

بررسی و مقایسه میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل **EPM** و روش ژئومرفولوژی در حوزه آبخیز

کسیلیان

لیلا ضیاآبادی^۱ دکتر حسن احمدی^۲ شعبانعلی غلامی^۳

چکیده

در انجام کارهای حفاظت خاک، آبخیزداری، محیط زیست، سد سازی و منابع طبیعی برآورد رسوبدهی حوزه های آبخیز از اهمیت بسیاری برخوردار است. استفاده از مدل های تجربی یکی از راه های برآورد فرسایش و رسوب است.

این تحقیق در حوزه آبخیز کسیلیان با استفاده از دو مدل ژئومرفولوژی و مدل **EPM** در محیط نرم افزار **Arc View GIS** به برآورد فرسایش و رسوب می پردازد.

در مدل ژئومرفولوژی چهار عامل موثر فرسایش در منطقه شامل کاربری اراضی، شیب، سنگشناسی، رخساره های فرسایشی و به کار برده شده و لایه های اطلاعاتی هر کدام در منطقه مطالعه ایجاد شده از تلفیق آنها نقشه واحدهای کاری (همگن) بدست آمده سپس عوامل موثر در مدل **EPM** در هر یک از واحدهای کاری برآورد گردیده، در نهایت میزان رسوب در هر یک از آنها برآورد گردید.

مدل **EPM** نیز چهار عامل: شیب، سنگ شناسی، کاربری اراضی و وضعیت فرسایشی را در هر واحد هیدرولوژی به کار گرفته با استفاده از میانگین سالانه دما و بارندگی نیز نسبت رسوبدهی، میزان رسوب را در هر واحد برآورد می کند. با استفاده از آمار رسوب در خروجی حوزه نسبت به تکمیل و تطویل آن اقدام شد

. نیز پس از محاسبات و مقایسه نتایج نهایی با آمار رسوب (۱۲۴۳ تن در سال) حاصله معلوم گردید مدل ژئومرفولوژی میزان رسوب را ۳/۶ درصد کمتر (۱۱۹۷ تن در سال) و مدل **EPM** به دلیل بالا منظور نمودن پتانسیل حمل در واحدهای هیدرولوژی و تأکید بر عامل شیب، نیز برآورد پتانسیل فرسایش پذیری، میزان رسوب را ۴/۸ برابر مقدار رسوب مشاهده شده (۵۳۲۲ تن در سال) برآورد نموده است.

واژگان کلیدی: کسیلیان، مدل **EPM**، روش ژئومرفولوژی، نرم افزار **Arc View GIS**.

۱- مقدمه

بواسطه فقدان ایستگاههای اندازه گیری رسوب در بعضی حوزه های آبخیز، برای پیشبینی و ارزیابی توان فرسایشی در برنامه های آبخیزداری و اولویت بندی در کارهای حفاظت خاک لازم است از مدل ها و روش های کمی و کیفی برآورد فرسایش و رسوب مدد گیریم.

با استفاده از مدل های فرسایشی قادریم نقاط فرسایش پذیر و رسوبزا را در حوزه شناسایی کرده آنها را در اولویت مبارزه با فرسایش و حفاظت خاک قرار دهیم و اقدام به مهار و کنترل رسوب در مکانهای رسوبزا نمود. اما مسأله مهم در واقع واسنجی و تعیین حدود اعتماد مدلهاست که بایستی به دقت انجام پذیرد.

در تحقیق حاضر ما روش ژئومرفولوژیکی (کیفی) و مدل **EPM** (کمی و کیفی) را در برآورد و تخمین رسوب به کار می بریم. پس از بکارگیری روشهای ذکر شده آنها را برای منطقه مورد نظر واسنجی نموده حدود اعتماد آنها تعیین می شود و در نهایت روش مناسب تر

^۱ دانشجوی دکتری آبخیزداری

^۲ استاد دانشگاه تهران

^۳ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

مشخص خواهد شد. مزیت این عمل بکارگیری روش مناسب در شرایط مشابه منطقه واسنجی شده برای حوضه های فاقد آمار رسوب است.

در سال ۱۹۵۲ برای بررسی شدت فرسایش خاک در کشور یوگسلاوی سابق روشی توسط مؤسسه یاروسلاو سرنی مورد استفاده قرار گرفت که با عنوان **Method of quantitative classification of erosion (MQCE)** (روش طبقه بندی کمی فرسایش) شناخته شد. این طبقه بندی بعدها تکامل یافته پس از ۴۰ سال تحقیق در سال ۱۹۸۸ توسط گاوریلوویچ و در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه ارائه شد، که دی ونت در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی تحت عنوان کاربرد روشهای نیمه کیفی شدت رسوبزایی مخازن، برای بررسی تنوع مکانی با رسوب در مناطق مدیترانه ای دریافتند که مدل **EPM** کاربرد بیشتری در نواحی مختلف اقلیمی داشتند و نیازی به کالیبره نمودن مدل نیست. چنانچه نجفی نژاد (۱۳۷۳) مدل تجربی **EPM** را در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز سد لیتان واسنجی و مورد بررسی قرار داده است و نتیجه گرفته است که مدل **EPM** در برآورد میانگین سالانه رسوب تولیدی حوزه سد لیتان قابل اعتماد است.

ملکی (۱۳۸۲) در پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان بررسی فرسایش آبی استفاده از دو روش ژئومورفولوژی و **EPM** در حوزه آبخیز طالقان رود بیان داشته که به کارگیری روش کیفی ژئومورفولوژی به همراه مدل **EPM** در برآورد شدت فرسایش و مقدار رسوب نتایج بهتری از استفاده مدل **EPM** به تنهایی به دست می دهد.

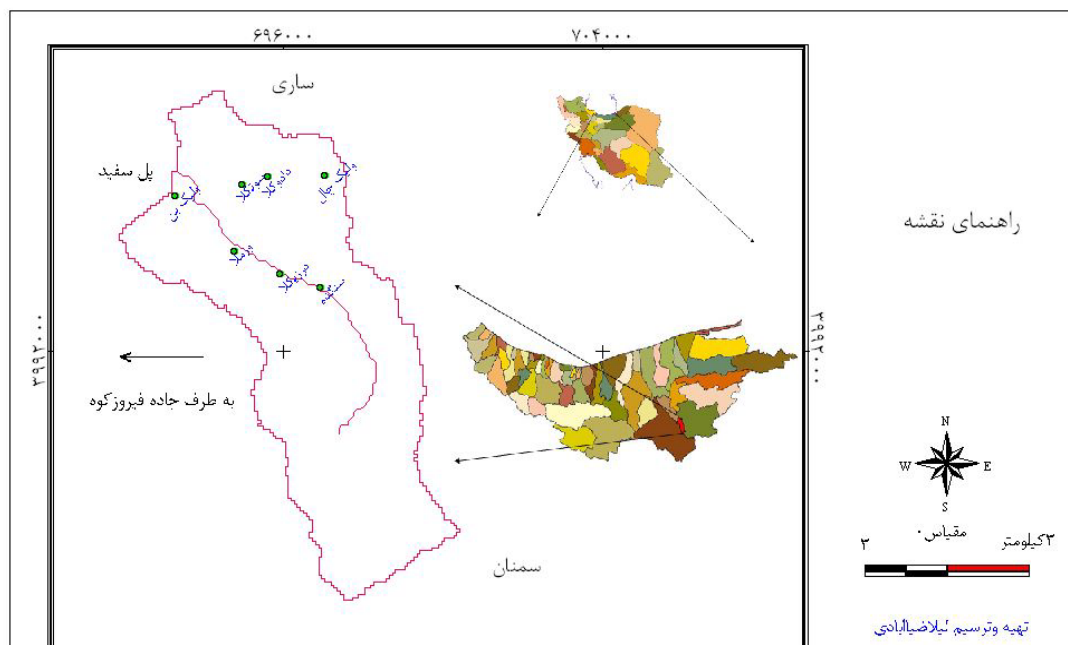
خالقی نیز (۱۳۸۴) در تحقیقی با عنوان بررسی کارایی مدل های تجربی **EPM** و فورنیه در برآورد فرسایش و رسوب در زارم رود تجن این مدل را به کار گرفته است و نتایج بهتر مدل **EPM** را خاطر نشان کرده است.

هدف از تحقیق حاضر تهیه نقشه فرسایش با استفاده از دو روش ژئومورفولوژی و مدل **EPM**، تعیین شدت فرسایش و در نهایت برآورد میزان فرسایش و رسوب به دو روش ذکر شده است. این دو روش پس از برآورد با آمار مشاهده شده مقایسه شده، واسنجی خواهند شد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ منطقه مطالعه

حوزه آبخیز کسلیان بخش کوچکی از قسمتهای کوهستانی و جنگلی شمال البرز محسوب می گردد و روستای سنگده که تقریباً در مرکز جغرافیایی حوزه کسلیان واقع شده که بین عرضهای جغرافیایی ۳۰' و ۵۸' و ۳۵° تا ۰۰' و ۰۷' و ۳۶° و طولهای جغرافیایی ۳۰' و ۱۰' و ۵۳° تا ۰۰' و ۱۸' و ۵۳° شرقی واقع شده است. این حوزه بین طولهای جغرافیایی ۱۸' و ۵۳° تا ۳۰' و ۵۴° و عرضهای جغرافیایی ۳۰' و ۵۸' و ۳۵° تا ۰۷' و ۳۶° قرار دارد. (شکل ۱)



پس از جمع آوری مواد مورد نیاز تحقیق به صورت زیر انجام پذیرفت :

الف) بازدیدهای مکرر میدانی و در نظر گرفتن نقاط شاهد متعدد .

ب) مشخص نمودن محدوده منطقه مطالعه با استفاده از بازدیدها، نقشه ها(نقشه های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ سال ۱۳۸۳، چاپ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰۰ سال ۱۳۷۹، چاپ سازمان زمین شناسی)، عکس های هوایی با مقیاس ۱/۵۵۰۰۰ سال ۱۳۵۵، چاپ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، تصاویر ماهواره ای لندست ۷، (ETM+) سال ۱۳۸۲ ، نقشه مناطق جنگلکاری، سری های ۱، ۲، ۳ منطقه سنگده سال ۱۳۷۹ ، اداره کل منابع طبیعی استان مازندران و برای اطمینان بیشتر تطبیق با مرز مشخص شده توسط نرم افزار Geo HMS و انجام مطالعات فیزیوگرافی .

ج) مطالعات آب و هوایی و اقلیم شناسی همراه با تهیه نقشه های همدم، همباران، نیز تعیین اقلیم حاکم بر منطقه .

د) مطالعات هیدرولوژی، آبهای سطحی و زیرزمینی، رژیم برف و

ه) مطالعات زمین شناسی با استفاده از نقشه های موجود زمین شناسی و بازدیدهای مکرر میدانی همچنین تهیه نقشه سنگشناسی منطقه مطالعه .

و) مطالعات ژئومورفولوژی با انجام عملیاتهای مکرر میدانی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه مطالعه.

ز) تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مناطق جنگلکاری شده و نقشه توپوگرافی .

ح) مطالعات خاکشناسی و تهیه نقشه واحدهای خاکشناسی منطقه مطالعه .

ط) مطالعات پوشش گیاهی و تهیه نقشه مربوطه .

ی) تهیه نقشه واحدهای کاری با استفاده از نقشه های کاربری اراضی، سنگشناسی ، شیب و رخساره های فرسایشی منطقه مطالعه .

ک) برآورد میزان فرسایش و رسوب به روش EPM و ژئومورفولوژی.

نتایج

در تحقیق حاضر ابتدا نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، و تصاویر ماهواره ای منطقه مورد نظر تهیه شد. پس از تعیین حدود منطقه، مطالعات تکمیلی نظیر، سنگ شناسی، هواشناسی، هیدرولوژی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی انجام گرفت، سپس مراحل بعدی شامل مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری اطلاعات و آمارمربوطه، بازدیدهای مکرر میدانی، تجزیه و تحلیل اطلاعات و نتایج حاصله از آنها صورت پذیرفتند-تجزیه و تحلیل های مربوطه توسط نرم افزارهای GIS انجام گرفتند.

در مرحله بعد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل EPM و روش ژئومورفولوژی بررسی شد و نقشه فرسایش به دو روش مذکور به دست آمد.

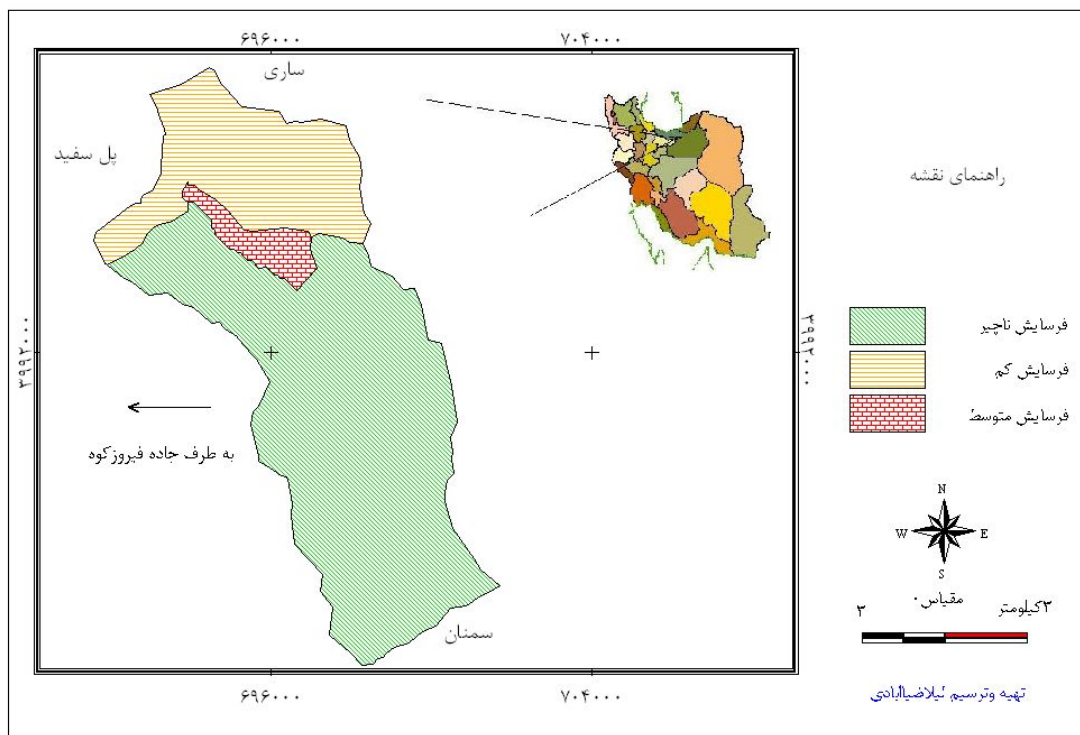
با استفاده از آمار موجود ایستگاه رسوب سنجی منطقه مورد مطالعه مقدار رسوب متوسط سالیانه بدست آمده و با نتایج حاصل از مدل مذکور مقایسه شدند.

جهت عمومی این حوزه، رو به شمال بوده و بیشترین طبقه ارتفاعی، به طبقه ۱۴۰۰-۱۲۰۰ متر اختصاص دارد.

در حوزه مزبور پس از قطع دادن نقشه های رقومی کاربری اراضی، شیب، سنگ شناسی و رخساره های فرسایشی ۲۸ واحد کاری بدست آمد.

این حوزه دارای میانگین بارش سالانه ۸۰۹ میلیمتر بوده و متوسط دمایی آن هم ۹/۶ درجه سانتیگراد است. رژیم رودخانه اصلی حوضه بارانی- برفی است. سازندهای زمین شناسی غالب، سازند شمشک (سیلتستون) و پس از آن سازند - های دوره کواترنر (سازند گچ دار و مارن قرمز، لایه های واریزه ای سارماسین) می باشند، نیز بیشترین کاربری اراضی، کاربری جنگلی است. از نظر خاک شناسی بیشترین طبقه خاک به قهوه ای جنگلی با PH اسیدی و زردپدوزولیک اختصاص دارد. بیشترین مساحت منطقه مطالعه به رخساره های دامنه منظم و فرسایش سطحی و شیاری ناچیز اختصاص دارد. پوشش گیاهی غالب منطقه مطالعه هم راش می باشد.

در تحقیق حاضر پس از بررسیهای میدانی و تهیه لایه های اطلاعاتی لازم در محیط Arc View GIS (کاربری اراضی، سنگ شناسی، شیب و رخساره های ژئومورفولوژی) و قطع دادن آنها با یکدیگر، شدت فرسایش در هر واحد ژئومورفولوژی (روش ژئومورفولوژی) و هر واحد هیدرولوژی (مدل EPM) بدست آمده که متعاقب آن نقشه شدت فرسایش تهیه شد. در انتها نیز با استفاده از ضرائب مربوطه فرسایش در هر واحد کاری و هر واحد ژئومورفولوژی، رسوب ویژه و رسوب کل بدست آمد.



شکل-۳ شدت فرسایش در مدل EPM

با توجه به نقشه سنگ شناسی، سازند غالب منطقه شمشک (سیلتستون) بوده و بخشهایی از آن هم متعلق به سازندهای گچ دار و مارن قرمز کواترنر است که این دو به فرسایش حساس بوده و مناطق تحت اثر این سازند دارای شدت فرسایش بیشتری هستند. این بخشهای حساس در شمال و نزدیکی خروجی آن تمرکز یافته اند. تغییر کاربری از جنگل به مرتع و از جنگل به زمین های زراعی بر نوع و شدت فرسایش بسیار تأثیر گذار بوده است. به نحوی که هر جا تغییر کاربری صورت گرفته شاهد شدت فرسایش بیشتر و نوع تکامل یافته تری از فرسایش هستیم.

(شدیدترین آن رخساره فرسایشی سطحی و شیاری ضعیف است.) در دیگر مناطقی که سازندهای حساس وجود دارند به دلیل وجود پوشش گیاهی متراکم شاهد فرسایش ناچیزی هستیم.

در قسمتهای جنوبی حوزه (سازند سارماسین کواترنر) هر جا که پوشش گیاهی به دلیل سرمای شدید - یا تخریب جنگل به وسیله دام - استقرار نیافته اند شاهد وجود آبراهه های برفی هستیم.

در مجموع در منطقه ای مطالعه آثار فرسایشی دارای انواع زیر است؛

الف- فرسایش سطحی ناچیز ب- فرسایش سطحی کم ج- فرسایش سطحی و شیاری ضعیف د- آبراهه برفی

ه- توده سنگی .

از نظر پوشش گیاهی نیز این منطقه نسبتاً غنی است. انواعی از جنگلهای تجاری و مرغوب با تراکم متوسط ۷۵٪ را شاهد هستیم .

نتیجه گیری

از جمع بندی عوامل مذکور چنین به نظر میرسد عوامل فرسایشی به ترتیب زیرتأثیر گذار بوده اند؛

الف- کاربری اراضی ب- سنگشناسی ج- شیب

چنانچه بیان شد هر کجا تغییر کاربری صورت گرفته است دیگر عوامل فرسایشی با قدرت بیشتری عمل کرده و فرسایش پیشرفته تری وجود دارد. عامل سنگشناسی و شیب پس از عامل ذکر شده به ترتیب فرسایش را تشدید نموده اند. در حوزه مزبور پس از قطع دادن نقشه های رقومی کاربری اراضی، شیب، سنگ شناسی و رخساره های فرسایشی ۲۸ واحد کاری بدست آمد.

پس از به کارگیری مدل EPM در ۱۱ واحد هیدرولوژی حوزه آبخیز مزبور، مشخص گردید که بیشترین میزان فرسایش مربوط به زیر حوضه شماره ۳ بوده است. که مؤلفه های مؤثر در فرسایش آن به شرح زیر می باشد؛

$$0.4: Xa \quad 1/6: Y \quad 0.51: I \quad \varphi: 0.345 \quad Z: 0.418$$

که در میان آنها عامل سنگشناسی مؤثرترین عامل در افزایش میزان فرسایش بوده است.

کمترین میزان فرسایش نیز به حوضه شماره ۹ اختصاص دارد، که شدت فرسایش آن $Z: 0.065$ است.

از نظر شدت فرسایش زیر حوضه ها به صورت زیر طبقه بندی خواهند شد؛

زیر حوضه های با شدت فرسایش متوسط : زیر حوضه شماره ۳

زیر حوضه های با شدت فرسایش کم: زیر حوضه های شماره ۱، ۲، ۱۰ و ۱۱ .

زیر حوضه های با شدت فرسایش ناچیز: زیر حوضه های شماره ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹.

جدول ۱- شدت فرسایش و میزان رسوب در واحدهای هیدرولوژی

	H	t	T	M	Z	WSP	Ru	GSP	GS
۱	۱۳۴۴	۱۰/۷	۱/۰۸	۶۹۵	۰/۳۲۲	۴۳۰/۶	۰/۴۷	۲۰۲/۳	۱۰۷۲/۲
۲	۱۳۴۹	۱۰/۷	۱/۰۸	۶۹۷	۰/۳۱۶	۴۱۹/۸۷	۰/۴۶	۱۹۳/۱	۱۷۷۶/۵
۳	۱۲۶۷	۱۱/۱	۱/۱	۶۶۱	۰/۴۱۸	۶۱۷	۰/۲۲	۱۳۵/۷	۴۰۷/۱
۴	۱۴۵۹	۱۰/۲۶	۱/۰۶	۴۴۷/۷	۰/۱۶۹	۱۰۳/۵	۰/۴۶	۴۷/۶	۴۱۸/۸
۵	۲۰۶۳	۷/۰۳	۰/۹۱	۹۹۷	۰/۱۱۷	۱۱۴	۰/۶۹	۷۸/۶	۳۷۸/۸
۶	۲۱۸۶	۶/۴	۰/۸۶	۱۰۴۶	۰/۱۵۷	۱۷۵/۷	۰/۷۵	۱۳۱/۷	۱۰۱۴
۷	۱۹۴۲	۷/۶	۰/۹۲	۹۴۷	۰/۰۷۸	۵۹/۶	۰/۶۱	۳۶/۳	۲۷۲
۸	۱۵۱۸	۹/۸	۱/۰۳	۷۷۰	۰/۰۹۵	۷۲/۹	۰/۴۱	۲۹/۸	۱۵۷/۹
۹	۱۵۶۸	۹/۶	۱/۰۲	۷۹۱	۰/۰۶۵	۴۲	۰/۵۴	۲۲/۶	۱۵۳/۶
۱۰	۱۳۸۴	۱۰/۵	۱/۰۷	۷۱۲	۰/۲۲۳	۲۵۱/۹	۰/۴۳	۱۰۸/۳	۷۹۰/۵
۱۱	۱۴۴۰	۷/۳	۱/۰۶	۷۳۶	۰/۲۹۵	۳۹۲/۵	۰/۴۸	۱۸۸/۴	۴۷۱

پس از به کارگیری روش ژئومرفولوژی مشخص گردید که بیشترین شدت فرسایش مربوط به واحد کاری شماره ۱۲ بوده است. مؤلفه

های مؤثر در فرسایش آن به قرار زیر است؛ $Xa: 0/4$ $Y: 1/2$ $\Phi: 0/4$ $I: 0/5$ $Z: 0/5$ که در میان آنها عامل سنگشناسی مؤثرترین عامل در افزایش میزان فرسایش بوده است.

از نظر شدت فرسایش واحدهای کاری به صورت زیر طبقه بندی خواهند شد؛

واحدهای کاری با شدت فرسایش متوسط: ۲، ۸ و ۱۱ و واحدهای کاری با شدت فرسایش کم: ۱۹، ۱۳، ۶، ۷، ۲۰، ۲۴، ۱۰، ۱۴، ۲۶، ۲۵ و ۲۳ می باشند. بیشترین میزان رسوب نیز به واحد کاری شماره ۷ (زیر حوضه شماره ۲) اختصاص دارد.

$Z: 0/34$ $WSP: 473/3$ $Ru: 0/125$ $GSP: 59/1$ G

جدول ۱- شدت فرسایش و میزان رسوب در واحدهای کاری

نام واحد کاری	H	t	T	M	Z	WSP	Ru	GSP	GS
۱	۱۵۱۷	۹/۸	۱/۰۳	۷۶۹/۶	۰/۱۳۶	۱۲۴/۸	۰/۰۸	۹/۹۸	۱
۲	۱۳۲۴	۱۰/۸	۱/۰۸	۶۸۶/۳	۰/۱۵۹	۱۴۷/۵	۰/۰۳۶	۵/۳۱	۴/۲
۳	۲۷۶۹	۳/۴	۰/۶۶	۱۲۶۴/۶	۰/۱۴۹	۱۵۰/۷	۰/۰۴۶	۶/۹	۳/۶
۴	۱۴۷۵	۱۰	۱/۰۴	۷۵۱/۶	۰/۱۲۹	۱۱۳/۶	۰/۰۳۱	۳/۵۱	۵/۷
۵	۲۳۸۴	۵/۴	۰/۸	۱۱۲۶	۰/۲۰۹	۲۷۰/۲۵	۰/۰۳۵	۹/۴	۸
۶	۱۲۸۲	۱۱	۱/۰۹	۶۶۷/۹	۰/۳۸۴	۵۴۸/۲	۰/۰۷۹	۴۳/۳	۸۸/۷
۷	۱۳۸۰	۱۰/۵	۱/۰۷	۷۱۰/۶	۰/۳۴	۴۷۳/۳	۰/۱۲۵	۵۹/۱	۴۹۹/۴
۸	۱۲۸۴	۱۱	۱/۰۹	۶۶۸/۸	۰/۴۶	۷۱۴/۱	۰/۰۶۹	۴۹/۲	۲۳۱/۲
۹	۱۳۹۶	۱۰/۵	۱/۰۷	۷۱۷/۶	۰/۱۲۷	۱۰۹/۱	۰/۰۵۷	۶/۲	۳/۷۵
۱۰	۱۳۸۱	۱۰/۵	۱/۰۷	۷۱۱/۱	۰/۳۰۹	۴۱۰/۳	۰/۰۸۹	۳۶/۵	۳۴/۶
۱۱	۱۲۱۹	۱۱/۴	۱/۱۱	۶۴۰/۲	۰/۴۰۶	۵۷۲	۰/۰۴	۲۲/۸	۱۸/۹
۱۲	۱۲۰۲	۱۱/۵	۱/۱۱	۶۳۲/۶	۰/۵	۷۷۲/۵	۰/۰۶۹	۵۳/۳	۷۴/۶
۱۳	۱۱۲۲	۱۱/۹	۱/۱۳	۵۹۷	۰/۳۸۸	۴۹۸/۳	۰/۰۲	۹/۹	۴/۹
۱۴	۱۳۰۶	۱۰/۹	۱/۰۹	۶۷۸	۰/۳۰۸	۳۹۶/۶	۰/۰۶۷	۲۶/۵	۲۳/۸
۱۵	۱۶۲۸	۹/۳	۱/۰۱	۸۱۶/۸	۰/۰۸۶	۶۵/۳	۰/۲۲	۱۴/۳	۲۶۷/۴
۱۶	۱۶۲۵	۹/۳	۱/۰۱	۸۱۵/۵	۰/۰۷۶	۵۴/۱	۰/۱۷	۹/۱	۹۷/۳
۱۷	۱۶۳۸	۹/۲	۱	۸۲۱	۰/۰۸۴	۶۲/۷	۰/۱۲	۷/۵	۲۹/۲۵
۱۸	۱۷۱۵	۸/۸	۰/۹۸	۸۵۳/۴	۰/۰۷۸	۵۷/۲	۰/۰۵۷	۳/۲۵	۳/۲۵
۱۹	۱۲۴۸	۱۱/۲	۱/۱	۶۵۳	۰/۳۹۶	۵۶۲	۰/۰۵	۲۸/۱	۲۲/۵
۲۰	۱۲۸۶	۱۱	۱/۰۹	۶۶۹/۷	۰/۳۳۵	۴۴۴/۴	۰/۰۳	۱۳/۳	۱۰/۶
۲۱	۱۷۸۳	۸/۵	۰/۹۷	۸۸۱	۰/۰۸۲	۶۳	۰/۰۹	۵/۶۷	۹/۶
۲۲	۱۴۲۵	۱۰/۳	۱/۰۶	۷۳۰/۱	۰/۰۶۷	۴۲/۱	۰/۰۲۶	۱/۰۹	۰/۲۵
۲۳	۲۲۲۸	۶/۱	۰/۸۴	۱۰۶۳/۷	۰/۲۰۸	۲۶۶/۱	۰/۰۴۵	۱۱/۹	۸/۳
۲۴	۲۴۳۱	۵/۱	۰/۸	۱۱۴۴/۸	۰/۳۳۵	۵۵۷	۰/۰۹۹	۵۵/۱	۴۴
۲۵	۲۱۲۴	۶/۷	۰/۸۷	۱۰۲۱/۸	۰/۲۱۳	۲۴۷	۰/۰۶۲	۱۵/۳	۹/۹
۲۶	۲۴۹۳	۴/۸	۰/۷۶	۱۱۶۹/۳	۰/۲۵۹	۳۶۷/۷	۰/۰۸	۲۹/۴	۴۱/۱
۲۷	۲۹۰۱	۲/۶	۰/۶	۱۳۲۸/۵	۰/۱۲۸	۱۱۴/۵	۰/۰۸	۹/۱	۱۰
۲۸	۲۹۵۳	۲/۴	۰/۵۸	۱۳۴۸/۵	۰/۰۶۹	۴۴/۴	۰/۰۹	۳/۹	۱/۲

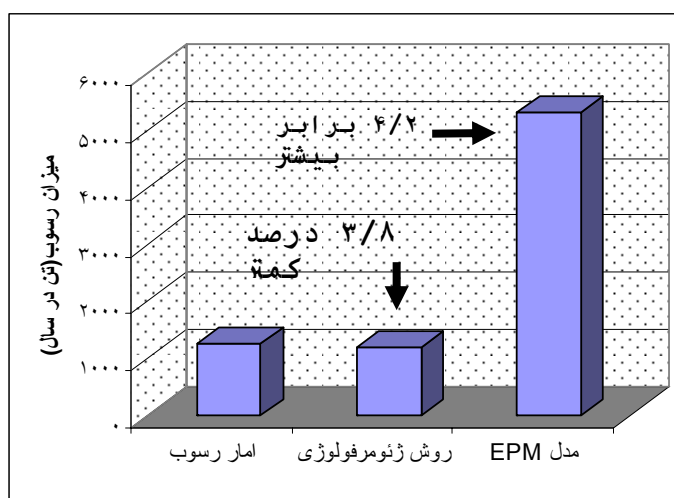
بیشترین میزان رسوب را حوضه شماره ۲ داراست.

شاخص های مؤثر در افزایش رسوب در این زیر حوضه به شرح زیر می باشد؛

Z: ۰/۳۱۶ **WSP: ۸۷/۸** **Ru: ۴۱۹/۴۶** **GSP: ۱۹۳/۱** **GS: ۱۷۷۶/۵**

پس از برآورد رسوب در زیر حوزه ها و واحدهای کاری و مقایسه آنها با آمار رسوب معلوم شد که مدل EPM رسوب برآوردی را تقریباً چهار برابر بیشتر از مقدار مشاهده شده برآورد نموده است. مدل EPM با کاربرد روش ژئومرفولوژی میزان رسوب را بسیار نزدیک به آمار رسوب مشاهده شده و به میزان ۳/۸ درصد کمتر از آن برآورد نموده است.

نمودار-۱ مقایسه رسوب برآوردی با آمار مشاهده شده



در نهایت نتایج زیر بدست آمده است؛

۱- مقادیر و درصد مساحت طبقات فرسایشی در هر دو روش مدل EPM و روش ژئومرفولوژی همخوانی و تطابق خوبی با یکدیگر دارند

۲- از نتایج چنین بر می آید که مدل EPM با استفاده از روش ژئومرفولوژی (۳/۸ درصد کمتر) دارای کارایی بیشتری بوده و مقادیر را بسیار نزدیک به آمار مشاهده شده برآورد می کند. (*)

۳- با توجه به مقیاس پروژه های مطالعاتی (۱/۵۰۰۰۰)، در روش ژئومرفولوژی بعضی از مناطق بسیار حساس به فرسایش (نواحی اطراف رودخانه - فرسایش رودخانه ای) با مساحت کم در نظر گرفته نمی شود. (*)

۴- در مدل EPM ضریب رسوبدهی در واقع همان شیب منطقه است و در مناطق نظیر منطقه تحقیق که دارای شیب نسبتاً بالا (بیش از ۱۰ درصد) هستند مقادیر رسوب را بیش از مقدار واقعی آن برآورد می کند؛ پتانسیل حمل بیش از مقدار واقعی آن برآورد می شود. بنابراین این هنگام به کاربردن مدل EPM در مناطق کوهستانی و مناطقی که شیبی بیش از ۱۰ درصد دارا هستند برای پرهیز از خطا در نسبت رسوبدهی (پتانسیل حمل) بهتر است واحدهای هیدرولوژی کوچکتر در نظر گرفته شوند. (خالقی - ۱۳۸۴ - در پایان نامه خود اشاره نموده است که به جای نسبت RU بهتر است از نسبت SDR استفاده شود).

۵- علاوه بر موارد فوق الذکر بدلیل اینکه مدل EPM پتانسیل فرسایش و رسوب را برآورد می کند و درصد تله اندازی را هم در نظر نمی گیرد بدیهی است، مقادیر رسوب برآوردی را باز هم بیشتر از مقدار واقعی آن برآورد می کند. (*)

۶- کاربرد مدل EPM به همراه روش ژئومرفولوژی به دلیل برآوردهای قابل قبول آن در مناطق مختلف ایران و جمع آوری نتایج آن به بهبود و ارتقاء مدلها و روشهایی که برای برآورد میزان فرسایش و رسوب به کار برده می شوند، کمک شایانی خواهد کرد. لذا پیشنهاد می شود از این روش در نقاط مختلف کشور استفاده شده و نتایج آن در قالب طرحی جامع جمع آوری و بررسی شود. (*چنانچه ملکی-۱۳۸۲- نیز در پایان نامه خود ذکر نموده است.

فهرست منابع

۱. احمدی، حسن، ۱۳۷۸، ژئومرفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران .
۲. احمدی، حسن و فیض نیا، سادات، ۱۳۷۸. سازنده های دوره کوتاه تر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. خالقی، برات محمد ۱۳۸۴. بررسی کارایی مدل های تجربی EPM و فورنیه در برآورد فرسایش و رسوب زارم رود تجن، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.
۴. خزاعی، منصور، ۱۳۷۱. ارزیابی پارامترهای هیدرولوژی در حوزه معرف کسلیان با تاکید بر مساله رسوب، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۵. زنجانی جم، مجید ۱۳۷۵. بررسی مدل EPM در برآورد فرسایش حوزه آبخیز زنجان رود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۹۴ صفحه.
۶. ملکی، محسن، ۱۳۸۲. بررسی فرسایش آبی و مقایسه دو روش ژئومرفولوژی و EPM در حوزه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۲۱ صفحه.
7. Gavrilovic. zorgan , dipl. Eng , 1988. the use of on Emprical Method (Erosion potential Method) For. Calculating Sediment Production and Transportation in unstudied or Torrential strean. Proceeding of International Conference on River Regime.
8. Hudsun N.W 1998 field measurement of soil ersion and runoff FAO soil Bulltein , (68). 139p.
9. Morgan R.P.C. , 1995. Soil Erosion and conservation. John willey and sons. Newyork. 198.
10. Wallinng ford , England. pp :411 – 422.