

بررسی حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش با به کارگیری مدل EPM در حوضه ی ابهر رود

اکرم افشاری^۱، پرویز غضنفری^۲، پرویز عبدی نژاد^۳ و اعظم کاهه^۴

۱-دانش آموخته کارشناس ارشد رسوب و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات. akramafshari@gmail.com

۲- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه بین المللی امام خمینی

۳- استادیار رشته کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان

۴- دانش آموخته کارشناس ارشد رسوب و سنگ شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۷ تاریخ تصویب: ۹۳/۱۱/۲۸

چکیده

فرسایش فرایندی طبیعی بوده که در تمام نقاط زمین در حال تکوین است و در تغییر و تحول سطح زمین اهمیت فراوان دارد. هدف از این پژوهش، تهیه نقشه های حساسیت سنگ ها به فرسایش، شدت فرسایش، نرخ فرسایش ویژه و برآورد میزان رسوبدهی واحدهای سنگی در حوضه ابهر رود با استفاده از مدل تجربی EPM در محیط GIS است. حوضه ابهر رود با مساحت ۱۸۹۲۵۶/۱ هکتار در جنوب خاوری زنجان قرار دارد. منطقه مورد بررسی دارای آب و هوای نیمه خشک و اقلیم مدیترانه ای با میانگین بارندگی ۳۴۴/۵ میلیمتر در سال است. سازندهای زمین شناسی این حوضه وابسته به دوران های دیرینه زیستی، میانه زیستی و نوزیستی است. سازند کهر به سن پرکامبرین، کهن ترین و رسوبات آبرفتی کواترنر، جوان ترین نهشته های حوضه مورد مطالعه هستند. منطقه عموماً از سنگ های رسوبی تشکیل شده است. برای شناخت بهتر، منطقه به یازده زیرحوضه تقسیم شده است. در این پژوهش عوامل مؤثر بر فرسایش و شکلشان، همچنین نرخ فرسایش مورد بررسی قرار گرفت و سپس نقشه تیپ فرسایش تهیه شد. با به کارگیری نرم افزار Arc GIS نقشه میزان رسوبدهی تهیه شد و با کمک مدل تجربی EPM شدت رسوبدهی در هر زیرحوضه محاسبه شد. زیرحوضه A7 کمترین رسوبدهی و زیرحوضه A2 بیشترین رسوبدهی سالانه را در حوضه نشان می دهد. میزان رسوب ویژه در منطقه مورد مطالعه ۸/۸۱ تن در هکتار در سال برآورد شد. محاسبه مدل EPM نشان داد حوضه ابهر رود از نظر شدت فرسایش در کلاس خیلی شدید قرار دارد و زیر حوضه A2 بایستی در اولویت اول برای برنامه های حفاظتی خاک قرار گیرد.

واژگان کلیدی: حوضه ابهر رود، فرسایش، رسوب زایی، مدل EPM.

مقدمه

فرسایش خاک بر محیط زیست و تولید رسوب در کاهش حاصلخیزی و هدر رفت خاک، پرشدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، آبراهه ها و رودخانه ها، گل آلود کردن آب رودخانه ها و کاهش کیفیت آن، آلودگی آب های مناطق پایین دست و غیره بر کسی پوشیده نیست. برای پیشگیری و کاهش اثرات فرسایش نیاز به اقدامات حفاظت خاک و آبخیزداری و کنترل رسوب است. (حکیم خانی ۱۳۸۱). روند روزافزون افزایش جمعیت در

نگرانی از اثرات منفی فرسایش بر تخریب خاک همواره وجود دارد تا حدی که فرسایش خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی باعث آلودگی محیط زیست شده و روند بحرانی شدن محیط زیست را بیشتر می کند. کارشناسان محیط زیست بر این باورند که برای پیشگیری از فرسایش آب و خاک و بهره برداری خوب و سالم از منابع طبیعی، باید استفاده درست از منابع فرهنگ سازی شود. فرسایش زیست محیطی نتیجه تأثیر متقابل قدرت فرسایندهای عامل

جنوب به رودخانه خررود و از طرف باختر به حوضه رودخانه زنجان رود محدود می‌شود. این رودخانه یکی از منابع اصلی تأمین‌کننده آب دریاچه قم به شمار می‌آید. مساحت کل حوضه ۱۸۹۲/۵۶ کیلومتر مربع است. بلندترین نقطه در سطح حوضه، قله کوه‌گوی‌قزای با بلندی ۲۷۴۱ متر واقع در جنوب باختری حوضه و پست‌ترین نقطه آن با بلندی ۱۲۵۰ متر در محل برخورد ابررود و خررود قرار دارد. شیب عمومی حوضه شمال باختری- جنوب خاوری است. برای دسترسی به تمام نقاط حوضه ابررود به منظور انجام بازدیدهای میدانی و مطالعات تکمیلی لازم است تا تمامی جاده‌های اصلی و فرعی شناسایی شود. ناحیه مورد مطالعه از نظر راه‌های ارتباطی تا حدودی مناسب است. راه‌های دسترسی به منطقه مورد نظر از طریق راه آسفالت و آزاد راه قزوین- زنجان می‌باشد. فاصله قزوین تا ابر ۸۵ کیلومتر و فاصله ابر تا زنجان ۹۵ کیلومتر و فاصله این منطقه از شهر خرم‌دره ۵ کیلومتر است. در این پژوهش با توجه به شناخت هر چه بیشتر ویژگی‌های هیدرولوژیکی برای اجرای برنامه‌های حفاظت خاک، حوضه اصلی به ۱۱ زیرحوضه تقسیم‌بندی شد. نقشه راه‌های دسترسی منطقه وزیر حوضه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب نشان داده شده است. در آغاز عوامل مؤثر در فرسایش محیط زیست به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اطلاعات به دست آمده و با به کارگیری نرم‌افزار Arc GIS و با مدل EPM نقشه‌های تیپ فرسایش، حساسیت سازندها به فرسایش و در نهایت نقشه فرسایش ویژه، رسوب ویژه و پتانسیل رسوب‌دهی هر یک از واحدهای آب‌شناختی محاسبه شد.

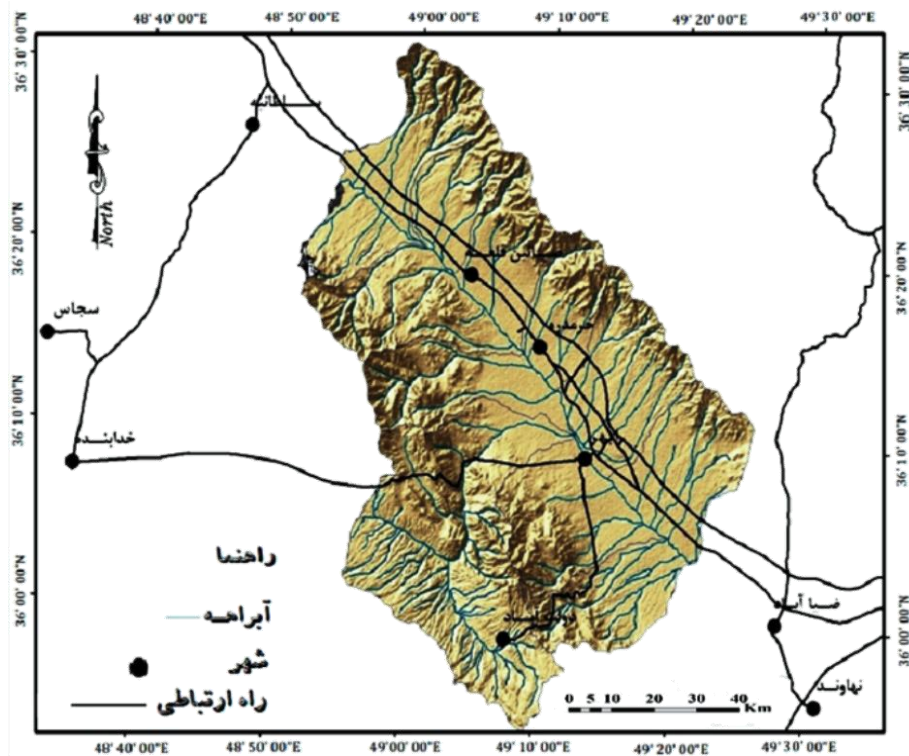
مشخصه‌های مدل EPM

ضریب شدت فرسایش حوضه (Z)، ضریب فرسایش مشاهده-ای حوضه آبخیز (Ψ)، ضریب کاربری زمین (X_n)، ضریب حساسیت خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای گوناگون زمین‌ها و یا در شبکه‌های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار می‌گیرد (رفاهی، ۱۳۸۵).

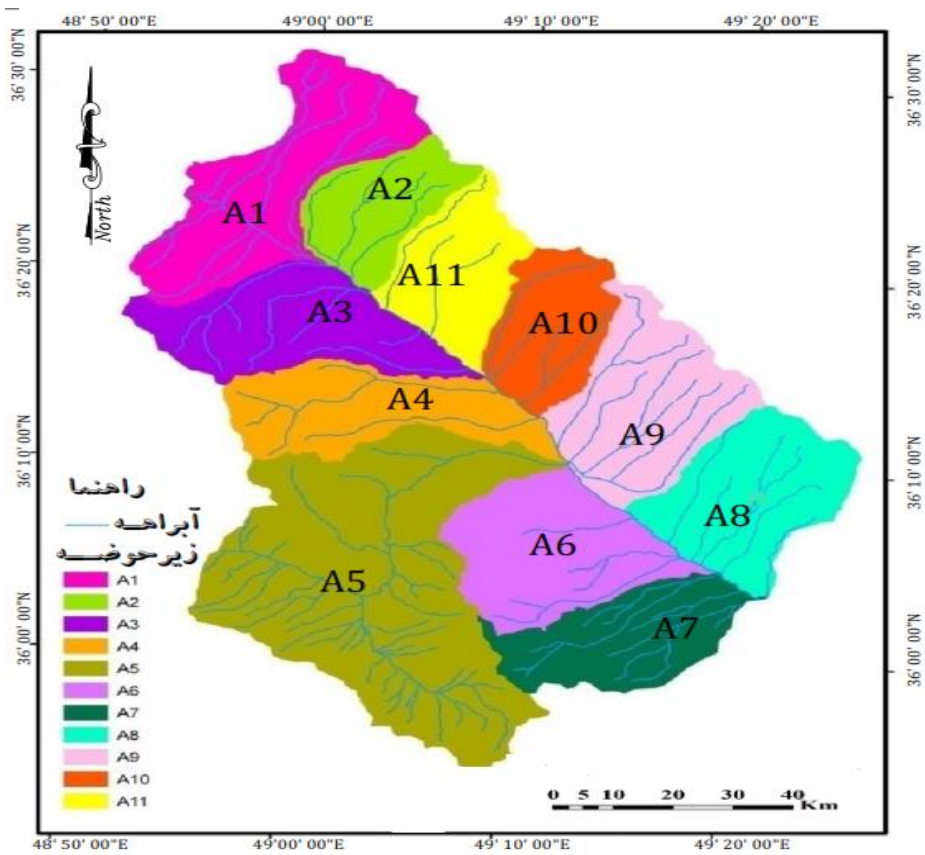
کشورهای توسعه یافته، با میانگین نرخ رشد ۱/۳ درصد و در کشورهای در حال پیشرفت با میانگین رشد ۳ درصد، لزوم استفاده بهینه از منابع زمینی و به ویژه منابع خاک را اجتناب ناپذیر ساخته است (FAO 1960). سنگ‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی از جمله عوامل مؤثر در نابودی خاک‌ها محسوب می‌شوند (Mallory & Cargo 1979). برای مبارزه درست و اصولی با فرسایش خاک و آسیب آن بر محیط زیست، لازم است حساسیت خاک‌های مختلف و عوامل اصلی مؤثر بر فرسایش خاک را در هر منطقه از روش مطالعه و پژوهش به دست آورده، سپس با تهیه نقشه فرسایش خاک آن منطقه نسبت به اولویت‌بندی بخش‌های حساس به فرسایش اقدام نموده و در نهایت عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری را در مناطق بحرانی متمرکز نمود (رفاهی ۱۳۸۵). ارزیابی خطر یا حساسیت فرسایش‌پذیری زمین برای پهنه‌بندی پتانسیل آن در واقع یک شکل یا فرم خاصی از ارزیابی زمین به منظور مشخص کردن زمین است که دارای بیشترین مقدار تولید رسوبات معلق در اثر تخریب و متلاشی شدن خاک را دارند، هستند (Morgan, 2005). از جمله وظایف زیست محیطی خاک می‌توان به توانایی آن در تولید ماده زنده از راه تأمین عناصر غذایی، هوا، ذخیره آب، حمایت از استقرار و توسعه گیاهان اشاره کرد (Tiessen, 2002). با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در عرصه تحقیقات و مطالعات و توسعه و تکمیل شدن نرم‌افزارهای مربوطه، امکان روی هم‌اندازی لایه-های اطلاعاتی مختلف، وزن‌دهی، محاسبات مختلف و برآورد توزیعی- مکانی اطلاعات فراهم شد (قرمزچشمه و بیات ۱۳۸۴). برآورد میزان تولید رسوب و تهیه نقشه‌های عامل رسوب‌دهی به روش‌های گوناگون انجام می‌پذیرد، که مدل EPM در این پژوهش برای برآورد میزان رسوب حوضه ابررود در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

حوضه ابررود یکی از حوضه‌های فرعی دریاچه نمک قم که از طرف شمال به حوضه رودخانه قزل‌اوزن و از طرف



شکل ۱- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه



شکل ۲- نقشه زیر حوضه‌های حوضه ابهرود

شدت فرسایش حوضه با فرمول زیر محاسبه شد.

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

این منطقه از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران و از دیدگاه ساختاری برپایه پهنه بندی (نبوی ۱۳۵۵) در پهنه البرز آذربایجان و برپایه پهنه بندی بربریان، (Berberian 1981) در زون ایران مرکزی جای گرفته است. رفتار سنگ ها در مقابل هوازدگی و فرسایش به عوامل گوناگونی بستگی دارد برخی مربوط به سرشت خود سنگ و برخی در ارتباط با عوامل بیرونی است. عوامل گوناگونی بر فرسایش پذیری و رسوب دهی حوضه

مؤثر هستند که رایج ترین این عوامل در منطقه مورد مطالعه

عبارتند از:

- عوامل اقلیمی

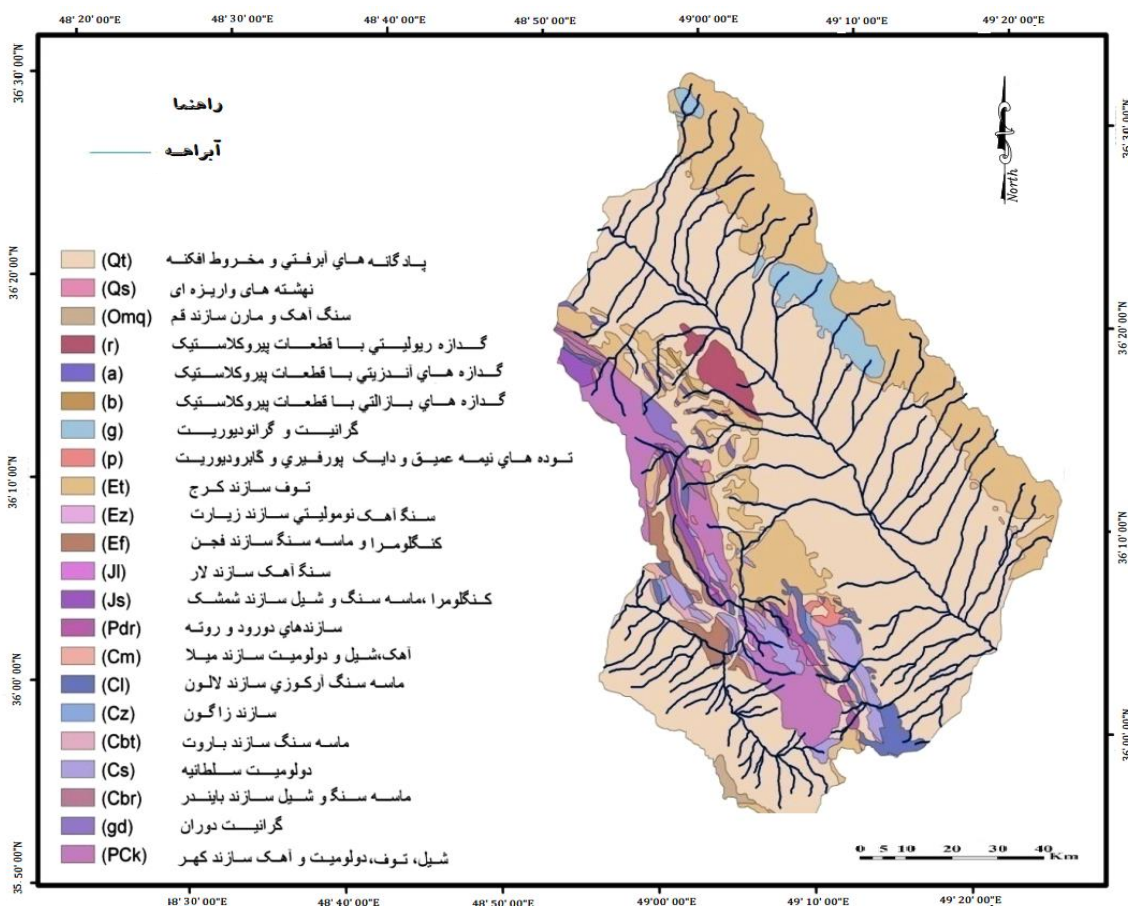
- فرسایش پذیری خاک

- شیب زمین

- پوشش گیاهی

- نحوه بهره برداری از زمین ها (رفاهی ۱۳۸۵).

در مطالعات فرسایش، ویژگی های سنگ شناسی حوضه از اهمیت بسیاری برخوردار است. شکل ۳ نقشه زمین شناسی حوضه ابهرود و جدول ۱ مجموع سازندهای موجود در حوضه را نشان می دهد.



شکل ۳- نقشه زمین شناسی حوضه ابهرود

جدول ۱- راهنمای سازندهای موجود در منطقه

دوران	دوره	سازند	نشانه	ویژگی‌های سنگ‌شناسی (لیتولوژی)	
نورزیستی	کواترنری	-	Qt	کنگلومرای سخت‌نشده و سست با میان لایه‌های رسی- ماسه‌ای	
			Qs	نهشته‌های واریزه‌ای	
	ترشیبری	قم		Omq	آهک ضخیم لایه و اغلب ریفی و مارن
				r	گدازه‌های ریولیتی
		سنگ‌های آذرین		a	گدازه‌های آندزیتی
				b	گدازه‌های بازالتی
				g	گرانیت و گرانودیوریت
				p	توده‌های نیمه‌عمیق و دایک پورفیری
			کرج	Et	شیل و سنگ‌های ولکانیکی شامل توف و گدازه
			زیارت	Ez	آهک ماسه‌ای، آهک نومولیت‌دار
	ذوراسیک	لار	Jl	سنگ آهک‌های خاکستری روشن ضخیم تا توده‌ای	
شمشک		Js	شیل زیتونی رنگ همراه با میان لایه‌های ماسه‌سنگی		
دیرینه‌زیستی	پرمین	دورود- روته	Pdr	آهک ستبر لایه	
		میلا	Cm	سنگ‌آهک‌های دولومیتی تریلوبیت دار، ماسه‌سنگ و شیل	
	کامبرین	لالون	Cl	ماسه سنگ‌های آکوزی با سیمان سیلیسی	
		زاگون	Cz	شیل رسی ماسه‌ای میکادار ارغوانی رنگ همراه با ماسه‌سنگ قرمز	
		باروت	Cbt	شیل رسی، سیلتی و ماسه‌ای و میکادار و دولومیت و آهک	
		سلطانیه	Cs	دولومیت ضخیم و سنگ آهک با میان لایه‌های شیل ضخیم	
		بایندر	Cbr	ماسه‌سنگ و شیل قرمز میکادار همراه با آهک و دولومیت	
		پراکامبرین	گرانیت دوران	gd	گرانیت پراکامبرین شامل گرانیت دوران
	کهر		Pck	شیل رسی سرخ‌رنگ و شیل ماسه‌ای میکادار با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، دولومیت و سنگ آهک	

بحث و نتایج

بر این پایه پس از بازدید میدانی و بررسی فاکتور بالا فرسایش سطحی حوضه آبخیز به شرح زیر به ۳ دسته جدا شد. S2: فرسایش سطحی با شدت متوسط با کد S2، نزدیک ۸۷۹۶۵/۸۷ هکتار که بیشترین گسترش آن در تیپ S2R1G1 مشاهده می‌شود. S3: فرسایش سطحی بحرانی با کد S3، نزدیک ۳۵۸۲۰/۶۷ هکتار که بیشترین گسترش آن در تیپ فرسایشی S3R2G2 است. S4: فرسایش سطحی خیلی بحرانی با کد S4، حدود ۶۱۳۹۴/۵ هکتار که بیشترین گسترش آن در تیپ فرسایشی S4R3G2 است.

نتایج حاصل از رده بندی فرسایش از نظر شکل در این پژوهش افرسایش سطحی با کد S: شدت حرکت خاک سطحی، میزان تجمع خاک اطراف پای بوته‌ها و سنگ‌ها، تغییر در عمق خاک سطحی، وضعیت پراکنش سنگریزه سطحی، وجود Pedestal گیاهی و یا سنگی، برونزد و یا لخت شدن ریشه گیاهی، از جمله فاکتورهایی هستند که شدت و ضعف فرسایش سطحی را نشان می‌دهند (نشانه‌ها و شواهد فرسایش سطحی از روش BLM استفاده شد).

G2: فرسایش آبراهه‌ای با کد G2، آبراهه‌های با عمق ۱ تا ۲ متر و به فاصله ۵۰ تا ۱۵۰ متر از یکدیگر و ۱۰ تا ۳۰ درصد مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت فرسایشی است. نزدیک ۵۲۲/۶۸۱ هکتار، که در تیپ فرسایشی S4R3G2 گسترش دارد.

فرسایش سیلابی: در این نوع فرسایش، باران‌های معمولی فرورفتگی‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و برکه‌ها را پر کرده و خاک را اشباع می‌کند، اگر به دنبال آن باران شدیدی ریزش کند تقریباً تمامی آب جاری شده و سرانجام از دره کوه‌ها به سمت پایین دست حرکت می‌کند. در این نوع فرسایش آب قدرت فرسایشی زیادی دارد و معمولاً مواد درشت را در قسمت‌های بالا و مواد ریز را به ترتیب ابعادشان در قسمت‌های پایین قرار می‌دهد.

فرسایش ناشی از شخم و شیار: این نوع فرسایش در اثر شخم و شیار و برگرداندن خاک ناشی از حرکت خاک به طرف پایین دست شیب حاصل می‌شود در زمین کشاورزی، مناطق شیب‌دار و دیواره‌ها که عملیات کشاورزی انجام می‌پذیرد، این نوع فرسایش دیده می‌شود. متأسفانه شخم و شیار در جهت شیب زمین شدت این مسئله را دو برابر می‌نماید (رفاهی ۱۳۸۵).

فرسایش کنار رودخانه‌ای

این فرسایش در دیواره مسیر رودخانه‌ها انجام می‌گیرد، در این فرسایش منطقه‌هایی که شدیداً فرسایش می‌یابند بخش‌های بیرونی خمیدگی‌های رودخانه است که نیروی برشی آب در آنجا زیاد است. این نوع فرسایش در تشکیل فیزیوگرافی رودخانه‌ها تأثیر دارد، به طوری که فعالیت آن باعث تشکیل مائندهای مشخص در آبراهه‌های محدود منطقه شده است. فرسایش کنار رودخانه‌ای (آبکندی) از نظر مشخصات عمق کناره، و درصدی از طول مسیر که تحت تأثیر فرسایش قرار دارند قابل بررسی است. در حوضه آبخیز این شکل فرسایش در ۱ دسته دیده شده است.

فرسایش شیاری با کد R: برای کنترل فرسایش شیاری باید با انجام کارهایی مانند شخم زدن و افزایش مواد آلی گنجایش جذب خاک را بالا برد و به این صورت میزان آبدوی و در نتیجه مقدار فرسایش را کاهش داد. برای کنترل فرسایش شیاری همچنین باید حاصلخیزی خاک را حفظ نمود تا پوشش گیاهی مناسبی به وجود آید. برای کنترل فرسایش شیاری همچنین لازم است شخم در جهت عمود بر شیب انجام گیرد (رفاهی، ۱۳۸۵). در این حوضه بر پایه مشخصات ژرفا، فاصله از یکدیگر، میزان فعالیت فرسایشی و فشردگی فرسایش شیاری در ۳ دسته به شرح زیر مشاهده شد.

R1: فرسایش شیاری با کد R1، شیارهای بسیار کم عمق تا کم عمق (در حد رویت) و به فاصله بیش از ۲۰ متر از یکدیگر و از نظر فعالیت فرسایشی ضعیف هستند. نزدیک ۸۷۹۶۵/۸۷ هکتار که بیشترین گسترش آن در تیپ فرسایشی S2R1G1 است. R2: فرسایش شیاری با کد R2، شیارهای کم عمق (کمتر از ۱۰ سانتی متر) و به فاصله ۵ تا ۲۰ متر از یکدیگر و از نظر فعالیت فرسایشی نسبتاً فعالند. نزدیک ۳۵۸۲۰/۶۷ هکتار که بیشترین گسترش آن در تیپ فرسایشی S3R2G2 است. R3: فرسایش شیاری با کد R3، شیارهای نیمه عمیق ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر عمق دارند و به فاصله ۱ تا ۵ متر از یکدیگر و از نظر فرسایشی فعالند. نزدیک ۶۱۳۹۴/۵ هکتار که در سطح تیپ S4R3G2 گسترش دارد.

فرسایش آبراهه‌ای (خندقی) با کد G

فرسایش آبراهه‌ای در حوضه آبخیز بر پایه عمق، فاصله از یکدیگر، میزان فعالیت فرسایشی، فشردگی در سطح (روش BLM) به ۲ طبقه تقسیم به شرح زیر است.

G1: فرسایش آبراهه‌ای با کد G1، آبراهه‌های کم عمق (کمتر از ۱ متر) و به فاصله ۱۵۰ متر از یکدیگر تثبیت شده و یا کمتر از ۱۰ درصد مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت فرسایشی است. نزدیک ۹۹۹۵۹/۴۴ هکتار، که بیشترین گسترش آن در تیپ فرسایشی S2R1G1 است.

و بیش از ۵۰ درصد طول مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت‌های فرسایشی است، نزدیک ۳۴۰۷/۵ هکتار است.



شکل ۶- فرسایش آبراهه‌ای، روستای پلاس

LS: فرسایش کنار رودخانه‌ای با عمق کناره ۱ تا ۵ متر و بیش از ۵۰ درصد طول مسیر آن ناپایدار و دارای فعالیت‌های فرسایشی است. فرسایش کنار رودخانه‌ای با کد LS3، فرسایش کنار رودخانه‌ای با عمق کناره ۱ تا ۵ متر



شکل ۴- فرسایش ورقه‌ای روستای ارهان (زنجان‌ی جم)



شکل ۷- فرسایش ناشی از شخم و شیار، جاده ابهر- قیدار



شکل ۵- فرسایش خندق، روستای اسپاس

تعیین فرسایش ویژه یک حوضه، میانگین وزنی Z را برای حوضه محاسبه کرده و سپس میانگین‌های سالانه بارندگی و دمای حوضه را به دست آورده و در رابطه (۲) قرار می‌دهیم. عدد محاسبه شده بیانگر مقدار خاکی است که از بستر خود جدا شده و انتقال یافته است. اما همه این مواد به نقطه خروجی نخواهد رسید. مدل EPM بر خلاف مدل PSIAC میزان محاسبه شده تا این مرحله را فرسایش ویژه تلقی می‌کند و تا رسیدن به رسوب ویژه مرحله دیگری باقی دارد. که در روش EPM برای برآورد میزان رسوب ویژه در حوضه آبخیز از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$G_{sp} = W_{sp} \cdot Ru \quad (3)$$

G_{sp} : رسوب ویژه بر حسب تن در هکتار در سال
 W_{sp} : میانگین سالانه فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار در سال

Ru : ضریب رسوبدهی حوضه. جهت برآورد میزان رسوب ویژه در حوضه آبخیز با استفاده از روش EPM، با توجه به این که بخشی از خاک فرسایش یافته از سطح حوضه آبخیز و بخشی دیگر توسط حمل آب از حوضه آبخیز خارج می‌شود لذا رسوب خارج شده با دخالت دادن ضریب رسوبدهی با استفاده از رابطه (۴) به دست می‌آید.

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

P : محیط حوضه به کیلومتر
 L : طول حوضه به کیلومتر
 D : متوسط اختلاف سطح در حوضه آبخیز به کیلومتر که از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$D = D_{av} - D \quad (5)$$

D_{av} : ارتفاع متوسط حوضه آبخیز
 D_0 : ارتفاع نقطه خروجی رودخانه است.

در منطقه مورد مطالعه (حوضه ابهررود) طبق بازدیدهای میدانی انجام شده، بیشتر فرسایش ورقه‌ای، خندقی، شیاری، آبراهه‌ای و فرسایش ناشی از عملیات شخم و شیار را می‌توان مشاهده کرد که تصاویر آن‌ها در شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ آورده شده است.

تعدادی از پژوهشگران سال‌های دراز کوشش کرده‌اند بین میزان فرسایش‌پذیری خاک روی محیط زیست و ویژگی‌های مختلف آن ارتباطی برقرار سازند. باید در نظر داشت که فرسایش‌پذیری خاک معمولاً در بازه‌های زمانی مختلف سال ثابت نیست زیرا ممکن است در میزان مواد آلی، ساختمان خاکدانه‌ها، درصد رطوبت و بافت لایه سطحی تغییراتی در کوتاه‌مدت رخ دهد (رفاهی ۱۳۸۵). به این نتیجه رسید که به طور کلی در عمل فرسایش آبی ابتدا دانه‌های خاک در اثر برخورد قطره‌ها باران یا نیروی برشی آبدوی از توده خاک جدا می‌شوند، سپس این دانه‌ها بوسیله قطره‌های باران یا آبدوی منتقل می‌شوند. بنابراین فرسایش‌پذیری خاک تابعی از توان جداسدن دانه‌ها و توان انتقال آنها است.

از عوامل مؤثر در فرسایش و حساسیت آن به فرسایش جنس سنگ است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. (جدول ۲ و شکل ۴) پس از برآورد ضریب شدت فرسایش و طبقه‌بندی آن به صورت کیفی می‌توان نسبت به تخمین فرسایش ویژه اقدام نمود. در روش EPM فرسایش ویژه با استفاده از رابطه (۲) برای زیرحوضه‌ها تعیین شد.

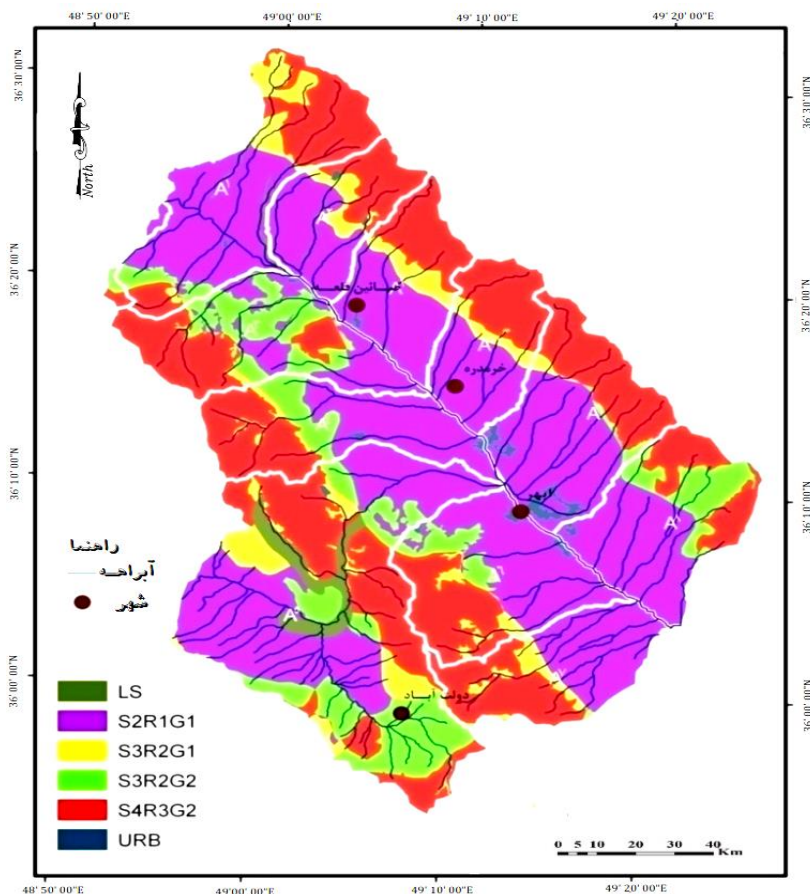
$$W_{sp} = T \cdot H \cdot \pi \cdot Z^{1.5} \quad (2)$$

W_{sp} : میانگین سالانه فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار در سال
 T : ضریب دما
 H : ارتفاع متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز بر حسب میلی‌متر.
 Z : ضریب شدت فرسایش.

π : عدد پی برابر ۳/۱۴ است. همان طور که اشاره شد با کاربرد رابطه بالا برای هر یک از زیرحوضه‌ها و حوضه اصلی فرسایش ویژه با روش EPM محاسبه می‌شود. برای

جدول ۲- مساحت تپ های فرسایشی بر حسب هکتار در زیر حوضه های مورد مطالعه

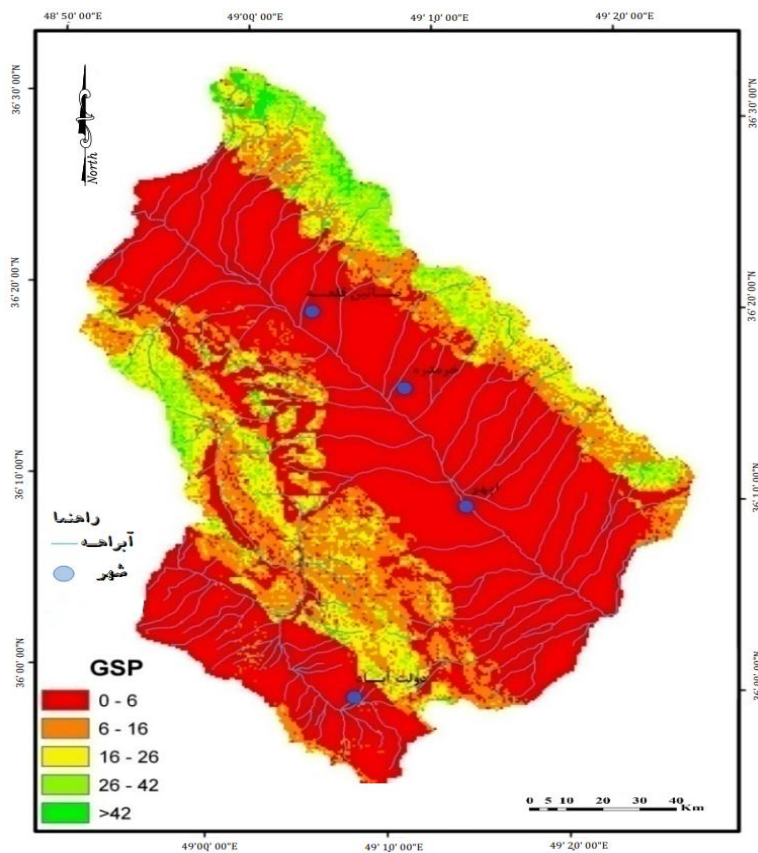
مجموع	تپ فرسایشی						زیر حوضه
	LS	S2R1G1	S3R2G1	S3R2G2	S4R3G2	URB	
۱۹۸۲۷/۵		۱۰۰۱۸/۷	۲۲۴۳/۸	۹۹۸/۱	۶۵۴۶/۲	۲۰/۷	A ₁
۹۶۲۲/۱		۵۲۸۳/۷	۱۰۷۷/۳		۳۱۸۵/۹	۷۵/۱	A ₂
۱۵۸۲۸/۱		۴۹۲۷/۵	۱۵۸/۸	۵۰۰۳/۰	۵۷۱۳/۱	۲۵/۷	A ₃
۱۴۲۴۸/۶		۶۵۱۱/۴	۳۴۴/۸	۲۰۸۰/۸	۵۱۷۹/۷	۱۳۱/۹	A ₄
۴۵۳۱۲/۳	۲۸۲۳/۳	۱۷۰۷۷/۳	۳۸۷۴/۱	۹۷۲۸/۸	۱۱۷۴۹/۱	۵۹/۷	A ₅
۱۶۵۰۳/۴		۸۴۵۷/۲	۸۲۲/۰	۱۷۴۳/۳	۵۱۸۹/۵	۲۹۱/۵	A ₆
۱۲۸۴۷/۶		۶۴۴۹/۵	۱۰۵۶/۲	۲۵۷/۳	۵۰۸۴/۷		A ₇
۱۵۶۸۵/۶		۸۲۸۱/۹		۳۳۷۳/۰	۳۹۲۳/۶	۱۰۷/۱	A ₈
۱۷۳۵۸/۸		۹۵۵۷/۱	۲۶۷/۱	۴۳۴/۱	۶۳۵۷/۵	۷۴۳/۰	A ₉
۱۰۳۸۱/۰		۵۲۲۷/۲	۸۵۸/۴		۴۲۹۵/۴		A ₁₀
۱۰۹۱۳/۵		۵۷۷۷/۷	۱۲۶۲/۰	۰/۴	۳۸۰۳/۵	۶۹/۹	A ₁₁
۱۸۸۵۲۸/۷	۲۸۲۳/۳	۸۷۵۶۹/۲	۱۱۹۶۴/۷	۲۳۶۱۸/۷	۶۱۰۲۸/۳	۱۵۲۴/۶	مجموع



شکل ۸- نقشه تپ فرسایش در منطقه مورد مطالعه

جدول ۳- محاسبه فرسایش ویژه و رسوب ویژه به روش EPM در حوضه ابهررود

زیر حوضه	محیط (کیلومتر)	مساحت (هکتار)	طول حوضه آبخیز (کیلومتر)	ارتفاع متوسط (متر)	ارتفاع خروجی (متر)	اختلاف سطح (کیلومتر)	فرسایش ویژه (T.H.Y)	ضریب رسوبی (Ru)	رسوب ویژه (Gsp)
A ₁	۸۱/۲۶	۲۰۱۴۷/۷۲	۱۱/۹	۲۰۱۱	۱۷۴۸	۰/۲۰	۰/۱۰	۱/۹۵	۱۱/۱۹
A ₂	۴۴/۵۸	۹۷۳۷/۲۸	۱۳/۲	۱۹۸۳	۱۷۰۹	۰/۲۷	۰/۲۲	۱/۰۵	۱۱/۷۹
A ₃	۶۵/۲۹	۱۵۸۸۵/۴۷	۱۶/۱	۱۹۵۶	۱۶۲۰	۰/۳۷	۰/۳۰	۱/۰۶	۱۰/۳۷
A ₄	۶۶/۱۷	۱۴۴۵۲/۸۳	۱۶/۵	۱۹۰۶	۱۵۴۶	۰/۳۰	۰/۲۰	۱/۰۶	۱۱/۵۶
A ₅	۱۱۹/۱۳	۴۵۳۳۳/۴۴	۲۹/۷	۱۹۹۹	۱۵۵۰	۰/۳۰	۰/۳۷	۲/۰۶	۷/۳۸
A ₆	۵۹/۱۸	۱۶۵۰۳/۴۲	۱۴/۰۳	۱۷۶۱	۱۴۶۱	۰/۳۰	۰/۲۲	۱/۰۴	۶/۴۰
A ₇	۵۸/۷۲	۱۲۸۵۸/۷۲	۱۸/۲۴	۱۷۱۱	۱۴۳۶	۰/۲۷	۰/۳۴	۱/۰۴	۶/۰۴
A ₈	۵۵/۵۴	۱۵۶۹۸/۱۳	۱۴/۸۳	۱۶۵۱	۱۳۴۶	۰/۲۰	۰/۳۱	۱/۰۶	۶/۱۶
A ₉	۶۳/۴	۱۷۳۳۸/۲۹	۱۴/۶۴	۱۷۵۰	۱۵۵۰	۰/۲۰	۰/۲۹	۱/۰۴	۶/۸۵
A ₁₀	۴۵/۶۸	۱۰۳۸۵/۵۵	۱۴/۷۴	۱۸۷۰	۱۵۷۸	۰/۲۰	۰/۳۶	۱/۰۸	۹/۷۴
A ₁₁	۵۱/۷۰	۱۱۰۴۹/۸۴	۱۲/۵	۱۹۲۸	۱۶۲۰	۰/۳۰	۰/۳۸	۱/۰۴	۸/۹۵
کل حوضه	۷۱۰/۳۸	۱۸۹۲۵۶/۱	۵۷/۳	۱۸۶۶/۵	۱۴۴۴	۰/۳۰	۰/۲۹	۲/۰۵	۸/۷۱



شکل ۹- نقشه رسوب ویژه در زیر حوضه های حوضه ابهررود

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد حوضه آبخیز ابهرود در کلاس فرسایشی خیلی شدید قرار دارد و منطقه بالقوه آماده فرسایش است. عواملی مانند میزان حساسیت زمین به فرسایش، کاربری زمین که در این منطقه بیشتر کشاورزی دیم است و ضریب فرسایش که در طی بازدیدهای میدانی انجام شد، شیب زمین در شدت فرسایش حوضه مؤثرند، و مهم‌تر از همه در این منطقه روش نادرست در شخم زدن زمین را نشان می‌دهد که عمل شخم در جهت شیب زمین صورت می‌گیرد. چرای بیش از اندازه و آمدوشد دام به ویژه در مناطق شیبدار، میزان فرسایش را بیش از مقدار معمول می‌کند. همچنین در این حوضه میزان فرسایش ویژه نسبت به ضریب شدت فرسایش پایین است زیرا در فرسایش ویژه علاوه بر ضریب شدت فرسایش، دو عامل ضریب دما و بارندگی دخالت دارند. در این منطقه به دلیل این که اختلاف دمای هوا در شبانه روز زیاد نیست و همچنین بارش با شدت بیشتری نمی‌بارد. بنابراین فرسایش ویژه در کل حوضه و زیرحوضه‌ها نسبت به ضریب شدت فرسایش پایین است و در نتیجه میزان رسوبزایی در این حوضه کمتر است. با برآورد میزان رسوبدهی زیرحوضه‌ها و کل حوضه در محیط GIS در این پژوهش مشخص شد که زیرحوضه A7 کمترین رسوبدهی و زیرحوضه A2 بیشترین رسوبدهی سالانه را دارا است که در رسوبزایی این زیرحوضه A2 سازندهای حساس به فرسایش (نهشته‌های آبرفتی کواترنر و توف‌های سازند کرج) در منطقه نقش اساسی داشته است و بایستی این زیرحوضه در اولویت اول برنامه حفاظت خاک مورد توجه مسئولین قرارگیرد. میزان رسوب‌ویژه در کل حوضه مورد مطالعه ۸/۸ تن در هکتار در سال برآورد شد.

منابع

- حکیم‌خانی، ش.، (۱۳۸۱)، "مروری بر مطالعات و پایان‌نامه‌های انجام شده بر روی مدل تجربی PSIAC در ایران و بررسی ایرادهای وارده بر آنها و تهیه دستورالعمل استفاده از آن"، سمینار دوره دکتری آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۲۱۳ص.
- رفاهی، ح.، (۱۳۸۵)، "فرسایش آبی و کنترل آن"، دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۶۷۱ص.
- زنجانی‌جم، م.، (۱۳۸۵)، "گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی و طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌های استان زنجان"، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. شماره ۱۵۹، ۱ص
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰"، زنجان.
- فیض‌نیا، س.، دستورانی، ح.، احمدی، ح.، و قدوسی، ج.، (۱۳۸۶)، "بررسی حساسیت به فرسایش و رسوبزایی سازندهای زمین‌شناسی در حوضه آبخیز گرگان"، مجله منابع طبیعی و حفاظت خاک، دوره ۶۱، ش ۱، ص ۲۷-۱۳.
- قرمز چشمه، ب.، و بیات، ر.، (۱۳۸۴)، "بررسی اثر توزیعی عوامل مؤثر در خطای نقشه‌های تولید رسوب مدل‌های EPM و MPSIAC". سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، شهریور ۱۳۸۴، ص ۶۶۵ - ۶۶۱.
- نبوی، م.ح.، (۱۳۵۵)، "دیبچه ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ص.
- نورعلیزاده، ا.، (۱۳۷۹)، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، دانشگاه امام رضا (ع) مشهد، ۱۷۶ص.
- **Berberian, F., (1981), "Petrogenesis of Iranian plutons": a study of the Natanz Bazman intrusive complexes. Ph.D. Thesis, Cambridge University. 201P.**
- **Darwish, M.k., & Abdel Kawwy, W.A., (2008), "Quantitive Assessment of Soil Degradation in some Areas North Nile Delta", Egypt. International Journal of Geology. Issue2, Vol. 2, pp 17-22.**
- **FAO, (1966), "Agro Ecological Zoning Guidelines". Bulletin73. FAO Roam.78p.**
- **Mallory. B.F. & Cargo, D.N., (1979), "Physical Geology". McGraw-Hill, Inc., 538p.**
- **Morgan, R.P.C., (2005), " Soil Erosion and Conservation". Third Ed., Blackwell Publishing Ltd, USA, 304p.**
- **Wu, R., & Tiessen, H., (2002), "Effect of Land Use on Soil Degradation in Alpine Grassland. Soil", China. SoilSci.Soc Am.J.66, pp1648-1655.**
- احمدی، ح.، (۱۳۸۸)، "ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی"، جلد ۱، چاپ ششم، دانشگاه تهران، ۳۸۸ص.

Investigation of susceptibility of rock units to erosion, using EPM model in Abhar-roud basin

Akram Afshari¹, Parviz Ghazanfari², Parviz AbdiNejad³, Azam Kahe⁴

1. M.Sc, Sedimentology and Sedimentary Petrology, Islamic Azad University Science and Research Branch
2. Assistant Professor, Faculty of Science, Imam Khomeini International University
3. Assistant Professor, Agricultural Research Center of Zanjan
4. M.Sc, Sedimentology and Sedimentary Petrology, Islamic Azad University, North Tehran Branch

Abstract

Erosion is a natural process which is developing all around of the earth and it is important in changing surface of the earth. The purpose of this research is preparation of maps of sensitivity of rock to erosion, erosion intensity, rate of erosion and sediment yield of rock units in Abhar-roud watershed by using an experimental model of EPM in a GIS environment. Abhar-roud watershed basin with 189256.1 hectares is located in the southeast of the Zanjan. The study area shows a semiarid and Mediterranean climate with average annual rainfall of 344/5 mm. There are geological formations related to Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic in this region. Kahar Formation (Pre-Cambrian) is the oldest and Quaternary alluvial deposits is the youngest deposits. The region is mainly consisted of sedimentary rocks. For better study of the area, it is divided into eleven subbasins. In this research, the factors affecting erosion and its forms and also rate of erosion was calculated and then erosion types map is prepared. Map of sediment yield ratio was prepared using Arc GIS software and intensity of sediment yield was calculated by experimental model of EPM in each subbasin. Subbasin A₇ shows the minimum and subbasin A₂ the maximum annual sediment yield in this basin. The specific sediment yield was estimated 8.81 in tons per hectare per year in this area. Calculation of EPM model shows that the erosion intensity is very sever in Abhar-roud basin. The A₂ subbasin should be the first priority for soil conservation programs.

Keywords: Abhar-roud Basin, erosion, sedimentation, EPM model