹۵ درصد) قرار دارد و ارتفاع متوسط منطقه با استفاده از منحنی هیپسو متر یک به دست آمده ۲۳۸۶ متر می‌باشد.

برای تعیین متوسط بارندگی حوزه از روش تهیه گرادیان بارندگی استفاده گردید. با انتخاب ۶ ایستگاه باران سنجی در ارتفاعات مختلف منطقه و ایجاد رابطه همبستگی بین متوسط بارندگی سالیانه و ارتفاع آنها در یک دوره آماری مشترک معادله گرادیان بارندگی منطقه با فرمول $P = 0.237H + 67/6$ و با ضریب همبستگی $r = 0.95$ به دست آمد که در آن H ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر و P متوسط بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر در دوره آماری مورد استفاده می‌باشد. متوسط بارندگی به دست آمده برای حوزه الموت رود برابر ۶۳۳/۲ میلیمتر است.

به منظور برآورد میانگین حرارتی منطقه الموت رود از روش تهیه گرادیان درجه حرارت سالانه و ارتفاع ۴ ایستگاه^۶ بهترین و مناسب‌ترین معادله به دست آمده انتخاب شد که عبارتست از $T = 0.007756P - 0.87$ ، سپس با توجه به معادله به دست آمده و نیز ارتفاع متوسط آبخیز الموت رود که برابر ۲۳۸۶ متر می‌باشد متوسط درجه حرارت سالانه معادل ۳/۵ درجه سانتیگراد به دست آمد.

جهت برآورد فرسایش در این حوزه از روش EPM ارائه شده توسط گاوریلوویچ (۶) استفاده شد. این روش با استفاده از اطلاعات پلاتهای فرسایش و اندازه‌گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی به دست آمده و برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه ارائه گردیده است. در این روش ۴ پارامتر شامل ضریب فرسایش حوزه آبخیز (۷)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (۷) و شیب متوسط حوزه (I) در واحدهای مختلف اراضی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مقادیر شرایط فرسایش حوزه آبخیز (۷)، ضریب استفاده از زمین (Xa) و حساسیت خاک به

برای استفاده از جدول ۵ لازم بود اطلاعاتی در مورد خصوصیات خاک و سنگهای منطقه داشته باشیم. بر اساس مطالعات صحرایی و مشاهدات عینی که در مورد خاکهای منطقه الموت رود به عمل آمد مشخص گردید که خاکهای منطقه مزبور به ترتیب در دوره غالب انتی سل^۱ و اینسپتی سل^۲ قرار می‌گیرد. اکثریت خاکهای منطقه یا تکامل چندانی پیدا نکرده و یا اینکه در مراحل ابتدا از تکامل می‌باشند.

نقشه زمین شناسی منطقه در شکل ۳ عرضه شده است که از نقشه زمین شناسی قزوین رشت (۷) تهیه شده است. رخساره های سنگ شناسی در حوزه آبخیز الموت رود بر پایه درجه مقاومت نسبت به فرسایش طبقه بندی گردید که نتایج در جدول شماره ۶ عرضه شده است.

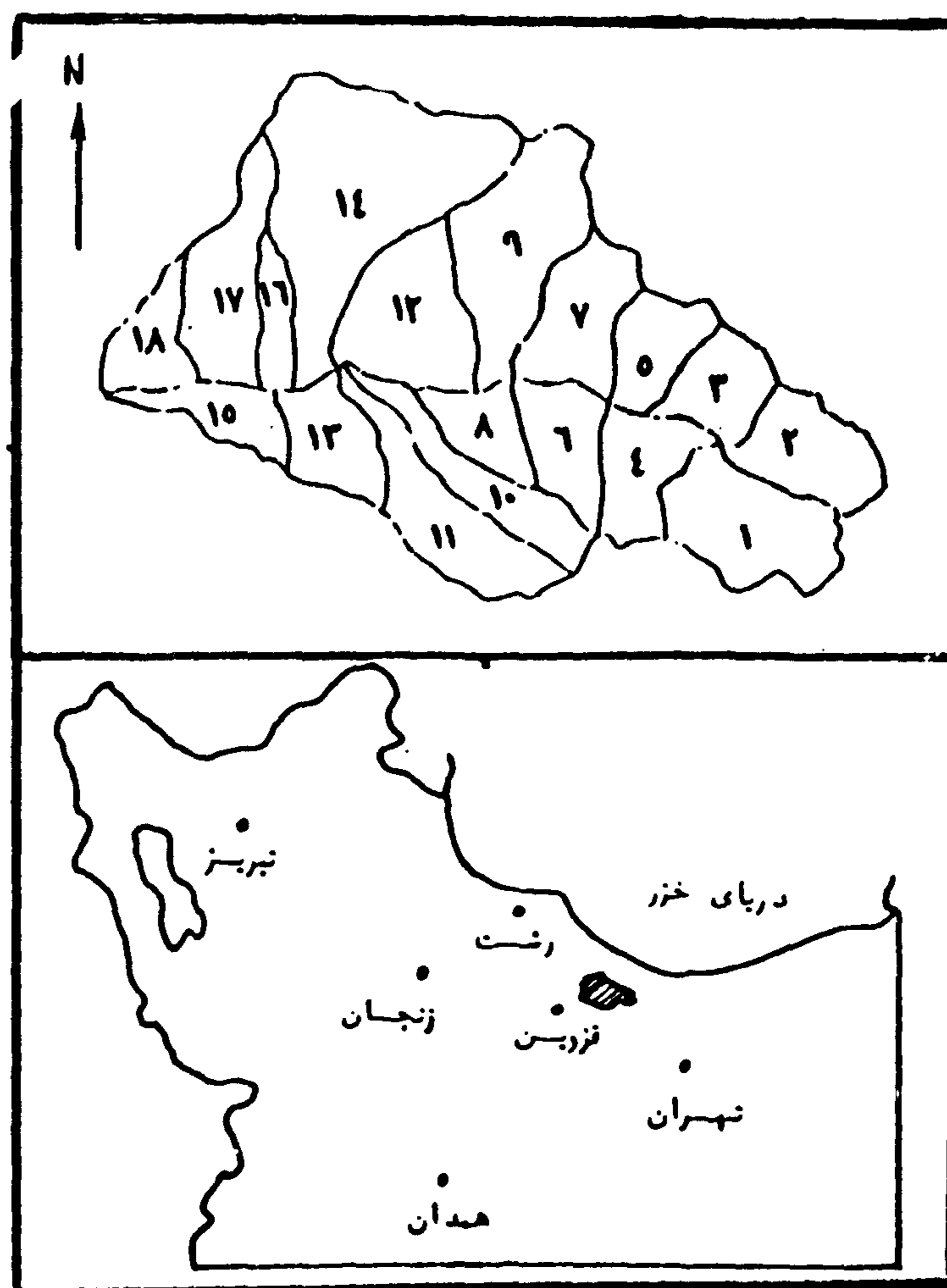
در این مطالعه همچنین لازم بود که شیب متوسط حوزه را داشته باشیم که با استفاده از روش گام پرگار تهیه گردید.

در این مطالعه در روی نقشه سطح هر یک از زیر حوزه ها به شبکه های $1/5 \times 1/5$ سانتی متری تقسیم و در هر یک از آنها چهار پارامتر شرایط فرسایش حوزه آبخیز (ψ) ضریب استفاده از زمین (X_a)، ضریب حساسیت خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوزه (I) بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. در هر یک از شبکه ها بر اساس این چهار فاکتور مقدار Z یا ضریب شدت فرسایش از رابطه زیر محاسبه شد

$$Z = y.X_a (\psi + I^{0.5})$$

با قراردادن مقدار Z در جدول شماره ۷ که براساس شدت فرسایش Z تنظیم شده است کلاس فرسایش برای هر شبکه تعیین گردید. برای تعیین کلاس فرسایش می‌توان از شکل ۴ نیز استفاده نمود. با توجه به کلاس فرسایش شبکه ها نقشه شدت فرسایش پذیری حوزه آبخیز تهیه گردید که در شکل شماره ۵ عرضه شده است. در این نقشه حوزه آبخیز الموت رود از لحاظ فرسایش پذیری به ۵ درجه تقسیم بندی شده است. وسعت و درصد هر یک از کلاسهای فرسایش به تفکیک زیر حوزه در جدول ۸ ارائه شده است.

در این روش برای تخمین متوسط سالانه رسوب ویژه در حوزه از فرمول زیر استفاده می‌شود $WSP = T.H. \pi. Z^{1.5}$ که در آن:



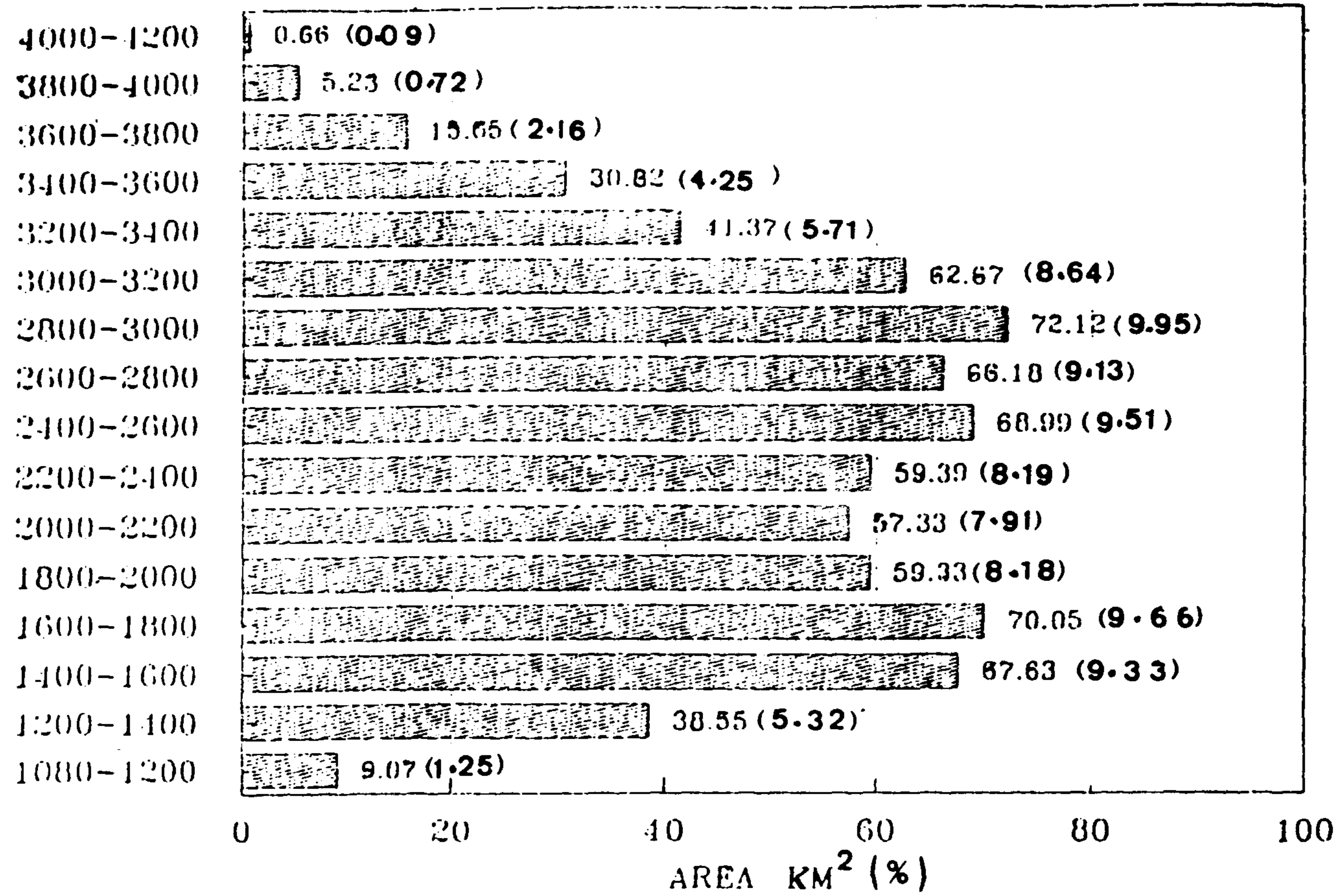
شکل ۱ - محدوده و موقعیت حوزه آبخیز الموت رود

فرسایش (۷) به ترتیب در جدولهای شماره ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. با استفاده از این عوامل می‌توان شدت فرسایش را محاسبه و نهایتاً نقشه فرسایش را تهیه نمود.

در این مطالعه برای تعیین ضریب فرسایش (۷) از عکسهای هوایی، تراکم آبراهه‌ها و مشاهدات صحرایی استفاده بعمل آمد. برای تعیین ضریب استفاده از زمین نقشه استفاده از زمین تهیه شد. سپس با به کار بردن جدول شماره ۳ این ضریب تعیین گردید.

در این مطالعه از مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (۷) یعنی جدول شماره ۴ استفاده به عمل نیامد زیرا که این جدول جهت مطالعه حساسیت سنگها و خاکها به فرسایش در منطقه یوگسلاوی و نقاط مشابه تهیه شده است و در چند مورد با منطقه مورد مطالعه ناسازگاری نشان داد، لذا جهت رفع این مشکل و تعیین ضریب حساسیت سنگها و خاکهای موجود در منطقه اقدام به تشکیل جدول شماره ۵ گردید. این جدول در واقع با کمک گیری از جدول شماره ۴ و با مراجعه به منطقه و مشخص نمودن میزان پیشرفت هوازدگی سنگهای موجود و همچنین مقاومت آنها نسبت به فرسایش تهیه شد.

LEVEL (M)



شکل ۲ - هیسوگرام طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز الموت رود

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبخیز الموت رود

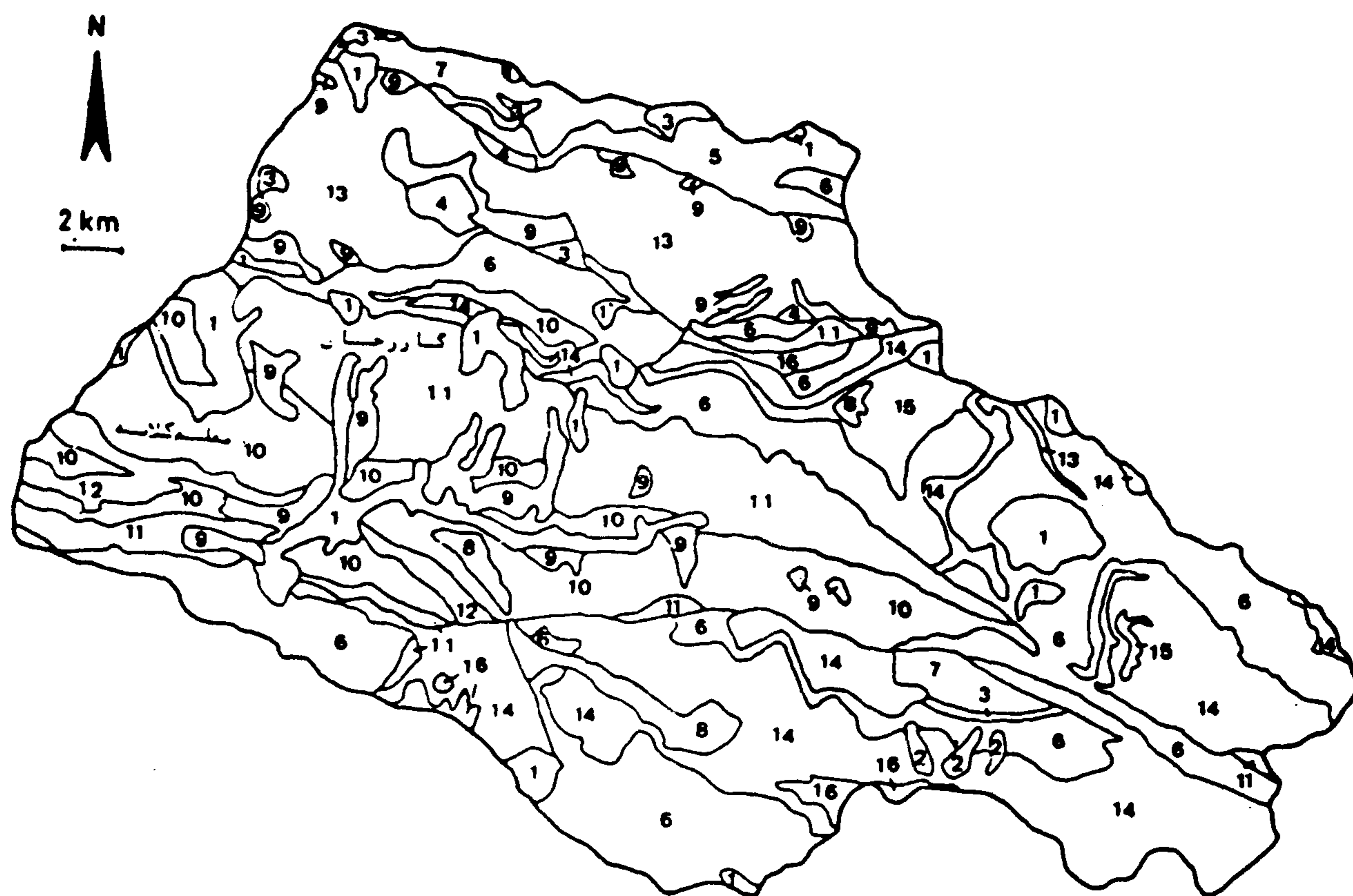
ردیف	پارامترهای فیزیکی	مقادیر	ردیف	پارامترهای فیزیکی	مقادیر
۱	مساحت حوزه (km ²)	۷۲۵	۱۹	ارتفاع مد (m)	۲۹۰۰
۲	محیط حوزه (km)	۱۳۰/۲۵	۲۰	ارتفاع متوسط (m)	۲۳۸۶/۷
۳	طول حوزه (km)	۴۵	۲۱	شیب متوسط (%)	۱۲/۷۱
۴	طول آبراهه اصلی (km)	۵۰/۵	۲۲	شیب خالص (%)	-
۵	زمان تمرکز (ساعت)	۳/۵۷	۲۳	شیب ناخالص (%)	۵/۷۸
۶	ضریب گراویلیوس	۱/۳۵۴	۲۴	تعداد آبراهه‌ها و رودهای فرعی حوزه	۱۰۰۶
۷	ضریب شکل حوزه بر روش هورتون	۰/۳۵۸	۲۵	طول کل آبراهه‌های موجود در حوزه (km)	۹۴۸/۵
۸	ضریب شکل حوزه بر روش میلر	۰/۵۳۷	۲۶	تعداد شاخه‌های درجه یک	۶۸۸
۹	ضریب شکل حوزه بر روش شیوم	۰/۶۷۵	۲۷	طول کل شاخه‌های درجه یک (km)	۵۹۳
۱۰	ارتفاع بلندترین نقطه (m)	۴۱۲۳	۲۸	تعداد شاخه‌های درجه دو	۲۰۹
۱۱	ارتفاع نقطه خروج حوزه (m)	۱۰۸۰	۲۹	طول کل شاخه‌های درجه دو (km)	۱۷۵/۵
۱۲	طول مستطیل معادل (km)	۵۰/۸۴	۳۰	تعداد شاخه‌های درجه سه	۸۵
۱۳	عرض مستطیل معادل (km)	۱۴/۲۶	۳۱	طول کل شاخه‌های درجه سه (km)	۱۱۰/۵
۱۴	طول جغرافیایی مرکز ثقل حوزه	۵۰°-۳۸'	۳۲	تعداد شاخه‌های درجه چهار	۲۲
۱۵	عرض جغرافیایی مرکز ثقل حوزه	۳۶°-۲۴'	۳۳	طول کل شاخه‌های درجه چهار (km)	۵۸/۵
۱۶	ارتفاع مرکز ثقل حوزه (m)	۲۲۳۷	۳۴	تعداد شاخه‌های درجه پنج	
۱۷	نسبت انشعابات حوزه	۵/۱۵۴	۳۵	طول کل شاخه‌های درجه پنج (km)	۱۱
۱۸	تراکم زهکشی حوزه	۱/۳۰۸			

جدول ۲ - مقادیر ضریب فرسایش (۲/۱)

ردیف	شرایط فرسایشی حوزه آبخیز	مقادیر میانگین
۱	منطقه دارای گالیهای زیاد و فرسایش شدید می باشد	۱
۲	در حدود ۸۰٪ منطقه دارای فرسایش خندقی و شیاری می باشد	۰/۹
۳	در حدود ۵۰٪ منطقه دارای فرسایش خندقی و شیاری می باشد	۰/۸
۴	کل منطقه دارای فرسایش سطحی ، رسوبات و واریزه ها و به مقدار کم دارای فرسایش خندقی و شیاری و فرسایش کارستی	۰/۷
۵	کل منطقه دارای فرسایش سطحی ولی بدون آثار فرسایش عمیق (گالیها، شیاره ها و واریزه ها و) می باشد	۰/۶
۶	۰/۵۰ منطقه دارای فرسایش سطحی و بقیه بدون فرسایش	۰/۵
۷	۰/۲۰ منطقه دارای فرسایش سطحی و بقیه بدون فرسایش	۰/۴
۸	سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده ولی در کنار رودخانه ها واریزه و لغزش مشاهده می شود	۰/۳
۹	سطح زمین فاقد فرسایشی قابل رویت بوده و اغلب دارای پوشش زراعی است	۰/۲
۱۰	سطح زمین فاقد فرسایشی قابل رویت بوده و غالباً تحت پوشش جنگل و گیاهان دائمی است .	۰/۱

جدول ۳ - مقادیر ضریب استفاده از زمین (Xa)

ردیف	شرایط سنگ شناسی و خاکشناسی مقادیر میانگین	مقادیر میانگین
۱	اراضی غیر قابل کشت و زرع و بدلندا	۱
۲	اراضی تپه ماهوری شخم خورده برای زراعت	۰/۹
۳	باغات میوه ، تاکستانهای بدون پوشش گیاهی مرتعی	۰/۸
۴	کشتزارهای شخم خورده بر روی خطوط تراز	۰/۷
۵	جنگلهای مخروطی و فرسایش یافته و بوته زارهای ایجاد شده بر روی خاکهای فرسوده	۰/۶
۶	مزارع کوهستانی خشک	۰/۵
۷	مزارع دائمی و بونجه زارها	۰/۴
۸	مزارع زهکشی شده و پوشیده از گراس ها	۰/۳
۹	جنگلهای خوب بر روی شیب های تند	۰/۲
۱۰	جنگلهای خوب بر روی شیب های ملایم	۰/۱



راهنمای نقشه

- | | |
|---|--|
| ۱- نهشته های ناشی از لغزش و سولیفلیکسیون | ۸- سنگهای آتشفشانی به همراه بازالت و لاهای تراکیتی و آگلومرا |
| ۲- نهشته های یخچالی (مورن)، احتمالاً مربوط به پلیستوسن | ۹- سنگ آهک و دولومیت بالای هانی از استروماتولیت |
| ۳- اکثر آ از توده های آهک دولومیتی | ۱۰- مادستون قرمز و سیلستون |
| ۴- سنگ آهک خاکستری بالای بندی خوب و منظم | ۱۱- کنگلومرا یا برش |
| ۵- مادستون خاکستری یا خاکستری متمایل به قهوه ای و سیلت استون بالای هانی از ماسه سنگ | ۱۲- لایه ها بارگه های ژیبسی و مادستون و سیلستون قرمز و خاکستری |
| ۶- گدازه ها | ۱۳- گابرو و دولریت |
| ۷- سنگهای آهکی خاکستری یا تیره، در برخی نقاط همراه به لایه های دولومیتی، رسی یا سیلنی | ۱۴- عمدتاً با توف های آندزیتی و اسیدی و مادستون توفی |
| | ۱۵- گچ |
| | ۱۶- سنگ آهک و توف های آهکی |

شکل ۳ - نقشه زمین شناسی حوزه آبخیز الموت رود

تائیمه سنگین تغییر می نماید (وزن مخصوص در حدود ۱/۲۵ تا ۱/۳۵ گرم بر سانتی متر تغییر می کند) مقدار رسوب بر حسب تن در هکتار در سال محاسبه و در ستون آخر جدول شماره ۹ ارائه شده است.

نتایج بحث

محاسبه رسوب ویژه حوزه آبخیز سر شاخه دینه زود از این روش امکان پذیر نشد، زیرا متوسط درجه حرارت سالیانه این حوزه ۲/۴ - درجه سانتی گراد است و هنگام استفاده از فرمول $T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5}$ برای تعیین ضریب درجه حرارت با اشکال مواجه می شویم.

نتیجه بررسیها نشان می دهد که زیرحوزههایی که شدت

$WSP =$ متوسط سالانه رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال.

$H =$ ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز بر حسب میلی متر

$T =$ ضریب درجه حرارت که از رابطه $T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5}$ به دست می آید. که در آن t میانگین درجه حرارت سالانه در حوزه آبخیز به درجه سانتی گراد می باشد.

$\pi =$ عدد پی می باشد.

برای تعیین متوسط سالیانه تولید رسوب ویژه برای هر یک از زیر حوزه ها ابتدا متوسط وزنی Z را برای هر زیر حوزه به دست آورده و سپس از فرمول فوق استفاده شد. نتایج در جدول شماره ۹ ارائه شده است. با توجه به نوع بافت خاک منطقه که از متوسط

جدول ۴ - مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (۷)

مقادیر میانگین	شرایط سنگ شناسی و خاکشناسی	ردیف
۲	ماسه، سنگ ریزه، شیست	۱
۱/۶	لس، توف، خاک شور، خاک استپی	۲
۱/۲	سنگ آهک هوازده و مارن	۳
۱/۱	ماسه سنگ قرمز، سرپانتین و رسوبات فلیشی	۴
۱	پدزول، پاراپدزول، شیست خرد شده، میکاشیست، گنیس، شیست ارزلیت دار	۵
۰/۹	سنگ آهک سخت، لاشبرگ، خاکهای هوموسی و سیلیکات دار	۶
۰/۸	خاکهای جنگلی قهوه‌ای و خاکهای کوهستانی	۷
۰/۶	خاکهای باتلاقی و هیدروموف سیاه یا خاکستری تیره	۸
۰/۵	چرنوزوم و رسوبات آبرفتی با بافت خوب	۹
۰/۲۵	سنگ های آذرین سخت	۱۰

جدول ۵ - مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش در منطقه الموت رود

مقادیر میانگین	شرایط سنگ شناسی و خاکشناسی منطقه الموت رود	ردیف
۲	ماسه، سنگ ریزه، نهشته‌های آبرفتی و سیلابی، یخچالی و نهشته‌های ناشی از لغزش	۱
۱/۶	لس، گچ، خاک استپی	۲
۱/۵	مادستون و سیلت استون، ماد ستون قرمز، سیلت استون قرمز و خاکستری	۳
۱/۲	سنگ آهک هوازده و مارن، سنگ آهک خاکستری، گدازه های قلیائی	۴
۱/۱۵	سنگ آهک دولومیتی (بالایه هائی از استروماتولیت)	۵
۱/۱	ماسه سنگ قرمز و سبز و شیل، توف های آندزیتی و اسیدی و مادستون توفی، توف رسوبات فلیشی	۶
۰/۹	سنگ آهک سخت، سنگ آهک خاکستری یا خاکستری تیره، توفهای آهکی	۷
۰/۸	خاکهای جنگلی قهوه‌ای و خاکهای کوهستانی	۸
۰/۴	صفحات تراکی آندزیتی - داسیتی، کنگلو مرآ و یا برش	۹
۰/۲۵	گابرو و دولریت، لاواهای بازالتی و آندزیتی، سنگ های ولکانیکی به همراه بازالت و لاواهای تراکیتی و آگلو، مونزونیت، هونبلند پروفیری، سی نیت	۱۰

جدول ۶ - رخساره‌های سنگ شناسی حوزه آبخیز الموت رود

نوع رخساره	سنگهای نرم، غیر قابل نفوذ و حساس به فرسایش			سنگهای نرم، قابل نفوذ و مقاوم به فرسایش			سنگهای سخت، غیر قابل نفوذ و مقاوم به فرسایش		
	آبرفت‌های قدیمی	آبرفت‌های جدید	مارنهای قرمز و زئیس نمکدار	سنگریزه، کنگلومرا، مارن دانهای، مارن آهکی	زئیس، تراورتن، آهک	توف های آتشفشانی	سنگهای دگرگونی یافته	سنگهای بیرونی (خورجی)	سنگهای درونی
مواد تشکیل دهنده رخساره									
مساحت به KM2	۱۹۳	-	۲۶	۲۴	۱۹	۱۷۵	۱	۷۱	-
درصد جزئی	۲۶/۶۲	-	۳/۵۹	۳۳/۱	۲/۶۲	۲۴/۱۴	۰/۱۴	۹/۷۹	-

کلاسهای II (اراضی با فرسایش شدید) و IV (اراضی با فرسایش کم) با دقت نسبتاً کمتر و حدود کلاسهای I (اراضی با فرسایش خیلی شدید)، III (اراضی با فرسایش متوسط) و V (اراضی با فرسایش خیلی کم) با دقت قابل قبول تفکیک شده‌اند.

جلالیان (۲) در مطالعه فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز شمال رود کارون روش PSIAC را که در آن ۹ عامل مورد بررسی قرار می‌گیرد به کار برده است، نتیجه بررسیها نشان داده است که ارزیابی مقدار رسوب دهی با روش PSIAC بیشترین همبستگی را با مقدار رسوب اندازه‌گیری توسط ایستگاه رسوب سنجی داشته است.

با توجه به اینکه روش PSIAC بیشترین پارامترها را با دقت کافی مورد بررسی قرار می‌دهد و بنابراین بهتر از روش EPM جواب می‌دهد ولی باید در نظر داشت که مطالعه فرسایش و رسوب با استفاده از روش EMP نیز از دقت قابل قبولی برخوردار است. این امر با نتایج حاصل از مطالعات صادقی (۴) و با فرزاده کریمی (۱) مطابقت دارد.

صادقی در مطالعه فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز اوزن

فرسایش پذیری و نیز میزان تولید رسوب ویژه در آنها بالاست عمدتاً از تشکیلات و سنگهای فرسایش پذیر مارنی و آهکی و نیز سنگهای سست و تخریب یافته‌ای مانند کنگلومرا و نهشته‌های آبرفتی تشکیل یافته است. در این رابطه می‌توان به دو زیرحوزه سفید در و باغدشت اشاره نمود که در آنها به دلیل فراوانی تشکیلات ذکر شده فرسایش پذیری و نیز تولید رسوب ویژه نسبت به سایر زیر حوزه‌ها بالاست. همچنین در آن زیر حوزه‌هایی که شدت فرسایش پذیری و نیز میزان تولید رسوب ویژه پائین است عمدتاً تشکیلات مقاوم به فرسایش از قبیل لاوها و توف های بازالتی و آندزیتی وجود دارد که در این رابطه می‌توان به دو زیر حوزه سرشاخه و اوتر اشاره نمود که در آنها به دلیل فراوانی تشکیلات ذکر شده فرسایش پذیری و نیز تولید رسوب ویژه نسبت به سایر زیر حوزه‌ها پایین است.

برای بررسی دقت نقشه فرسایش حاصله از روش EPM قسمتهایی از آن که در برگیرنده واحدهای مختلف می‌باشد با نقشه تراکم آبراهه‌ها و مطالعات زمینی مورد مقایسه قرار گرفت. نتیجه مقایسه نشان داد که در میان کلاسهای مختلف فرسایش حدود

جدول ۷ - طبقه بندی شدت فرسایش

طبقه بندی فرسایش	شدت فرسایش	مقادیر حد	مقادیر متوسط Z
I	خیلی شدید	Z > ۱	۱/۲۵
II	شدید	۱ > Z > ۰/۷۱	۰/۸۵
III	متوسط	۰/۷ > Z > ۰/۴۱	۰/۵۵
IV	کم	۰/۴ > Z > ۰/۲	۰/۳
V	خیلی کم	۰/۱۹ > Z	۰/۱

جدول ۸ - ارزیابی و طبقه بندی وضعیت فرسایش پذیری حوزه الموت رود و ریز حوزه های آن

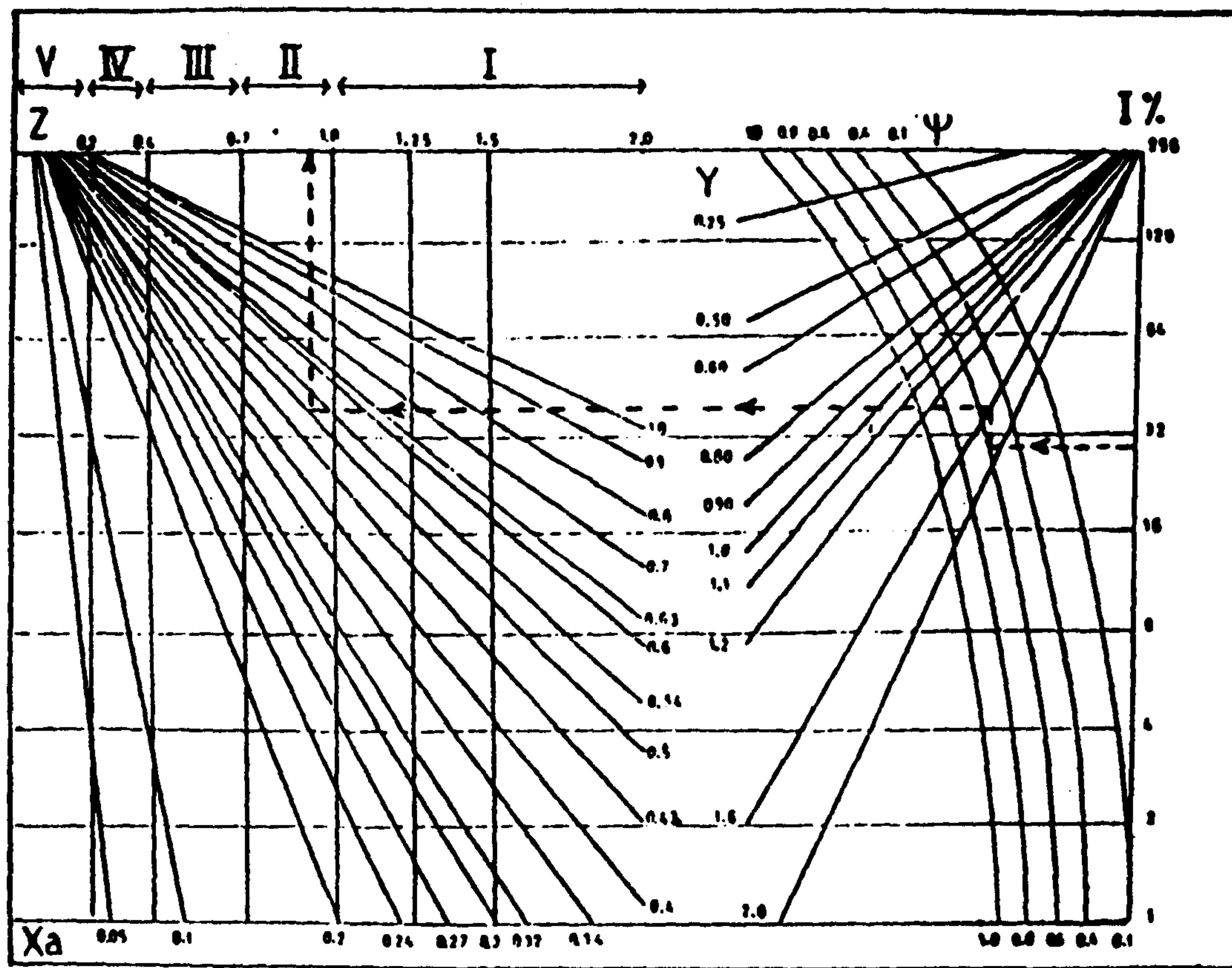
نام زیرحوزه	فرسایش درجه I		فرسایش درجه II		فرسایش درجه III		فرسایش درجه IV		فرسایش درجه V	
	مساحت به km2	درصد	مساحت به km2	درصد	مساحت به km2	درصد	مساحت به km2	درصد	مساحت به km2	درصد
سرشاخه (دینه رود)	—	—	۱/۰۹	۰/۰۳	۵/۰۲	۹/۳۶	۳۳/۱۸	۶۱/۷۷	۱۴/۴۲	۲۶/۸۴
اواتر	—	—	۱/۲۵	۳/۵۳	۹/۲۶	۲۴/۱۹	۱۳/۴۳	۳۵/۰۸	۱۴/۲۴	۳۷/۲۰
پیچ بن	۲/۲۴	۸/۰۹	۳/۳۷	۱۲/۱۷	۵/۷۵	۲۰/۷۶	۳/۷۹	۱۳/۶۸	۱۲/۵۵	۴۵/۳
امامزاده	۶/۱۲	۲۰/۰۱	۲/۶۴	۸/۶۴	۵/۸۵	۱۹/۱۴	۱۳/۸۷	۴۵/۳۷	۲/۰۹	۶/۸۴
گرمارود	۱/۱۷	۴/۳۴	۴/۷۹	۱۷/۷۴	۲/۳۲	۸/۵۹	۹/۵۸	۳۵/۴۸	۹/۱۴	۲۳/۸۵
ویکان	۷/۲۹	۲۵/۰۲	۴/۰۵	۱۳/۹۰	۱۴/۱۶	۴۸/۵۹	۱/۴۸	۵/۰۸	۲/۱۶	۷/۴۱
وناش	۰/۲۹	۰/۷۳	—	—	۱۲/۸۹	۳۲/۴۷	۸/۲۱	۲۰/۶۸	۱۸/۳۱	۴۶/۱۲
سفیددر	۵/۴۲	۲۴/۵۱	۶/۸۵	۳۰/۹۸	۷/۵۶	۳۴/۲۰	۲/۲۸	۱۰/۳۱	—	—
اتان رود	۱/۴۳	۲/۱۸	۵/۱۲	۷/۸۲	۳۱/۸۹	۴۸/۶۹	۲۱/۶۵	۲۳/۰۵	۵/۴۱	۸/۲۶
آوه	۲/۳۶	۶/۷۷	۲/۹۵	۸/۴۶	۱۴/۸۰	۴۲/۴۶	۶/۷۹	۱۹/۴۸	۷/۹۶	۲۲/۸۳
دهک	۰/۵۵	۱/۰۶	۶/۶۴	۱۲/۷۶	۱۴/۹۴	۲۸/۷۲	۶/۶۴	۱۲/۷۶	۲۳/۲۵	۴۴/۷۰
گازرخان	۱۰/۷۰	۲۰/۳۵	۸/۳۵	۱۵/۸۸	۱۶/۰۵	۳۰/۵۲	۱۳/۳۰	۲۵/۳۰	۴/۱۷	۷/۹۴
آفتابدر	۱/۱۵	۴/۲۴	۷/۳۶	۲۷/۱۷	۱۱/۱۰	۴۰/۹۶	۱/۲۹	۴/۷۶	۶/۲۰	۲۲/۸۸
تازه	۱/۶۹	۱/۴۲	۷/۹۰	۶/۶۳	۶۷/۵۲	۵۶/۶۸	۴۲/۰۱	۳۵/۲۷	—	—
باغ کلابه	۱/۲۷	۵/۳۵	۱/۳۲	۵/۵۶	۰/۸۲	۳/۴۵	۳/۳۲	۱۳/۹۸	۱۷/۰۲	۷۱/۶۶
مقابل باغ کلابه	۲/۲۹	۱۶/۳۶	۴	۲۸/۵۷	۴/۷۱	۳۳/۶۴	۳	۲۱/۴۳	—	—
باغدشت	۸/۱۳	۱۸/۳۰	۱۶/۲۴	۳۶/۵۸	۱۶/۲۴	۵۸/۵۸	۳/۷۹	۸/۵۴	—	—
سلیمان آباد	۰/۵۵	۲/۳۴	۱۳/۱۶	۵۶	۸/۱۴	۳۴/۶۴	—	—	۱/۶۵	۷/۰۲
الموت رود	۵۲/۶۵	۷/۲۶	۹۷/۱۸	۱۳/۴۰	۲۴۹/۰۳	۲۴/۳۵	۱۸۷/۶۱	۲۵/۸۸	۱۳۸/۵۷	۱۹/۱۱

جدول ۹ - نحوه بدست آوردن رسوب ویژه در زیر حوزه های آبخیز الموت رود

شماره زیر حوزه	نام زیر حوزه	ارتفاع متوسط حوزه (متر)	ارتفاع متوسط بارندگی حوزه (میلیمتر)	متوسط درجه حرارت سالیانه (درجه سانتی گراد)	ضریب درجه حرارت	ضریب شدت فرسایش حوزه	WSP	
							مترمربع درسال	مترمربع درکیلومتر مربع درسال
۱	سرشاخه (دینه رود)	۳۱۴۹	۸۱۴	-۲/۴	—	—	—	—
۲	اواتر	۲۸۸۹/۵	۷۵۲/۴	-۰/۴	۰/۲۴۶	۰/۲۹	۹۱	۱۱۸
۳	پیچ بن	۲۷۰۹/۳	۷۰۹/۷	۱	۰/۴۴۸	۰/۳۳	۱۸۹	۲۴۶
۴	امامزاده	۲۶۹۴/۵	۷۰۶/۲	۱/۱۲	۰/۴۶	۰/۵۳	۳۹۴	۵۱۲
۵	گرمارود	۲۶۸۸/۷	۷۰۵	۱/۱۶	۰/۴۶۵	۰/۳۹	۲۵۱	۳۲۶
۶	ویکان	۲۴۰۵/۵	۶۳۷/۷	۳/۳۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۷۰۹	۹۲۲
۷	وناش	۲۳۸۳/۳	۶۳۲/۴	۳/۵۳	۰/۶۷	۰/۳۳	۲۵۲	۳۲۸
۸	سفید در	۱۹۵۹/۳	۵۳۲	۶/۸۲	۰/۸۸	۰/۷۶	۹۷۴	۱۲۶۶
۹	اتان رود	۲۵۹۱/۸	۶۸۱/۹	۱/۹۱	۰/۵۴	۰/۴۵	۳۴۹	۴۵۴
۱۰	آوه	۲۵۷۵/۱	۶۷۸	۲/۰۴	۰/۵۵	۰/۴۵	۳۵۴	۴۶۰
۱۱	دهک	۲۴۳۷/۵	۶۴۵/۳	۳/۱۱	۰/۶۴	۰/۳۷	۲۹۲	۳۸۰
۱۲	گازرخان	۱۸۵۲/۳	۵۰۶/۶	۷/۶۴	۰/۹۳	۰/۶۰	۶۸۸	۸۹۴
۱۳	آفتابدر	۱۹۹۹/۱	۵۴۱/۴	۶/۵۱	۰/۸۷	۰/۵۲	۵۵۵	۷۲۱
۱۴	تاره	۲۵۳۴/۶	۶۶۸/۳	۲/۳۶	۰/۵۸	۰/۴۷	۳۹۲	۵۱۰
۱۵	باغ کلابه	۱۶۰۰	۴۴۶/۸	۹/۶	۱/۰۳	۰/۲۴	۱۷۰	۲۲۱
۱۶	مقابل باغ کلابه	۱۵۳۷	۴۲۹/۵	۱۰/۱۷	۱/۰۶	۰/۶۷	۷۸۴	۱۰۱۹
۱۷	باغدشت	۱۷۸۹/۵	۴۹۱/۷	۸/۱۳	۰/۹۶	۰/۷۳	۹۲۵	۱۲۰۲
۱۸	سلیمان آباد	۱۴۳۷/۳	۴۰۸/۲	۱۰/۸۶	۱/۰۹	۰/۶۷	۷۶۷	۹۹۷
۱۹	الموت رود	۲۳۸۶/۷	۶۳۳/۲	۳/۵	۰/۶۷	۰/۴۷	۴۳۰	۵۵۹

آمار کارآیی زیادی را از خود نشان داده است. البته دقت EPM کمتر از PSIAC است زیرا روش PSIAC بیشترین پارامترهای موثر در فرسایش و تولید رسوب را مد نظر قرار داده و شرایط هیدرولوژیکی و اداکیکی را به طور کامل بررسی می کند. باقرزاده کریمی (۱) در مطالعه خود در مورد بررسی کارآیی مدل های برآورد فرسایش و رسوب دریافته است که روش PSIAC بیشترین مطابقت را با مشاهدات صحرائی نشان می دهد. از این نظر روش EPM در رده دوم قرار دارد.

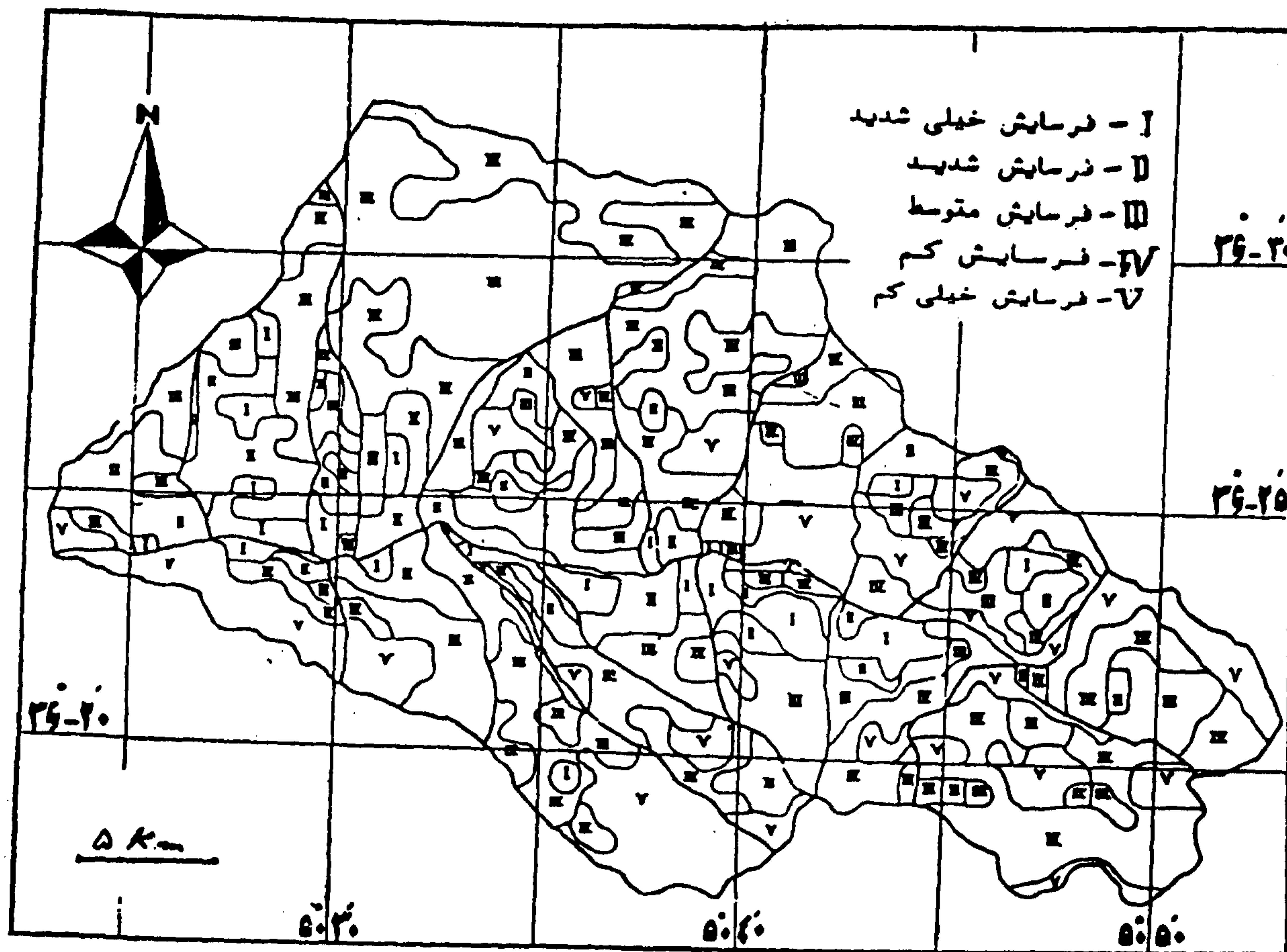
دره یکی از زیرحوزه های مهم حوزه رودخانه قزل اوزن از روش های داگلاس، فورنیه، کرک بای، EPM و PSIAC استفاده نموده و به این نتیجه رسیده است که بین روش های مذکور به ترتیب روش های PSIAC، EPM و فورنیه مناسب برای تخمین فرسایش و رسوب در حوزه سفید رود می باشد. او همچنین اظهار می دارد که روش EPM به واسطه اینکه فاکتورهای اساسی در فرسایش را مد نظر قرار داده و تهیه اطلاعات مورد نیاز آن با مطالعه صحرائی به راحتی امکان پذیر می باشد روش مناسبی به حساب می آید و در حوزه های بدون



شکل ۴ - جهت تعیین ضریب شدت فرسایش

نحوه استفاده از شکل ۴ برای تعیین کلاس فرسایش به وسیله خط چین نشان داده شده است. به عنوان مثال برای $I=30\%$, $\psi=0.6$,

$Y=1.6$ و $Xa=0.5$ مقدار Z برابر 0.92 می باشد که مربوط به کلاس II است.



شکل ۵ - نقشه شدت فرسایش پذیری حوزه آبخیز الموت رود

برای بررسی کارآئی روش EPM در تخمین رسوب، میزان رسوب حاصل از این روش با میزان رسوب حاصل از مطالعات حاج بیگلو (۳) که بر اساس اندازه‌گیری رسوب ایستگاهها می‌باشد مقایسه شد و نتایج مقایسه نشان داد که استفاده از روش EPM برای تخمین فرسایش و رسوب قابل قبول است. حاج بیگلو حوزه سفیدرود را به ۱۸ زیر حوزه تقسیم نمود و در ۷ حوزه از آن (حوزه‌های زنجارود ایستگاه سرچم، آید و غموش ایستگاه میانه قرقوچای ایستگاه میانه، سوژاس ایستگاه ینگگی کند، تلوار رود ایستگاه سلامت آباد، شاری چای ایستگاه میانه و شاهرود ایستگاه گلینک) که پراکندگی آنها در سطح کل حوزه مناسب بود و حدود ۴۰ درصد سطح کل حوزه را شامل می‌شد انتخاب و مقدار رسوب را بررسی کرد. میزان رسوب مشاهده شده در این ایستگاه‌ها بین ۵۸ تن در کیلومتر مربع در سال تا ۶۲۸/۸ تن در کیلومتر مربع در سال تغییر می‌کند که حداقل آن مربوط به حوزه زنجارود در ایستگاه سرچم و حداکثر آن مربوط به حوزه آید غموش در ایستگاه میانه می‌باشد. بین ۷ حوزه مذکور خصوصیات حوزه شاهرود تا اندازه‌ای مشابه خصوصیات حوزه الموت رود است و میزان بارندگی آنها نیز نزدیک به هم است (۵۳۷ میلیمتر در سال در حوزه شاهرود و ۶۳۳ میلیمتر در سال در حوزه الموت رود). میزان رسوب حاصل از این مطالعه نزدیک به میزان رسوب مشاهده شده در حوزه شاهرود می‌باشد (۵۹۹ تن در کیلومتر مربع در سال در منطقه مورد مطالعه و ۵۹۶ تن در کیلومتر مربع در سال در حوزه شاهرود). از آنجائیکه مطالعه فرسایش با روش EPM به بررسی فاکتورهای کمی احتیاج دارد و در نتیجه می‌توان نقشه فرسایش خاک مناطق وسیعی را با دقت قابل قبول و در زمان کوتاه تهیه نمود و بعلاوه از آنجائیکه این روش در مناطقی که فاقد آمار هواشناسی

رسوب دهی و هیدرومتری می‌باشد به سهولت قابل اجرا است بنابراین، این روش در تهیه نقشه فرسایش‌پذیری حوزه‌های آبخیز کاربرد دارد. اما باید در نظر داشت که گاهی استفاده از این روش باعث بروز اشکالاتی می‌شود که لازم است جهت کاربرد صحیح این روش محدودیت‌هایی را بر روی آن اعمال کرد. در اینجا به دو اشکال عمده که در این تحقیق به آن برخورد نمودیم اشاره می‌شود.

۱- در قسمت تعیین مقادیر ضریب حساسیت خاکها و سنگها به فرسایش، به دلیل این که شرایط و مراحل پیشرفت هوازدگی در نقاط مختلف یکسان نمی‌باشد و جدول ارائه شده در این رابطه برای منطقه یوگسلاوی و نقاط مشابه تهیه گردیده، لذا ممکن است در مناطق دیگر مشکلاتی را به وجود آورد. بنابر این لازم است برای انجام مطالعات توسط این روش وضعیت حساسیت سنگها و خاکهای منطقه به فرسایش را مورد ارزیابی قرار داد و چنانچه با جدول ارائه شده توسط روش EPM مغایرتی دارد اصلاحات لازم را به عمل آورد.

۲- در حوزه‌هایی که متوسط درجه حرارت سالیانه آنها کمتر از ۱- درجه سانتیگراد است این روش قادر نیست که وضعیت رسوب آنها را مورد ارزیابی و بررسی قرار دهد زیرا که در فرمول $T = (\frac{1}{10} + 0.1)^{0.5}$ داخل پرانتز منفی می‌شود.

می‌توان نتیجه کلی را به این صورت بیان نمود که استفاده از روش EPM می‌تواند در مطالعات اجمالی فرسایش خاک موفقیت آمیز باشد، بنابراین بهتر است در فازهای اولیه مطالعات مثل توجیهی و شناسایی به کار رود. استفاده از آن برای مطالعات تفصیلی توصیه نمی‌شود.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- ۱- باقرزاده کریمی، م. ۱۳۷۲. بررسی کارآئی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیکهای سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- جلالیان، ا. ۱۳۷۱. مطالعات کیفی و کمی فرسایش خاک در حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون. سومین کنگره علوم خاک ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی.

- ۳- حاجی بیگلو ، م . ۱۳۷۰. برآورد رسوب از طریق فرمولهای تجربی در حوزه آبخیز سفید رود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران .
- ۴- صادقی ، ح . ۱۳۷۲ . مقایسه چند روش برآورد فرسایش و رسوب در حوزه اوزن دره . مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاستها و روشهای بهره برداری بهینه از اراضی .
- 5- Chow, V.T.1964.Hand book of applied hydrology. Mac Graw Hill Book Co New York. section 4-II P4-73.
- 6- Gavrilovic, Z.1988. The use of an empirical method (Erosion potential Method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams . International conference on River Regime. 18-20 May, 1988. Published by John Wiley and Sons. paper 12. p 411-422.
- 7- Geological survey of Iran. 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangles Map 1:250000 by ministry of industry and mines.
- 8- Linsley, R.etal. 1982. Hydrology for engineers. Mac Graw Hill Book CO. New York . P.297-306.
- 9-Shaw, E.1983. Hydrology in practice .Van Nostrand Reinhold, London.
- 10- Wilson, E. 1984. Engineering hydrology. Mac Millan Co.London. P.84-90.

Application of EPM method in studying rate of erodibility and Sedimentation in Alamut-rud watershed**H.RAFAHI and M.R. NEMETI**

Professor Department of soil science, University of Tehrna, Karaj, Iran, and Assistant Jahad sazanedgi Gazvin, Iran.

Received for publication, 23, Jun. 1993.

SUMMARY

In this study one of the main branch of sephid-rud which is called Alamut-rud watershed , with the area of 72500 hec, and 18 subwatershed was chosen. All of the physical parameters in this watershed and in each subwatershed were measured separately.

EPM method was used for estimating the rate of erosion, in this method four parameters were found , respectively: erodibility Coefficient (ψ), land use Coefficient (Xa), coefficient of sensivity of rocks and soils to erodibility (Y) and average slope of watershed (I).the equation $Z=Y.xa(\psi + I^{0.5})$ was used for determining intensity of erosion. Then map of the erodibility was prepared . In this map , Alamut-rud watershed according to erodibility was divided to 5 classes. with using the amount of Z and equation of $WSP = T.H.\pi Z^{1.5}$ annual average of sedimentation in each subwatershed was calculated .

The amount of sedimentation which was measured by EPM method was compared with amount of sedimentation in hydrometric stations ,it showed that, using the results of EPM method for estimating rate of erosion and sedimentation is accepted .

Comparing results of EPM method with PSIAC method which was done by others in some parts of sephid-rud watershed showed that accuracy of EPM method is less than PSIAC method.

At last, this study showed, EPM method can be used in primary and identifying studying about soil erosion , and isn't suitable for detail studying.