

## بررسی تأثیر عوامل توپوگرافی در شدت فرسایش خاک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز زارم رود)

عیسی جوکارسرهنگی\* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران

وحید غلامی - دانشجوی دکتری آبخیزداری

محمد بشیر گنبد - کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۴/۱۲/۱۴ تایید نهایی: ۱۳۸۵/۱۱/۲۵

### چکیده

فرسایش خاک یکی از مشکلات اصلی در رابطه با منابع طبیعی است. با شناسایی عوامل مؤثر در آن و تشخیص مکان‌های با شدت بالای فرسایش می‌توان تدابیری برای حفاظت خاک در نظر گرفت. به منظور بررسی تأثیر عوامل توپوگرافی ابتدا در نیمه غربی حوضه زارم‌رود که پراکنش و میزان بارش تقریباً یکنواخت است، مکان‌های با کاربری جنگلی که روی تشکیلات میوسن ( $M^{msl}$ ) واقع شدند (واحدهای همگن)، مشخص گردید. سپس واحدهای کاری براساس عوامل توپوگرافی در این سطوح تهیه شد. آنگاه مقادیر کمی عوامل توپوگرافی و شدت فرسایش (مدل EPM) در این واحدها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برآورد گردید و در مرحله بعد با بکارگیری نرم افزار SPSS تحلیل‌های آماری برای بررسی میزان نقش عوامل توپوگرافی انجام گرفت. نتایج حاصله بیانگر آن است که از بین عوامل توپوگرافی شیب دارای بیشترین همبستگی با شدت فرسایش خاک بوده و جهت شیب در درجه دوم اهمیت قرار دارد. بین ارتفاع و شدت فرسایش رابطه‌ی معنی‌داری بدست نیامده است.

کلیدواژه‌ها: شدت فرسایش، توپوگرافی، حوضه زارم رود، GIS، رگرسیون چند متغیره.

### مقدمه

ایران از نظر عوارض طبیعی به ویژه توپوگرافی بسیار متنوع و متغیر است. برای این که بتوان در مدیریت آب و خاک به نتیجه‌ی مطلوب رسید، لازم است ارتباط بین عوامل زمینی به ویژه توپوگرافی و شدت فرسایش خاک مشخص شود. توپوگرافی یک ناحیه، نه تنها نسبت به کیفیت و پتانسیل خود، عوامل ژئومورفولوژی را در ارتباط با جنس زمین و رژیم آب و هوایی حاکم بر منطقه به فعالیت و امی دارد، بلکه خود نیز تحت تأثیر آن‌ها قرار گرفته و تغییر شکل می‌یابد (رجایی، ۱۳۷۳). تغییرات ارتفاع نه تنها به خودی خود نقش مهمی در تکامل خاک ایفاء می‌کند، بلکه پارامترهای حساس جوی چون رطوبت و دما را تغییر می‌دهد. لذا این عامل به عنوان یک تغییردهنده

کلیما در سطح ناحیه‌ای مطرح است (رامشت و سیف، ۱۳۷۹). در شرایط آب و هوایی مشخص و زمین‌شناسی معین، عوامل توپوگرافی اثرات متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که می‌توان آن را به عنوان پایه تخریب و فرسایش به حساب آورد و رابطه‌ی بین آن‌ها و شدت فرسایش را به دست آورد (جداری عیوضی و جوکار، ۱۳۸۰). از این رو، مسئله‌ی اساسی تحقیق این است که تغییرات ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی چه نقشی در شدت فرسایش داشته و تأثیر آن‌ها چگونه است.

پیش‌بینی میزان فرسایش بایستی از طریق ایستگاههای سنجش رسوب انجام گیرد، ولی به دلیل محدودیت این ایستگاهها، از روش‌های تجربی استفاده می‌شود. در این تحقیق از مدل  $EPM^1$  که با توجه به شرایط آب و هوایی ایران کاربرد مناسبی دارد، استفاده شده است. این مدل بر اساس فرایندهای فرسایشی که نتیجه روابط متقابل سنگ مادر، خاک، ویژگی‌های توپوگرافی، اقلیم و نوع بهره‌برداری از اراضی بوده، پایه‌گذاری گردیده است (دادخواه، ۱۳۷۶). دی. ونت<sup>۲</sup> (۲۰۰۳)، با بررسی تنوع مکانی بار رسوب در مناطق مدیترانه‌ای دریافت که مدل EPM کاربرد بیشتری در نواحی مختلف اقلیمی دارد و نیازی به کالیبره کردن مدل نمی‌باشد. زنجانی جم (۱۳۷۵)، با بکارگیری مدل EPM در حوضه زنجان رود و بررسی ۵۷ واحد ژئومرفولوژی به صورت جداگانه اعلام نمود که اختلاف معنی‌داری بین رسوب محاسبه شده از طریق مدل مذکور و رسوب مشاهده شده وجود ندارد.

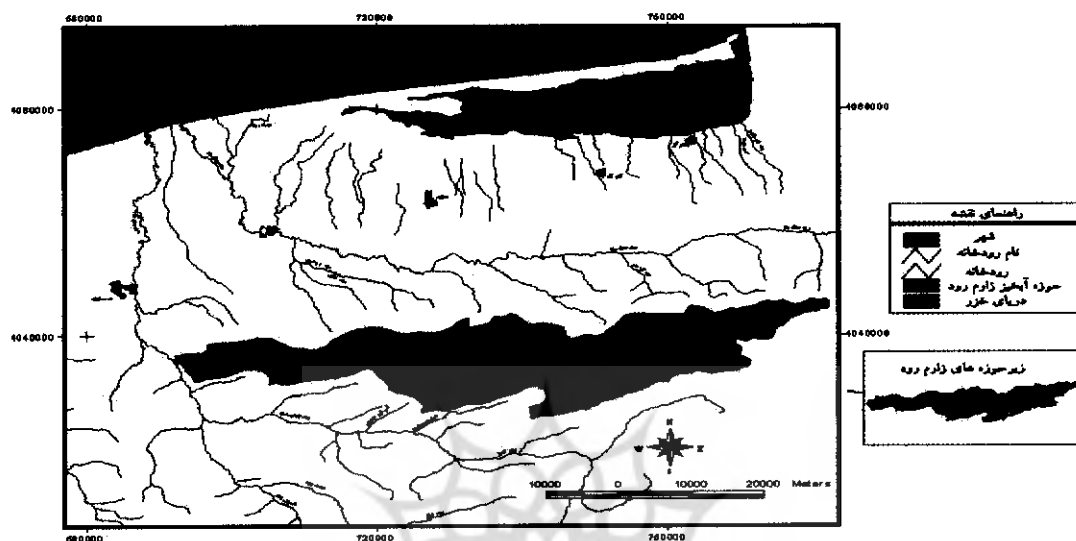
با وجود مشخص بودن عوامل کلی مؤثر در شدت فرسایش، جزئیات آن بسته به مکان و شرایط توپوگرافی، دارای تفاوت‌های فاحشی است. بنابراین لازم است در شرایط حوضه‌های آبی مختلف مشخص شود چه عواملی در شدت فرسایش نقش داشته و میزان تأثیر هر یک از عوامل به طور جداگانه و همچنین تأثیر ترکیبی آن‌ها در چه حدودی است تا از این طریق دست‌یابی به دستورالعمل مناسب برای پیشبرد اهداف حفاظت خاک مبتنی بر شرایط توپوگرافی حوضه‌ها فراهم شود. بدیهی است برای انجام این مهم نیاز به بررسی‌های آماری و تعیین همبستگی عوامل مؤثر با یکدیگر است تا بتوان روش یا مدلی را ارائه نمود. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر عوامل توپوگرافی در میزان فرسایش خاک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش رگرسیون چندمتغیره در سطح حوضه زارم رود انجام گرفته است.

حوضه آبخیز زارم رود در استان مازندران و در جنوب شرقی شهرستان ساری بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). این حوضه که یکی از زیرحوضه‌های تجن به شمار می‌آید، از شمال به حوضه نکاء رود، از غرب به حوضه کسلیان، از جنوب به زیرحوضه سلیمان تنگه و از شرق به استان گلستان محدود می‌گردد. مساحت حوضه زارم رود ۸۶۲ کیلومتر مربع است. حداقل ارتفاع حوضه ۲۶۷ متر و بیشترین ارتفاع آن ۳۰۷۰ متر می‌باشد. دمای متوسط سالانه حوضه زارم رود ۱۵/۳۸ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه با روش آمبرژه مرطوب معتدل است. وزن مخصوص رسوبات به طور متوسط ۱/۳ تن بر متر مکعب است و میزان رسوب ثبت شده در ایستگاه رسوب

<sup>1</sup> - Erosion Potential Method

<sup>2</sup> - Devent

سنجی در خروجی حوضه زارم رود به طور متوسط ۱/۱۶ تن در هکتار در سال برآورد شده که با احتساب ۱۵ درصد آن به عنوان بار کف میزان رسوب حوضه زارم رود ۱/۳۳ تن در هکتار در سال می باشد (خالقی، ۱۳۸۴).



شکل ۱ موقعیت حوضه زارم رود

#### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، عکس‌های هوایی و عملیات میدانی انجام گرفته و به منظور تهیه نقشه شدت فرسایش از مدل EPM استفاده شده است. مدل‌ها در محیط GIS نحوه ارتباط لایه‌های مختلف را با یکدیگر مشخص می‌کنند (میرمحمد صادقی و غیور، ۱۳۸۲). لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در مدل EPM شامل سنگ‌شناسی، میزان شیب، کاربری اراضی و ضریب فرسایش حوضه می‌باشند. برای این منظور، هر یک از لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی، زمین مرجع<sup>۱</sup> شده و سپس رقومی گردید. در مرحله بعد امتیازات مربوط به هر یک از تشکیلات یا سازندها داده شد (رفاهی، ۱۳۷۸ و احمدی، ۱۳۷۸). برای تهیه نقشه شیب از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شده است. پس از رقومی کردن خطوط تراز، مدل رقومی ارتفاعی سطح حوضه یا DEM<sup>۲</sup> تهیه و سپس از روی آن نقشه شیب حوضه تهیه شده است. در مرحله بعد در محیط GIS از روی DEM زیر حوضه‌ها مشخص گردید و سطح حوضه به ۸ زیرحوضه تفکیک شد، به طوری که مساحت هر یک از آن‌ها از ۲۰۰ کیلومتر مربع تجاوز نمی‌کند. شیب متوسط و سایر پارامترهای مورد نیاز برای هر یک از زیرحوضه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پس از تبدیل هر یک از لایه‌های اطلاعاتی به فرمت رستری (Raster) تعیین شدند. بدین منظور از الحاقیه Grid Analyst که دارای قابلیت بالایی در انجام محاسبات آماری لایه‌های رستری می‌باشد، استفاده شده است. همچنین شاخص  $\Psi$  یا ضریب فرسایش حوضه هر یک از زیرحوضه‌ها با عملیات میدانی و بررسی عکس‌های هوایی تعیین شد. در

<sup>۱</sup> - Georeference

<sup>۲</sup> Digital Elevation Model

این تحقیق برای تهیه نقشه شدت فرسایش حوضه، زیر حوضه‌ها به عنوان واحدهای کاری در نظر گرفته شدند. ذکر این نکته ضروری است که در گذشته برای لایه‌های کاربری و سنگ‌شناسی، امتیاز متوسط آن‌ها برای هر یک از زیر حوضه‌ها در نظر گرفته می‌شد، اما با روی کار آمدن سیستم اطلاعات جغرافیایی، هر مکان در هر یک از واحدهای کاری دارای امتیاز حقیقی خود می‌باشد، یعنی با تبدیل کردن لایه‌های وکتوری (Vector) به لایه‌های رستر (Raster) دیگر نیازی به انجام محاسبات برای بدست آوردن میانگین وزنی عوامل لیتولوژی و کاربری اراضی نمی‌باشد. هر یک از چهار عامل مدل EPM در محیط GIS تهیه شده (زمین مرجع و رقمی) و پس از امتیازدهی این لایه‌ها، برای اجرای مدل EPM در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به لایه‌های رستری (Grid) تبدیل شدند. پس از همپوشانی چهار لایه رستری مدل EPM در محیط نرم افزار Arc/View با استفاده از الحاقیه Spatial Analyst مدل EPM به صورت معادله  $Z = Y \cdot X_a (\Psi + I^{0.5})$  اجرا شده و نتیجه آن یک لایه رستری حاوی مقادیر کمی Z یا ضریب شدت فرسایش بوده که در شکل شماره ۲ تحت عنوان نقشه شدت فرسایش حوضه زارم رود ارائه شده است. سپس با استفاده از روابط زیر میزان رسوب حوضه با بکارگیری مدل EPM برای کنترل صحت نتایج به صورت تطبیق با رسوب ثبت شده در ایستگاه رسوب سنجی محاسبه شد. t

در این روش چهار فاکتور شامل ضریب فرسایش حوضه آبخیز ( $\Psi$ )، ضریب استفاده از زمین ( $X_a$ ) ضریب حساسیت خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه در واحدهای مختلف اراضی یا در زیر حوضه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد:

Z یا ضریب شدت فرسایش از رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$(1) \quad Z = Y \cdot X_a (\Psi + I^{0.5})$$

Wsp متوسط سالانه فرسایش ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال از رابطه (۲) حاصل می‌شود:

$$(2) \quad W_{SP} = T \cdot H \cdot \Pi \cdot Z^{1.5}$$

H ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز بر حسب میلی متر است و T ضریب درجه حرارت که از

رابطه (۳) بدست می‌آید:

$$(3) \quad T = \left( \frac{t}{10} + 0.1 \right)^{0.5}$$

t میانگین درجه حرارت سالانه بر حسب درجه سانتیگراد است. ضریب رسوبدهی  $R_U$  نیز از رابطه (۴) محاسبه

می‌شود:

$$(4) \quad R_U = \frac{4(P \cdot D)^{0.5}}{L + 10}$$

P محیط حوضه (km)، D اختلاف ارتفاع بین ارتفاع متوسط و نقطه خروجی حوضه (km) و L طول

حوضه (km) می‌باشد. در مرحله بعد با ضرب مقادیر  $R_U$  و  $W_{SP}$  رسوب ویژه  $G_{SP}$  بر حسب متر مکعب بر کیلومتر

مریع در سال بدست می آید. همچنین میزان رسوب با استفاده از  $SDR^1$  برای مدل EPM با استفاده از گراف های موجود بر اساس مساحت هر یک از زیر حوضه ها و بافت خاک محاسبه شد (رفاهی، ۱۳۷۸).

پس از تأیید کارایی مدل EPM و صحت نتایج حاصل از آن، با مقایسه مقادیر برآوردی مدل با مقدار رسوب ثبت شده در ایستگاه رسوب سنجی، در سطح حوضه زارم رود نواحی با کاربری جنگلی که روی تشکیلات میوسن ( $M^{msl}$ ) واقع شدند، مشخص شد. در این سطوح واحدهای کاری براساس عوامل توپوگرافی تهیه و با نمونه برداری تصادفی ۳۰ واحد در نیمه غربی حوضه انتخاب گردید (این انتخاب به دلیل کاهش تغییرات بارش در سطح مورد مطالعه بوده است). سپس در این سطوح همگن، مقادیر متوسط شیب، جهت شیب (برحسب آزیموت) و ارتفاع و شدت فرسایش (مدل EPM) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برآورد شد. سرانجام با در نظر گرفتن شدت متوسط فرسایش به عنوان متغیر وابسته و عوامل توپوگرافی به عنوان متغیرهای مستقل، تجزیه و تحلیل های لازم با روش رگرسیون چند متغیره در محیط نرم افزار SPSS انجام گرفت.

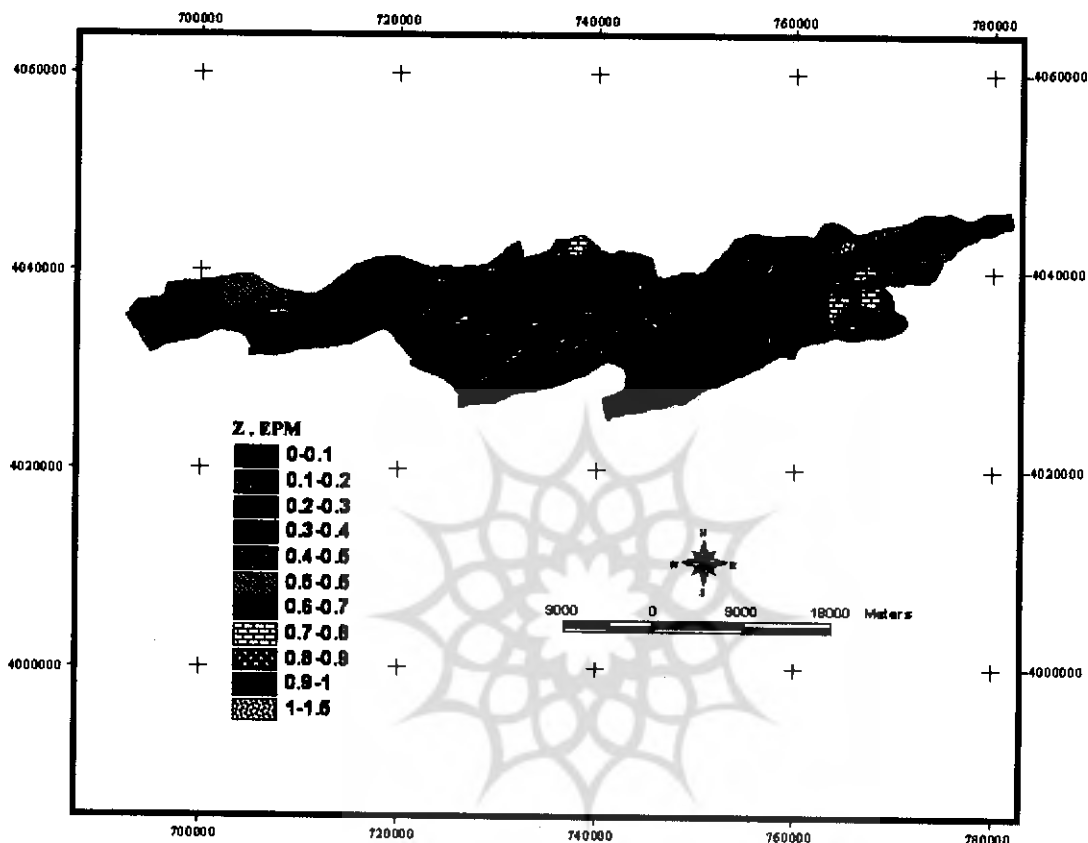
#### نتایج

سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه شدت فرسایش با بکارگیری مدل EPM مورد استفاده قرار گرفت. نقشه شدت فرسایش که حاوی مقادیر کمی با فرمت رستری یا شبکه ای با اندازه سلولی ۵۰ متر است، تهیه شده که در شکل ۲ ارائه گردیده است. کارایی این مدل و صحت نتایج حاصل از آن از طریق مقایسه نتایج این مدل در برآورد رسوب و میزان رسوب ثبت شده در ایستگاه رسوب سنجی واقع در خروجی حوضه مورد نظر تأیید شد. در واقع مدل رسوب برآوردی حوضه زارم رود با استفاده از  $R^2$ ،  $1/28$  تن در هکتار در سال است و مقدار ثبت شده در ایستگاه رسوب سنجی حدود  $1/3$  تن در هکتار در سال می باشد که این مقادیر قابل قبول بوده و کارایی مدل را تأیید می نماید. کارایی مدل مذکور توسط محققین مختلف در حوضه های متعددی در سطح کشور مورد تأیید قرار گرفته است (آقاچانلو، ۱۳۸۴ و عجم نوری، ۱۳۸۳).

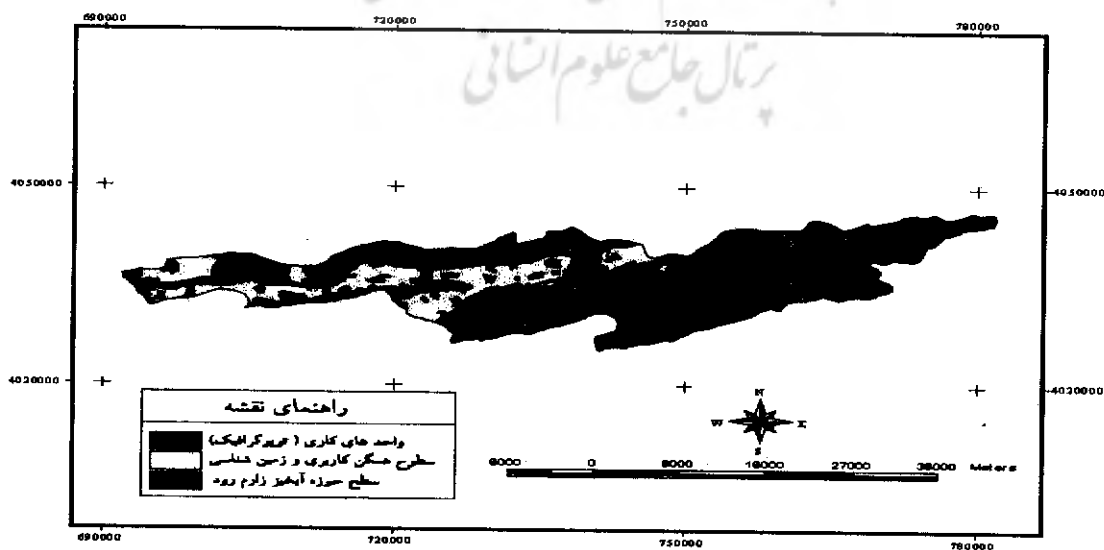
پس از تأیید نتایج حاصله و صحت شبیه سازی، نقشه شدت فرسایش تهیه شده که به عنوان معیار بررسی کیفی فرسایش مد نظر قرار گرفت. در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با همپوشانی لایه های کاربری اراضی و زمین شناسی زارم رود، واحدهای همگن از لحاظ زمین شناسی و کاربری اراضی تهیه و قسمتی که در غرب حوضه واقع شده است، برای این تحقیق به منظور کاهش تغییرات در شدت بارش و دما در نظر گرفته شد و در شکل ۳ ارائه شده است. واحدهای کاری بر اساس عوامل توپوگرافی تهیه و تعداد ۳۰ واحد بطور تصادفی با استفاده از نرم افزار Arc/View (GIS) انتخاب شده و مقادیر متوسط عوامل توپوگرافی و ضریب شدت فرسایش در این واحدهای کاری بطور جداگانه محاسبه شد. به منظور بررسی نقش عوامل توپوگرافی در فرسایش خاک و بررسی کیفی فرسایش از نرم افزار SPSS استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری با در نظر گرفتن ضریب متوسط شدت فرسایش (مدل EPM) به عنوان متغیر وابسته و هریک از عوامل توپوگرافی (متوسط شیب، جهت و ارتفاع) به عنوان متغیرهای مستقل با روش رگرسیون چند متغیره انجام گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل های آماری با روش رگرسیون

<sup>1</sup> - Sediment Delivery Ratio

چند متغیره با هدف بررسی تاثیر عوامل توپوگرافی در شدت فرسایش خاک در سطح حوضه زارم رود در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲ نقشه شدت فرسایش حوضه زارم رود با استفاده از مدل EPM



شکل ۳ واحدهای کاری (توپوگرافی) در روی سطوح همگن از لحاظ کاربری و زمین شناسی

جدول ۱ ماتریس همبستگی شدت فرسایش و عوامل ارتفاع، جهت و شیب

متغیر وابسته (فرسایش)	عامل شیب	عامل جهت	عامل ارتفاع	
فرسایش	1.000	.427	.390	ضریب همبستگی پیرسون
شیب	.427	1.000	.267	
جهت	.390	.294	1.000	
ارتفاع	-.071	.267	1.000	
فرسایش	.	.009	.017	سطح معنی داری
شیب	.009	.	.077	
جهت	.017	.058	.138	
ارتفاع	.355	.077	.138	

#### بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر عوامل توپوگرافی در فرسایش خاک صورت گرفته است. باید دانست که عوامل مهم دیگری چون لیتولوژی، درصد پوشش، شدت بارش و غیره در میزان فرسایش خاک تأثیر گذار هستند (دسمیت و دیگری<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶). از این رو، به منظور حذف عوامل زمین شناسی و نوع کاربری، واحدهای کاری (توپوگرافی) بر روی تشکیلات میوسن ( $M^{msl}$ ) و مناطق با کاربری جنگلی که در غرب حوضه زارم رود واقع شده، انتخاب گردید. میزان بارش و شدت آن با توجه به آمارهای موجود، تغییرات قابل ملاحظه ای در این بخش از حوضه ندارد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل های آماری نشان می دهد که از بین عوامل توپوگرافی، شیب دارای بیشترین همبستگی با شدت فرسایش خاک بوده و بعد از آن جهت شیب می باشد. ارتفاع دارای رابطه معنی داری با شدت فرسایش خاک نبوده است. این نتایج با یافته های سایر محققین مطابقت دارد (سلیبی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳ و احمدی، ۱۳۷۸). وجود شیب برای تکوین فرسایش در صورتی که سایر شرایط نیز وجود داشته باشند، عامل اساسی خواهد بود. در حوضه مورد مطالعه با افزایش شیب (شیب حوضه از ۳۰ درجه کمتر است) شدت و میزان فرسایش افزایش می یابد، اما در بعضی از واحدها با افزایش شیب، شدت فرسایش کاهش می یابد. مطالعات صحرائی نشان می دهد که این امر به دلیل اثر ارتفاع، نوع و تراکم پوشش گیاهی به جهت بالا بودن شیب و عدم دسترسی دام به این مناطق می باشد.

<sup>1</sup> - Desmit et al

<sup>2</sup> - Selby

خاک‌ها در دامنه‌های رو به آفتاب و پشت به آن تحت تسلط میکروکلیمای گوناگون قرار می‌گیرند. جهت شیب با تأثیر بر میزان برخورداری از بارش و نور خورشید و در نتیجه تفاوت در میزان پوشش گیاهی در جهت‌های مختلف، در شدت و میزان فرسایش تأثیر دارد. مطالعات صحرایی بیانگر آن است که زمین لغزش‌ها در سطح حوضه در تمامی جهت‌ها، به خصوص در شیب‌های جنوبی یافت می‌شوند. مطالعات رایس و دیگران<sup>۱</sup> (۱۹۶۹) در جنوب کالیفرنیا چنین نتیجه داده است که فرکانس زیاد حرکات توده‌ای مواد در شیب‌های شمالی نسبت به شیب‌های جنوبی، در نواحی که دارای آب و هوای مدیترانه‌ای هستند، بیشتر است، زیرا شیب‌های شمالی غالباً از درخت پوشیده شده، ولی شیب‌های جنوبی از علف پوشیده شده است (چورلی و دیگران<sup>۲</sup>، ۱۳۷۹). در صورتی که در منطقه مورد مطالعه، شرایط آب و هوایی مشابه و با کاربری عمومی جنگل حاکمیت داشته و عدم وجود رابطه‌ی بالا بین جهت شیب و فرسایش خاک را موجب شده است.

ارتفاع نیز در جهت‌های مختلف، در شدت و میزان فرسایش تأثیرگذار است. ولی در مقایسه با عوامل شیب و جهت در منطقه، وظیفه و اهمیت کمتری دارد. در ارتفاعات میانه حوضه (۱۸۰۰-۶۰۰ متری) زمین لغزش‌های متعددی رخ داده که حجم خاک از دست رفته در آن‌ها قابل ملاحظه است. اما در ارتفاعات بالا، زمین لغزش‌ها را نمی‌توان یافت که با نتایج تحقیقات مسینیا و دیگران (۲۰۰۱) و همچنین گوپتا و دیگران<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) همخوانی دارد. در ارتفاعات، نقش آب‌های جاری بسیار محدود است، مگر هرزآب‌های ایجاد شده از برف‌های بهاری که نقاط محدودی را شامل می‌گردد. از طرفی، در ارتفاعات پایین و شیب‌های ملایم تر، نیروی جاذبه‌ای برای فرایندهای فرسایشی و تولید حرکت مواد، مناسب نیستند و تفاوت در نوع و تراکم پوشش گیاهی را نیز می‌توان اضافه نمود که موجب کاهش تخریب مکانیکی در نتیجه‌ی پوشش محافظ آن می‌گردند. در این تحقیق، از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری کارآمد جهت کمی کردن مقادیر شدت فرسایش و عوامل توپوگرافی استفاده شده و کارایی آن مورد تأیید قرار گرفت.

#### منابع

- ۱- آفاجانلو، خلیل، ۱۳۸۴، بررسی کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز زنجان رود با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.
- ۲- احمدی، حسن، ۱۳۷۸، ژئومرفولوژی کاربردی، جلد ۱، فرسایش آبی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- جداری عیوضی، جمشید و جوکار سرهنگی، عیسی، ۱۳۸۰، کارایی واحدهای ژئومرفولوژی در ارزیابی فرسایش و رسوب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز بوجان)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۰، صص ۷۳-۹۱.
- ۴- چورلی، ریچارد جی و دیگران، ۱۳۷۹، ژئومرفولوژی، جلد سوم، فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت.

1 - Rice et al

2 - Chorley et al

3 - Gupta et al



- ۵- خالقی، برات، ۱۳۸۴، بررسی کارایی مدل های EPM و فورنیه دربرآورد فرسایش و رسوب حوضه زارم رود، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.
- ۶- دادخواه، منوچهر و نجفی نژاد، علی، ۱۳۷۶، کارایی مدل ای. پی. ام. در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز لتیان، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۰، شماره ۱. صص ۴۹-۵۸.
- ۷- رامشت، محمدحسین و سیف، عبدا...، ۱۳۷۹، جغرافیای خاک ها، دانشگاه اصفهان.
- ۸- رجایی، عبدالحمید، ۱۳۷۹، کاربرد ژئومرفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، نشر قومس.
- ۹- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۹، فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰- زنجانی جم، م، ۱۳۷۵، بررسی مدل ای. پی. ام. در برآورد فرسایش حوضه آبخیز زنجان رود، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۱۱- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه های توپوگرافی پهنه کلا، سادات محله، سوچلما، گلوگاه، قلعه، سرکلته و پابند، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.
- ۱۲- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه های زمین شناسی ساری و گرگان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
- ۱۳- عجم نوروزی، غلامرضا، ۱۳۸۳، بررسی کارایی روش های تجربی MPSIAC و EPM در تخمین فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز محمدآباد گلستان، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.
- ۱۴- میر محمد صادقی، محمد و غیور، فتح ا...، ۱۳۸۲، کاربردهای مشترک GPS و GIS در ARCVIEW همراه با مدل سازی، انتشارات فرات.

- 15- Desmit, P. and G. Govers., 1996, AGIS Procudure for Automatically Calculating the USLE Factor on Topography Complex landscape Units. J. Soil and Conservation. 423 - 427P.
- 16- Devent, J. J. Poesen and G. Verstraeten., 2003, The Application of Semi-qualitative Methods and Reservoir Sedimentation Rates for Understanding Spatial Variability of Sediment Yeild in Mediterranean Environments. Geophysical Research Abstracts. Vol.5: 347.
- 17-Gupta, R.P. Saha, A.K. Arora, M.K. and Kumar, A., 1999, Landslide Hazard Zonation in Part of the Bhagirathi Vally, Using integrated Remote Sensing-GIS, Himalaya Geology.
- 18-Miesinia, C. Piccio, A. and Tocchio, A., 2001, Some Aspects of the Landslide Susceptibility in the Sorba Valley (western Alps, Italy) in: International Conference on Landslides-causes, Impacts and Countermeasures, 17-21 P.
- 19- Rice, R. M., Corbett, E. S. and Bailey, R. G., 1969, Soil Slips Related to Vegetation, Topography and Soil in Southern California, Water Resources Research, Vol, 5. 637- 659 P.
- 20- Selby, M., 1993, Hillslope Materials and Processes. Seconded. Oxford University Press.



پروپوزیشن گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی