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

Archive of SID

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 مکان های 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 تقریبا یکنواخت است، مکان های 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 کمّی 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 رابطه ی معنی داری 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 ژئومرفولوژی را در ارتباط با جنس زمین و رژیم آب و هوایی حاکم بر منطقه به فعالیت وا می دارد، بلکه خود نیز تحت تأثیر آن ها قرار گرفته و تغییر شکل می یابد(رجایی، ۱۳۷۳). تغییرات ارتفاع نه تنها به خودی خود نقش مهمی در تکامل خاک ایفاء می کند، بلکه پارامترهای حساس جوی چون رطوبت و دما را تغییر می‌دهد. لذا این عامل به عنوان یک تغییردهنده

www.SID.ir

* E-Mail: e.jokar@umz.ac.ir
نویسنده مسئول :: ۰۹۱۱۱۱۷۷۹۹۸

کلیما در سطح ناحیه‌ایی مطرح است(رامشت و سیف، ۱۳۷۹). در شرایط آب و هوایی مشخص و زمین شناسی 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 آن ها 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 آن ها چگونه است.

Archive of SID

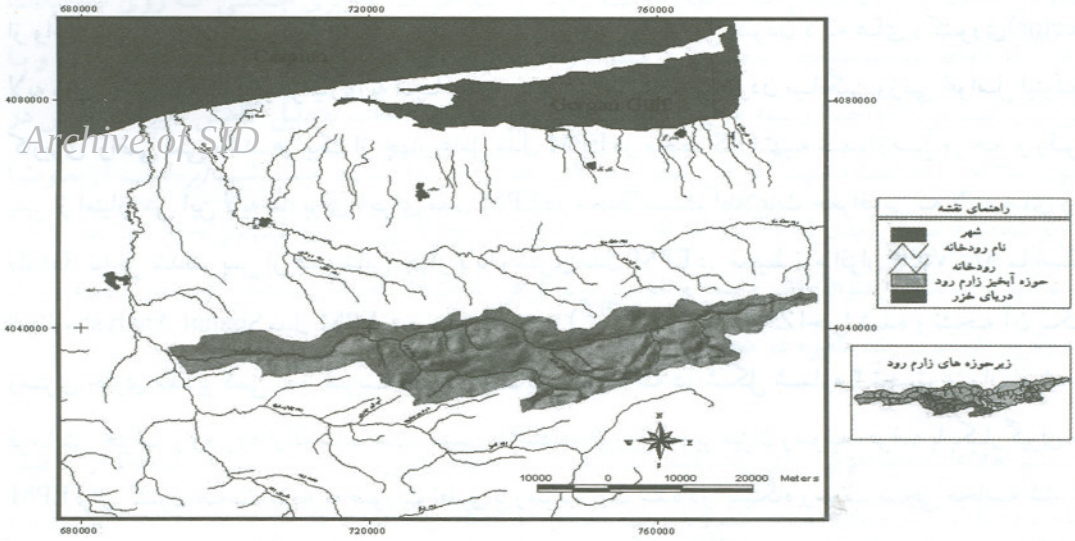
پیش بینی میزان فرسایش بایستی از طریق ایستگاههای سنجش رسوب انجام گیرد، ولی به دلیل محدودیت این ایستگاهها، از روش های تجربی استفاده می شود. در این تحقیق از مدل EPM[1] که با توجه به شرایط آب و هوایی ایران کاربرد مناسبی دارد، استفاده شده است. این مدل بر اساس فرایندهای فرسایشی که نتیجه روابط متقابل سنگ مادر، خاک، ویژگی‌های توپوگرافی، اقلیم و نوع بهره برداری از اراضی بوده، پایه گذاری گردیده است(دادخواه، ۱۳۷۶). دی. ونت[2] (۲۰۰۳)، با بررسی تنوع مکانی بار رسوب در مناطق مدیترانه ای دریافت که مدل EPM کاربرد بیشتری در نواحی مختلف اقلیمی دارد و نیازی به کالیبره کردن مدل نمی باشد. زنجانی جم(۱۳۷۵)، با بکارگیری مدل EPM در حوضه زنجان رود و بررسی ۵۷ واحد ژئومرفولوژی به صورت جداگانه اعلام نمود که اختلاف معنی داری 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 تفاوت های فاحشی است. بنابراین لازم است در شرایط حوضه های 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 آن ها در چه حدودی است تا از این طریق دست یابی به دستورالعمل مناسب برای پیشبرد اهداف حفاظت خاک مبتنی بر شرایط توپوگرافی حوضه ها فراهم شود. بدیهی است برای انجام این مهم نیاز به بررسی های 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 چند متغیره 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 طول های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی واقع شده است(شکل ۱). این حوضه که یکی از زیر حوضه های تجن به شمار می آید، از شمال به حوضه نکاء رود، از غرب به حوضه کسیلیان، از جنوب به زیرحوضه سلیمان تنگه و ازشرق به استان گلستان محدود می گردد. 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

www.SID.ir

سنجی در خروجی حوضه زارم رود به طورمتوسط 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).



Archive of SID

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. مدل ها در محیط GIS نحوه ارتباط لایه های مختلف را با یکدیگر مشخص می کنند(میرمحمد صادقی و غیور، ۱۳۸۲). لایه های اطلاعاتی مورد نیاز در مدل EPM شامل سنگ‌شناسی، میزان شیب، کاربری اراضی و ضریب فرسایش حوضه می باشند. برای این منظور، هر یک از لایه ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. ابتدا نقشه های زمین شناسی، زمین مرجع[1] 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 نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ استفاده شده است. پس از رقومی کردن خطوط تراز، مدل رقومی ارتفاعی سطح حوضه یا DEM[2] تهیه و سپس از روی آن نقشه شیب حوضه تهیه شده است. در مرحله بعد در محیط GIS از روی DEM زیر حوضه ها مشخص گردید و سطح حوضه به ۸ زیرحوضه تفکیک شد، به طوری که مساحت هر یک از آن ها از ۲۰۰ کیلومترمربع تجاوز نمی کند. شیب متوسط و سایر پارامترهای مورد نیاز برای هر یک از زیرحوضه ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پس از تبدیل هریک از لایه های اطلاعاتی به فرمت رستری(Raster) تعیین شدند. بدین منظور از الحاقیه Grid Analyst که دارای قابلیت بالایی در انجام محاسبات آماری لایه های رستری می باشد، استفاده شده است. همچنین شاخص Ψ یا ضریب فرسایش حوضه هر یک از زیرحوضه ها با عملیات میدانی و بررسی عکس های هوایی تعیین شد. در

www.SID.ir

[1] - Georefrence
[2] Digital Elevation Model

این تحقیق برای تهیه نقشه شدت فرسایش حوضه، زیر حوضه ها به عنوان واحدهای کاری در نظر گرفته شدند. ذکر این نکته ضروری است که در گذشته برای لایه های کاربری و سنگ شناسی، امتیاز متوسط آن ها برای هر یک از زیر حوضه ها در نظر گرفته می‌شد، اما با روی کار آمدن سیستم اطلاعات جغرافیایی، هر مکان در هر یک از واحدهای کاری دارای امتیاز حقیقی خود می باشد، یعنی با تبدیل کردن لایه های وکتوری(Vector) به لایه های رستر Raster) دیگر نیازی به انجام محاسبات برای بدست آوردن میانگین وزنی عوامل لیتولوژی و کاربری اراضی نمی باشد. هر یک از چهار عامل مدل EPM در محیط GIS تهیه شده(زمین مرجع و رقومی) و پس از امتیازدهی این لایه ها، برای اجرای مدل EPM در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به لایه های 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 $Z=Y.Xa\ (\Psi + I^{0.5})$ 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

دراین روش چهار فاکتور شامل ضریب فرسایش حوضه آبخیز(Ψ)، ضریب استفاده از زمین(Xa) ضریب حساسیت خاک به فرسایش(Y) و شیب متوسط حوضه در واحدهای مختلف اراضی یا در زیر حوضه ها مورد بررسی قرار می گیرد :

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

$$Z = Y.XA\ (\Psi + I^{0.5}) \qquad (۱)$$

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

$$W_{SP} = T.H.\Pi.Z^{1.5} \qquad (۲)$$

H ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز بر حسب میلی متر است و T ضریب درجه حرارت که از رابطه (۳) بدست می‌آید:

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{0.5} \qquad (۳)$$

t میانگین درجه حرارت سالانه برحسب درجه سانتیگراد است. ضریب رسوبدهی R_U نیز از رابطه (۴) محاسبه می شود:

$$R_U = \frac{4(P*D)^{0.5}}{L+10} \qquad (۴)$$

P محیط حوضه(km)، D اختلاف ارتفاع بین ارتفاع متوسط و نقطه خروجی حوزه (km) و L طول حوضه(km) می باشد. در مرحله بعد با ضرب مقادیر Ru و Wsp رسوب ویژه Gsp بر حسب مترمکعب برکیلومتر

Archive of SID
www.SID.ir

مربع 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 تائید 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 نظرگرفتن 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.

Archive of SID

نتایج

سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه شدت فرسایش با بکارگیری مدل EPM مورداستفاده 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 Ru، ۱/۲۸ تن در هکتار در سال است و مقدار ثبت شده در ایستگاه رسوب سنجی حدود ۱/۳ تن در هکتار در سال می باشد که این مقادیر قابل قبول بوده و کارایی مدل را تائید می نماید. کارایی مدل مذکور توسط محققین مختلف در حوضه های متعددی در سطح کشور مورد تأیید قرار گرفته است (آقاجانلو، ۱۳۸۴ و عجم نوروزی، ۱۳۸۳).

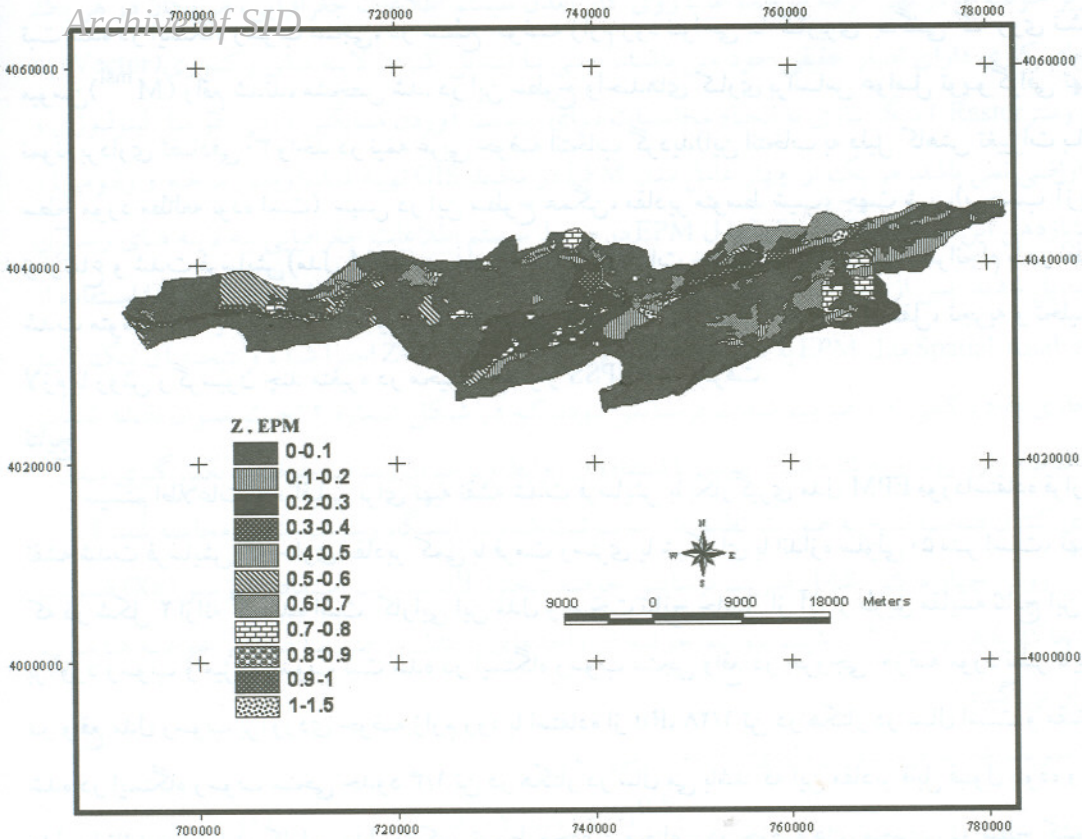
پس از تائید نتایج حاصله و صحت شبیه سازی، نقشه شدت فرسایش تهیه شده که به عنوان معیار بررسی کیفی فرسایش مد نظر قرار گرفت. در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با همپوشانی لایه های کاربری اراضی و زمین شناسی زارم رود، واحدهای همگن از لحاظ زمین شناسی و کاربری اراضی تهیه و قسمتی که درغرب حوضه واقع شده است، برای این تحقیق به منظور کاهش تغییرات در شدت بارش و دما در نظرگرفته 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

www.SID.ir

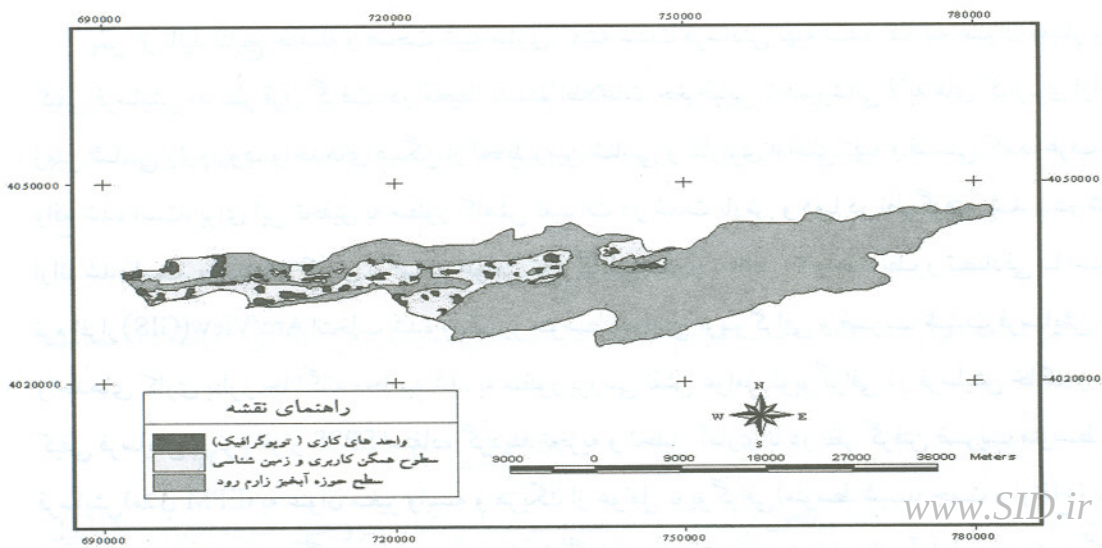
[1] - Sediment Delivery Ratio

چند متغیره با هدف بررسی تاثیر عوامل توپوگرافی در شدت فرسایش خاک در سطح حوضه زارم رود در جدول۱ ارائه شده است.

Archive of SID



شکل۲ نقشه شدت فرسایش حوضه زارم رود با استفاده از مدل EPM



www.SID.ir

شکل ۳ واحد های 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
ضریب همبستگی پیرسون	فرسایش	1.000	.427	.390	-.071
	شیب	.427	1.000	.294	.267
	جهت	.390	.294	1.000	-.205
	ارتفاع	-.071	.267	-.205	1.000
سطح معنی داری	فرسایش	.	.009	.017	.355
	شیب	.009	.	.058	.077
	جهت	.017	.058	.	.138
	ارتفاع	.355	.077	.138	.

Archive of SID

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 تأثیرگذار هستند(دسمیت و دیگری[1]، 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 می‌دهد 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(سلبی[2]، 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 صحرایی 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 می‌باشد.

1 - Desmit et al
2 - Selby

www.SID.ir

خاک ها در دامنه های رو به آفتاب و پشت به آن تحت تسلط میکروکلیمای گوناگون قرار می گیرند. جهت شیب با تأثیر بر میزان برخورداری از بارش و نور خورشید و در نتیجه تفاوت در میزان پوشش گیاهی در جهت های مختلف، در شدت و میزان فرسایش تأثیر دارد. مطالعات صحرایی بیانگر آن است که زمین لغزش ها در سطح حوضه در تمامی جهت ها، به خصوص در شیب های جنوبی یافت می شوند. مطالعات رایس و دیگران[1](۱۹۶۹) در جنوب کالیفرنیا چنین نتیجه داده است که فرکانس زیاد حرکات توده ای مواد در شیب های شمالی نسبت به شیب های جنوبی، در نواحی که دارای آب و هوای مدیترانه ای هستند، بیشتر است، زیرا شیب های شمالی غالبا از درخت پوشیده شده، ولی شیب های جنوبی از علف پوشیده شده است(چورلی و دیگران[2]، ۱۳۷۹). در صورتی که در منطقه مورد مطالعه، شرایط آب و هوایی مشابه و با کاربری عمومی جنگل حاکمیت داشته و عدم وجود رابطه ی بالا بین جهت شیب و فرسایش خاک را موجب شده است.

Archive of SID

ارتفاع نیز در جهت های 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 لغزش های متعددی رخ داده که حجم خاک از دست رفته در آن ها قابل ملاحظه است. اما در ارتفاعات بالا، زمین لغزش ها را نمی توان یافت که با نتایج تحقیقات مسینیا و دیگران(۲۰۰۱) و همچنین گوپتا و دیگران[3](۱۹۹۹) همخوانی دارد. در ارتفاعات، نقش آب های جاری بسیار محدود است، مگر هرزآب های ایجاد شده از برف های بهاری که نقاط محدودی را شامل می گردد. از طرفی، در ارتفاعات پایین و شیب های 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 می گردند. 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 تائید قرارگرفت.

منابع

۱- آقاجانلو، خلیل، ۱۳۸۴، بررسی کارائی مدل های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز زنجان رود با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی، دانشگاه مازندران.

۲- احمدی، حسن ،۱۳۷۸، ژئومرفولوژی کاربردی، جلد۱، فرسایش آبی. انتشارات دانشگاه تهران.

۳- جداری عیوضی، جمشید و جوکارسرهنگی، عیسی، ۱۳۸۰، کارایی واحدهای ژئومرفولوژی در ارزیابی فرسایش و رسوب(مطالعه موردی: حوضه آبخیز بوجان)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۰، صص ۹۱- ۷۳.

۴- چورلی، ریچارد جی و دیگران، ۱۳۷۹، ژئومرفولوژی، جلد سوم، فرایندهای دامنه ای ، آبراهه ای، ساحلی و بادی، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت.

1 - Rice et al
2- Chorley et al
3 - Gupta et al

www.SID.ir

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 ۵۸- ۴۹.

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، سرکلاته و پابند، مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ .

۱۲- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه های زمین شناسی ساری و گرگان، مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱.

۱۳- عجم نوروزی، غلامرضا، ۱۳۸۳، بررسی کارائی 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 Procdure 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.

www.SID.ir