مجله علمی پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین (سال ذوم)
شماره ۵ / تابستان ۱۳۹۶ / ص ۱۲- ۱

میزان فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز شمال آراد (جنوب استان تهران)

جواد درویشی خاتونی[۱]، سارا نری میسا [۲]

[۱] دانشجوی دکتری و کارشناس سازمان زمین شناسی کشور

[۲] دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

نام نویسنده مسئول:

جواد درویشی خاتونی

چکیده

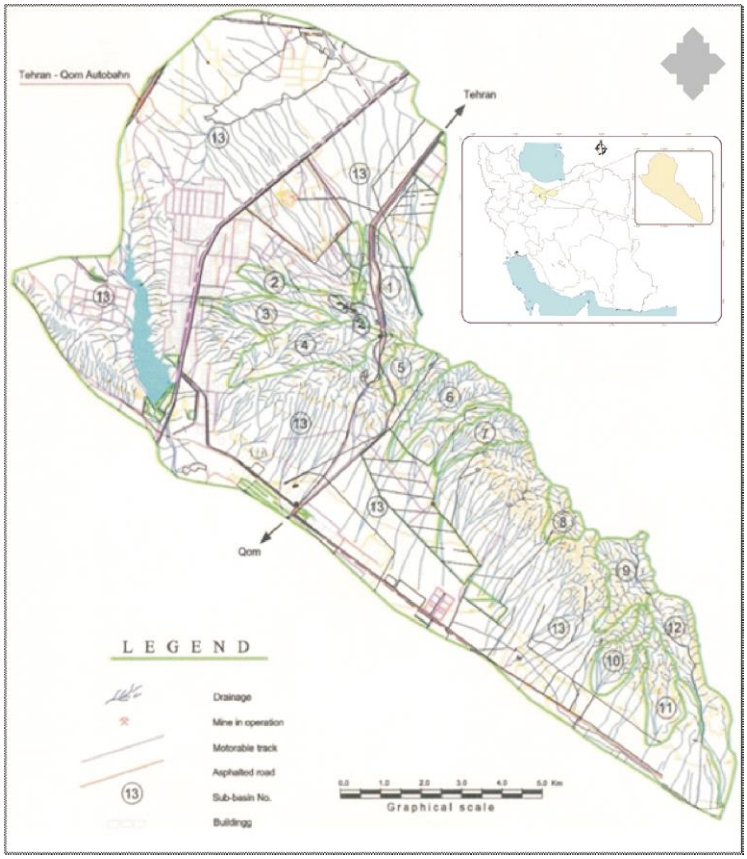
رخداد و گسترش فرسایش خاک موجب تغییرات بارز در منظر زمین و پسرفت اراضی و تخریب محیط زیست می شود. به منظور شناسایی مهم ترین عوامل موثر در فرسایش اراضی جهت معرفی راهبردهای کلان برای پیشگیری و مهار فرسایش حوضه آبخیز آراد انتخاب شد. هدف از این مطالعه شناسایی مناطق حساس به فرسایش و انواع آن، برآورد میزان فرسایش و شدت رسوبدهی حوضه آبخیز و شیوه های کنترل آن می باشد. روش مورد مطالعه در این پژوهش، برآورد میزان فرسایش و رسوب زایی با استفاده از روش تجربی ام پسیاک (MPSIAC[۱]) می باشد. نتایج حاصل از فرسایش تابعی از ارتفاع متوسط بارندگی و دمای متوسط سالانه هوا، شیب و جهت اراضی، سازندهای زمین شناسی، منابع اراضی، نوع خاک و ویژگی های مربوط به آن، نوع و تیپ گیاهی، نحوه استفاده از اراضی و متوسط سالانه ارتفاع رواناب های سطحی می باشد. اما در این میان شیب اراضی، نوع سازند، عمق خاک، میزان املاح محلول و میزان سدیم قابل تبادل موجود در خاک، بیشترین تاثیر را در شکل گیری و گسترش فرسایش دارند. بر این اساس مناسب ترین راهبردهای کلان جهت پیشگیری از رخداد فرسایش و گسترش آن در منطقه مورد مطالعه و حوضه های آبخیز مشابه، جلوگیری از تمرکز رواناب های سطحی همراه ، اصلاح کاربری اراضی و مدیریت پوشش گیاهی در اراضی است.

کلمات کلیدی: فرسایش و رسوب، کنترل و پیشگیری فرسایش، روش **MPSIAC**، حوضه آراد

- Modified Pacific Southwest Inter-Agency Committee (MPSIAC)

مقدمه

فرسایش عبارت از جابجایی مواد از نقطه ای به نقطه دیگر ، پس از تخریب سنگ و یا خاک است (احمدی، ۱۳۷۴). امروزه عقیده بر آن است که فرسایش خاک توسط آب یکی از عوامل مهم و اصلی تغییر منظر زمین، تخریب منابع زیست محیطی و محدود کننده امکان دست یابی به امنیت غذایی و آب در جهان می باشد(مرتضایی، ۱۳۸۴). در دهه های اخیر ، مطالعات فرسایش خاک به علت پیامد های نا مطلوب زیست محیطی و اقتصادی، هدر رفت منابع خاک و اثرات سوء بر مدیریت پایدار اراضی، اهمیت قابل توجهی پیدا کرده است (Saedi,2005). فرسایش تشدید شونده خاک توسط آب پدیده ای است که دیرینه ای به قدمت تاریخ کشاورزی در جهان دارد (BSWMI.1974). به طور کلی فرسایش یک پدیده اجتناب ناپذیر بوده که نمی توان آن را کاملاً از بین برد، ولی فعالیت های انسان می تواند آن را تشدید نموده یا کاهش دهد. باید در نظر داشت که فرسایش نه تنها خود خاک را از بین برده و یا حاصل خیزی آن را کاهش می دهد، بلکه با ایجاد رسوب مواد در آبراهه‌ها سبب انسداد و افزایش کم آبی ناشی از عدم تغذیه سفره های آب زیر زمینی می شود. همچنین با پر کردن مخازن سدها ظرفیت ذخیره آنها را کاهش می دهد، در نتیجه عمر مفید آنها کم می شود(رفاهی، ۱۳۷۸؛ احمدی، ۱۳۷۴). برای جلوگیری و کاهش این آثار، نیاز به اقدامات حفاظت خاک، آبخیزداری و کنترل رسوب می باشد(Morgan,1995). با توجه به موارد فوق به منظور بررسی فرسایش و رسوب، شناسایی مناطق حساس به فرسایش و همچنین شناسایی پتانسیل ها و به کارگیری شیوه ها و راه های کنترل فرسایش و رسوب، این مطالعه در حوضه آبخیز آراد انجام شده است. حدود جغرافیائی منطقه مورد مطالعه در جنوب استان تهران از محدوده شهرستان رباط کریم، بین مختصات ۵۱ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت این محدوده با توجه به مطالعات فیزیوگرافی حدود ۱۲۰۶۹ هکتار یا ۱۲۰/۶۹ کیلومتر مربع می‌باشد منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان تهران واقع شده است و از غرب و شمال غرب به اتوبان تهران- قم و رودخانه کرج، از جنوب به جاده آسفالته محمـدآباد، از شرق و جنوب شرقی به خط‌الرأس کوه آراد و از شمال به جمال آباد، کارخانه شرکت سولفاتیک و روستای عبدل‌آباد محدود می‌شود. محدوده حوضه آبریز و واحداهای هیدرولوژیکی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه محدوده حوضه آبریز شمال آراد و واحد های هیدرولوژیکی

مواد و روش ها

روش مورد مطالعه در این پژوهش، برآورد میزان فرسایش و رسوب زایی با استفاده از روش تجربی ام پسیاک (MPSIAC) می باشد. داده های مورد نیاز در این مطالعه شامل نقشه های توپوگرافی، پوشش گیاهی، شیب اراضی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای Land Sat ETM 2002، عکس های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، بازدیدهای صحرایی(سنجش شدت فرسایش،کنترل زمین شناسی سطحی، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب) می باشد. تمام محاسبات، تخمین ها و تهیه نقشه های مرتبط با فرسایش و رسوب زایی با استفاده از دانش سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (نرم افزار Arc GIS) امکان پذیر شده است. به منظور جلوگیری از پیامدهای منفی فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه های آبخیز ضرورت دارد تا مقدار رسوب و منبع آن مشخص شود(Fryrear,et al 1985). جهت برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز بجز مطالعات فاز شناسایی حوضه آبخیز تهران، منطقه مورد مطالعه فاقد آمار و اطلاعات توجیهی است. لذا در چنین حوضه‌های آبخیزی چاره‌ای جز توسل به روش‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب وجود ندارد. اساس مدل‌های تجربی، درنظر گرفتن تعدادی از عوامل مهم است که در فرسایش خاک موثرند. روش پسیاک (P.S.I.A.C) که درسال ۱۹۶۸میلادی توسط کمیته مدیریت آب در آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه خشک غرب ایالات متحده امریکا ارائه شد (Clark,1999; Hadley,1984). در سال ۱۳۵۲ برای اولین بار در ایران در حوزهٔ آبخیز سد دز به اجرا در آمد که نسبت به دیگر روش‌ها از دقت بالایی برخوردار بود. در روش اولیه پسیاک با استفاده از جدول، میزان امتیاز عوامل مشخص می‌شود، ولی در روش اصلاح شده آن (MPSIAC) از روابط ریاضی استفاده می‌شود. جانسون و گبهارت در سال ۱۹۸۲ براساس پیشنهاد اصلاحی در یکی از کنگره‌های علوم فرسایش، روش پسیاک اصلاح شده (MPSIAC) را ارائه کردند. این روش در مقایسه با سایر روش‌های تجربی موجود بیشترین عوامل مؤثر در فرسایش خاک برای محاسبه میزان فرسایش و تولید رسوب را در نظر گرفته است.

نتایج حاصل از بکارگیری مدل پسیاک در بررسی تولید رسوب درحوضه‌های آبخیز کشور نشان داده است که اختلاف بین رسوب برآوردی از این روش با میزان مشاهده‌ای کم است. از مزایای این روش این است که ارزیابی عوامل هفت‌گانه مؤثر در فرسایش خاک و میزان تولید رسوب باید با ارزیابی دو عامل ۸، ۹ (وضعیت فعلی فرسایش خاک) تطابق داشته باشد (رفاهی، ۱۳۷۵). باید توجه داشت که کاربرد این روش در سطوحی بین ۳۳ تا ۱۷۰۰۰ هکتار مورد تایید قرار گرفته است (قدوسی،۱۳۸۶). از معایب این روش می‌توان به لزوم ارزیابی صحیح هر یک از عوامل و اولویت‌بندی کردن آنها از نظر موثر بودن در تولید رسوب اشاره کرد که این مهم نیز با بکارگیری تجربه علمی و عملی فراوان در زمینه شناخت عوامل موثر در فرسایش خاک و رسوب زایی قابل رفع است. یعنی اینکه در صورت بکار بردن امتیاز صحیح هر عامل این مشکل نیز برطرف خواهد شد. در این روش ۹ عامل برای محاسبه و برآورد فرسایش در نظر گرفته می شود (جدول ۱).

در روش پسیاک برآورد رسوب از رابطه زیر انجام می‌شود(احمدی،۱۳۷۴؛ Clark,1999).

رابطه ۱:

$$Q_s = 38.77\ e^{0.0353\ R}$$

Q_s = تولید رسوب سالیانه در واحد سطح (متر مکعب در کیلومتر مربع در سال)، e = لگاریتم پایه نپرین (۲/۷۱۸۲۸)

R= ضریب نهایی (مجموع اعداد فاکتورهای نه‌گانه)، رابطه فوق با درجه همبستگی r=۰/۹۹۶۴ از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار است.

به دلایل زیر این روش برای برآورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد:

- در این روش ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب بصورت کیفی و کمی قابل بیان است
- بیشترین عوامل موثر در فرسایش و رسوب زایی در محاسبات منظور می‌شود
- نیاز به محاسبات خاص هیدرولوژیکی ندارد
- عمومیت کاربردی آن و تجربیات قابل توجهی در کاربرد این روش در کشور وجود دارد.
- امکان بررسی انواع مختلف فرسایش در حوضه آبخیز وجود دارد
- امکان تهیه نقشه فرسایش خاک نسبتاً دقیق میسر است
- برای مناطق خشک و نیمه خشک طراحی شده است
- میزان کاهش فرسایش خاک و رسوب تولیدی با کاربرد روش های مناسب کنترل فرسایش و حفاظت خاک قابل پیش بینی است.
- وضعیت فعلی فرسایش خاک یا واقعیت عینی موجود در مورد فرسایش و رسوب را در حوضه آبخیز مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

جدول۱)- فاکتور های پسیاک، نمرات، معادله ها (Safamanesh et al., 2006)

فاکتور پسیاک	توضیحات مربوط به فاکتور پسیاک	نمرات	معادله
زمین شناسی سطحی	Y_1. شاخص فرسایش زمین شناسی سطحی	۰ -۱۰	$Y_1=X_1$
خاک	Y_2. حساسیت خاک به فرسایش	۰ -۱۰	$Y_2=16.67\ X_2$
آب و هوا	Y_3 . میزان بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دوساله	۰ -۱۰	$Y_3= 0.2\ X_3$
رواناب	Y_4. (حجم هرز آب سالانه ×۰/۰۳+ دبی پیک سالانه به مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع×۵۰)	۰ -۱۰	$Y_4= 0.2(0.03\ R+50\ Qp)$
پستی و بلندی	Y_5. شیب متوسط بر حسب درصد	۰ -۲۰	$Y_5= 0.33\ X_5$
پوشش زمین	Y_6. درصد زمین لخت	+۱۰ تا -۱۰	$Y_6= 0.2\ X_6$
استفاده از زمین	Y_7. درصد تاج پوشش	+۱۰ تا -۱۰	$Y_7= 20-0.2\ Pc$
فرسایش سطحی	Y_8 . وضعیت سطح خاک و فرسایش با استفاده از روش B.L.M	۰ -۲۵	$Y_8= 0.25\ X8$
فرسایش رودخانه‌ای	Y_9 . عامل فرسایش خندقی	۰ -۲۵	$Y_9= 1.67\ X_9$

بحث

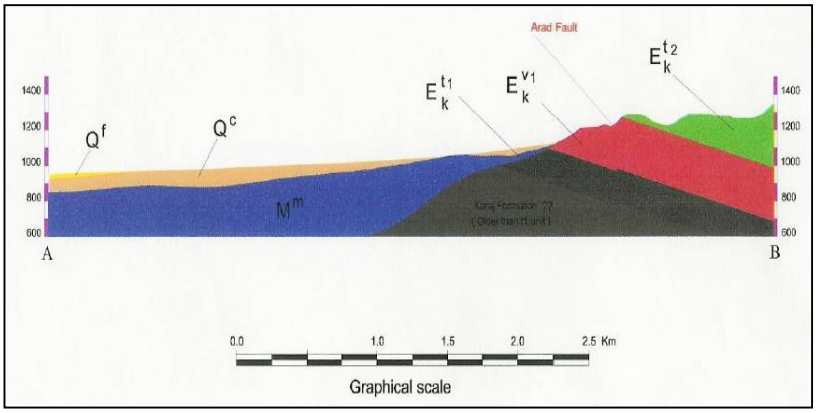
بر اساس بررسی های صحرایی و برآورد میزان فرسایش منطقه با اعتقاد به این اصل که پایه رسوب تولیدی حوضه بر فرسایش استوار است، عوامل موثر بر میزان رسوب دهی منطقه آراد را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

۱- فرسایش طبیعی حاصل از عوامل فیزیکی حوضه: شامل وسعت حوضه، نحوه انتقال مواد رسوبی، حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، توپوگرافی منطقه، شیب و خصوصیات فیزیکی دیگر. سه عامل شیب، جهت و ارتفاع اراضی از سطح دریا مهمترین عوامل تاثیر گذار بر شکل گیری و گسترش فرسایش در اراضی هستند (احمدی ،۱۳۷۴؛ خلیلی،۱۳۷۶؛ شهریور، ۱۳۷۶؛ عیسایی، ۱۳۸۴؛ قدوسی، ۱۳۷۳؛ کریمی، ۱۳۷۷).

۲- فرسایش حاصل از خصوصیات هوا و اقلیم مثل تغییرات شدید درجه حرارت، نوع و مقدار بارش در زمان کوتاه (رگبارها)، شدت سیلاب و تراکم آبراهه و خصوصیاتی از این قبیل.

۳- فرسایش ناشی از عملیات غلط زراعی (فرسایش تشدید شونده) مانند شخم در جهت شیب، تخریب مراتع، تراس های بدون پوشش گیاهی، چرای بی رویه دام از مراتع و غیره

۴- فرسایش ژئولوژیکی یا زمین شناسی مانند نوع تشکیلات زمین شناسی منطقه (شکل ۲).



شکل ۲- مقطع زمین شناسی که در امتداد شمال شرق-جنوب غرب از محدوده حوضه آراد

در نهایت هر چه رسوبگذاری در حوضه بیشتر باشد، فرسایش کمتر خواهد بود. عوامل فوق با یکدیگر و بعضاً بطور جداگانه موجب کاهش فرسایش در حوضه می‌گردد. با توجه به عوامل فوق و عدم دسترسی به اطلاعات از مقدار و میزان فرسایش سطحی به ویژه بار معلق دستیابی به مقدار فرسایش واقعی برای کارشناس مشکل است. البته می‌توان بر حسب مساحت حوضه و بافت خاک با استفاده از گراف هایی نسبت تحویل رسوب و فرسایش را محاسبه کرد. اشکال فرسایش منطقه با استفاده از عکس های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و بازدیدهای صحرایی تعیین شد که عبارتند از: فرسایش قطره بارانی یا پاشمانی (Splash erosion)- فرسایش ورقه ای یا سطحی (Sheet or Surface

Erosion)- فرسایش شیاری (Rill erosion)- فرسایش خندقی(Gully erosion)- فرسایش کناری یا رودخانه‌ای(Stream bank erosion)- تخریب مکانیکی توسط اراضی زراعی و تاسیسات.

طبقه‌بندی فرسایش خاک در منطقه بر اساس انواع فرسایش قابل مشاهده

عوامل فرسایشی از نظر طبیعی عبارتند از فرسایش آبی، بادی و یخچال که هر عامل در منطقه خاصی عمل می‌کند. در منطقه مورد مطالعه فرسایش آبی و تا حدی فرسایش بادی مشاهده می شود. فرسایش آبی از دو دیدگاه قابل بررسی است؛ یکی اینکه ابتدا قطرات باران با انرژی پتانسیل خود خاکدانه‌ها و ذرات خاک را متلاشی نموده و در مرحله دوم آب این ذرات را در سطح زمین با خود حمل نموده و به مناطق پایین دست منتقل می کند. ابتدا آب‌ها به صورت جویچه های کوچکی است که از به هم پیوستن آنها جوی‌ها و خندق ها ایجاد می شود. اگر ارتفاع آب جاری شده زیادتر باشد، فرسایش شدیدتر به ویژه در شیب ها افزایش یافته و جلوه می نماید.

تعیین فرسایش و تولید رسوب حاصل از انواع فرسایش‌های آبی

طراحی مدل بر اساس تعیین عوامل عمده و ضروری در ارتباط با فرسایش و هدررفت خاک است که بر اساس مشاهدات صحرایی، اندازه‌گیری، آزمایش و تحلیل آماری به‌دست می‌آید. با افزایش قدرت محاسبات توسط رایانه‌ها، مدل‌ها گسترش زیادی یافتند، بنابراین تنها یک مدل برای حل مسائل متفاوت کافی نیست. بسیاری از مدل‌ها در شرایط خاصی تولید شدند و به‌طور مستقیم و بدون اصلاح نمی‌توانند برای مناطق دیگر مورد استفاد قرار گیرد. بر اساس نتایج حاصل از سایر بخش‌های مطالعاتی و مشاهدات صحرائی و با استفاده از سیستم GIS و بررسی فاکتورهای ۹ گانه روش تجربی MPSIAC، تولید رسوب به تفکیک تیپ‌های فرسایشی به شرح ذیل است:

۱- سنگ‌شناسی (صفرتا ده) : نوع سنگ، خرد شدگی، هوازدگی و سستی آن درنظر گرفته می‌شود.

۲-خاک (صفرتا ده): بافت، کلوخه‌شدن، شوری و قلیائیت، مواد آلی، درصد ذرات درشت و ساختمان خاک در نظرگرفته می‌شود.

۳- آب و هوا (صفر تا ده): تواتر رگبارها، شدت، مدت بارندگی، ذوب و انجماد برف درنظر گرفته می‌شود.

۴- رواناب (صفرتا ده): حجم آبدهی در واحد سطح، شدت طغیان در واحد سطح و گروه هیدرولوژیکی خاک درنظر گرفته می‌شود.

۵- پستی و بلندی (صفر تا بیست): شیب مناطق بالادست، پستی و بلندی، توسعه آبرفت‌ها و دشت‌های سیلابی درنظر گرفته می‌شود.

۶- پوشش زمین (منفی ده تا مثبت ده): پوشش گیاهی، پوشش سنگی، وضعیت درخت‌ها و درختچه‌ها درنظر گرفته می‌شود.

۷-استفاده از زمین (منفی ده تا مثبت ده): درصد اراضی زراعی، نحوه چرای دام، وضعیت جاده‌ها و شدت بهره‌برداری از محصولات جنگلی درنظر گرفته می‌شود.

۸- وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز (صفر تا بیست و پنج): شدت فرسایش شیاری و خندقی، چگونگی توزیع انواع فرسایش سطحی، فرسایش لغزشی و حرکت‌های توده‌ای درنظرگرفته می‌شود.

۹- فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب (صفر تا بیست و پنج): فرسایش در کناره‌ها و بستر، فرسایش بالارونده، عمق جریان، شیب هیدرولیکی و پوشش گیاهی درنظرگرفته می‌شود.

عمدتاً باید تشخیص داد چه عاملی از بین ۹ عامل ذکر شده بیشترین تاثیر را در تولید رسوب دارد و ترتیب اهمیت آنها چگونه است، زیرا تشخیص موثرترین عوامل در صحت و دقت مطالعات و ارزیابی آن تاثیر زیادی دارد. همچنین با توجه به مهمترین عامل می‌توان نوع روش کنترل فرسایش را مشخص کرد. در منطقه مورد مطالعه عامل وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز(فرسایش سطحی) بیشترین تاثیر را در شدت رسوبدهی و عامل استفاده از زمین کم ترین تاثیر را دارد.

میزان فرسایش و رسوب

پس از بررسی عوامل نه‌گانه روش MPSIAC میزان رسوبدهی برای هر زیرحوضه مشخص شد. از مجموع این عوامل در هر واحد هیدرولوژیک، عدد رسوبدهی R بدست می‌آید که با توجه به آن عدد، میزان فرسایش کیفی در هر واحد هیدرولوژیک مشخص شده است. پس از تعیین درجه رسوبدهی (R) با استفاده از رابطه زیر میزان رسوب ویژه برحسب متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال محاسبه شد(جدول ۳ و شکل ۴):

$$Q_s = 38.77\ e^{0.0353R}$$

Q_S : میزان رسوب ویژه بر حسب متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال

R: درجه رسوبدهی هر واحد هیدرولوژیک، e: لگاریتم پایه نپرین (۲/۷۱۸۲۸)

میزان رسوب تولیدی سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC در جدول ۲ آمده است.

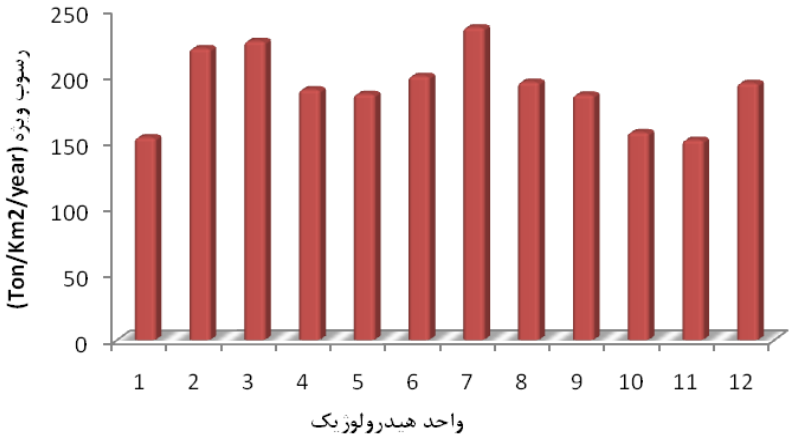
جدول ۲- تعیین میزان رسوب تولیدی سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC (رفاهی، ۱۳۷۵)

کلاس رسوبدهی و فرسایش	شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه (Qs) مترمکعب در کیلومتر مربع	تولید رسوب سالانه (Qs) ایکرفوت در مایل مربع	نمرات نشاندهنده شدت رسوبدهی R
V	خیلی زیاد	> ۱۴۲۹	> ۳	≥۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶ -۱۴۲۹	۳-۱	۷۵ -۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸ – ۴۷۶	۱- ۰/۵	۵۰ - ۷۵
II	کم	۹۵ – ۲۳۸	۰/۰-۲/۵	۲۵ – ۵۰
I	خیلی کم	< ۹۵	< ۰/۲	۰ -۲۵

به منظور محاسبه رسوب ویژه با توجه به اینکه وزن مخصوص رسوبات بین ۱/۱ تا ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بسته به بافت، درصد مواد آلی و سایر خصوصیات در هر واحد کاری متفاوت می‌باشد، بنابراین وزن مخصوص رسوبات به طور متوسط ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب انتخاب شد و با استفاده از آن میزان تولید رسوب ویژه بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید.

جدول ۳- محاسبه میزان رسوب واحدهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز شمال آراد

واحد هیدرولوژیک	مساحت (Km^2)	درجه رسوبدهی (R)	کلاس رسوبدهی و فرسایش	رسوب ویژه ($M^3/km^2/year$)	رسوب ویژه ($Ton/km^2/year$)	رسوب کل (Ton/year)
۱	۲/۶۸	۳۱/۴۸	II	۱۱۷/۷۹	۱۵۳/۱۳	۴۱۰/۳۸
۲	۱/۱۴	۴۱/۸۱	II	۱۶۹/۶۴	۲۲۰/۵۳	۲۵۱/۴۱
۳	۱/۴۹	۴۲/۵۱	II	۱۷۳/۸۶	۲۲۶/۰۲	۳۳۶/۷۷
۴	۳/۰۰	۳۷/۵۱	II	۱۴۵/۷۰	۱۸۹/۴۲	۵۶۸/۲۵
۵	۰/۹۷	۳۶/۹۸	II	۱۴۳/۰۳	۱۸۵/۹۳	۱۸۰/۳۶
۶	۲/۲۹	۳۸/۹۹	II	۱۵۳/۵۴	۱۹۹/۶۰	۴۵۷/۰۹
۷	۱/۳۴	۴۳/۷۸	II	۱۸۱/۸۳	۲۳۶/۳۸	۳۱۶/۷۵
۸	۰/۷۹	۳۸/۳۵	II	۱۵۰/۰۹	۱۹۵/۱۲	۱۵۴/۱۵
۹	۱/۹۳	۳۶/۹۱	II	۱۴۲/۶۶	۱۸۵/۴۶	۳۵۷/۹۳
۱۰	۱/۳۲	۳۲/۱۹	II	۱۲۰/۷۹	۱۵۷/۰۳	۲۰۷/۲۸
۱۱	۱/۷۱	۳۱/۱۴	II	۱۱۶/۳۶	۱۵۱/۲۷	۲۵۸/۶۸
۱۲	۳/۰۵	۳۸/۲۲	II	۱۴۹/۴۳	۱۹۴/۲۶	۵۹۲/۵۰



شکل۴- مقایسه رسوب ویژه در واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبخیز شمال آراد

فرسایش ویژه

برای برآورد فرسایش ویژه از رابطه همبستگی ارائه شده بین درجه رسوبدهی و میزان رسوب تولیدی استفاده شد. برای ارزیابی تقریبی رسوب خروجی از حوضه‌های آبخیز می‌توان از نموداری که نسبت تحویل رسوب (SDR) را بر حسب مساحت حوضه و بافت خاک نشان می‌دهد، استفاده کرد. میزان تقریبی رسوب در هر خروجی از رابطه زیر نیز محاسبه شد.

رابطه۲ :

$$SDR: \frac{Q_s}{T_e}$$

که در آن: Q_S : رسوب ویژه و T_e : فرسایش ویژه است. با استفاده از رابطه ضریب رسوبدهی زیر نیز می‌توان به این نسبت دست یافت.

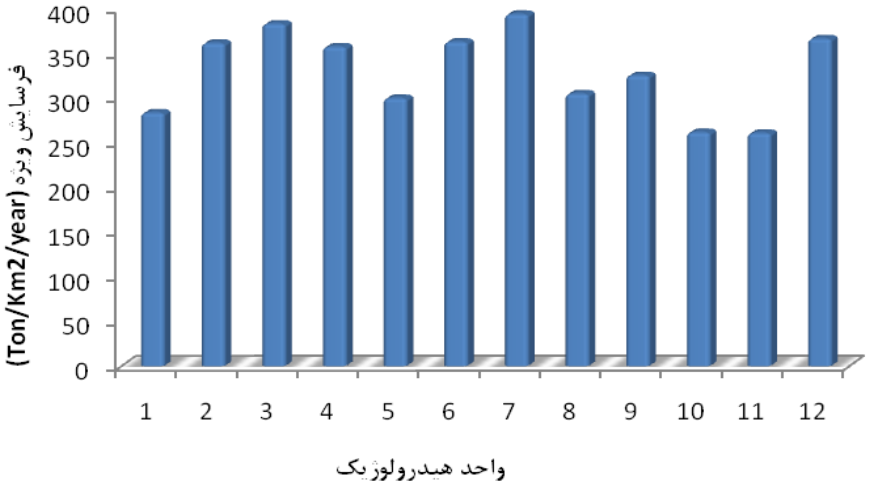
رابطه ۳:

$$\log SDR = 1.8768 - 0.14191 \ \log 10A$$

در این رابطه A: مساحت حوضه بر حسب مایل مربع می‌باشد. هر مایل مربع تقریبا ۲/۵۹ کیلومتر مربع است. بر این اساس ضریب رسوبدهی واحدهای هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه محاسبه شد(جدول ۴).

جدول ۴- محاسبه میزان فرسایش ویژه و ضریب رسوبدهی واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبخیز شمال آراد

واحد هیدرولوژیک	مساحت (Mi^2)	SDR	کلاس فرسایش	فرسایش ویژه ($M^3/km^2/year$)	فرسایش ویژه ($Ton/km^2/year$)	فرسایش کل (Ton/year)
۱	۱/۰۳	۰/۵۴		۲۱۸/۱۳	۲۸۳/۵۷	۷۵۹/۹۶
۲	۰/۴۴	۰/۶۱		۲۷۸/۱	۳۶۱/۵۲	۴۱۱/۶۳
۳	۰/۵۸	۰/۵۹		۲۹۴/۶۸	۳۸۳/۰۸	۵۸۰/۷۸
۴	۱/۱۶	۰/۵۳		۲۷۴/۹۰	۳۵۷/۴	۱۰۷۲/۲
۵	۰/۳۸	۰/۶۲		۲۳۰/۷۰	۲۹۹/۸۸	۲۹۰/۸۸
۶	۰/۸۸	۰/۵۵		۲۷۹/۱۶	۳۶۲/۹	۸۳۱/۰۴
۷	۰/۵۲	۰/۶		۳۰۳/۰۵	۳۹۳/۹۷	۵۲۷/۹۱
۸	۰/۳۰	۰/۶۴		۲۳۴/۵۱	۳۰۴/۸۸	۲۴۰/۸۵
۹	۰/۷۴	۰/۵۷		۲۵۰/۲۸	۳۲۵/۳۷	۶۲۷/۹۶
۱۰	۰/۵۱	۰/۶۰		۲۰۱/۳۲	۲۶۱/۷۲	۳۴۵/۴۷
۱۱	۰/۶۶	۰/۵۸		۲۰۰/۶۲	۲۶۰/۸۱	۴۴۸/۵۹
۱۲	۱/۱۸	۰/۵۳		۲۸۱/۹۴	۳۶۶/۵۳	۱۱۱۷/۹۱



شکل ۵)- مقایسه فرسایش ویژه در واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبخیز شمال آراد

نوع دیگر فرسایش موجود در این حوضه آبخیز فرسایش بادی می باشد. در منطقه مورد مطالعه تا حدی فرسایش بادی مشاهده می شود. فرسایش بادی از یکی از مهم ترین عوامل تخریب و هدر رفتن خاک در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود (Troeh et al., 1980)، (رفاهی، ۱۳۷۵). مهم ترین عواملی که در میزان انتقال مواد فرسایش یافته بادی نقش عمده ای دارند، شامل سرعت باد، خصوصیات ذرات، رطوبت سطحی خاک، پوشش گیاهی، ناهمواری های سطح زمین و وجود املاح در خاک است(کریم زاده، ۱۳۸۱)، (میرقانعی اردکانی، ۱۳۸۱)، (رفاهی، ۱۳۷۵). نتایج بدست آمده از مطالعات تونل بادی انجام شده توسط فریرز نشان داد که ۲۰ تا ۵۰ درصد پوشش بقایای گیاهی، شدت فرسایش را نسبت به خاک صاف و لخت به ترتیب ۵۷ و ۹۵ درصد کاهش می دهد(Fryrear et al., 1985). مقدار بقایای گیاهی مورد نیاز برای حفاظت خاک بستگی به نوع و مقدار بقایای گیاهی، فرسایش و خطر تخریب آن دارد (رفاهی، ۱۳۷۵)، (Fryrear et al., 1985). نقش رطوبت خاک در اثر نیروی چسبندگی ناشی از پوسته نازک آب بین ذرات می باشد(Chepil, W, 1956). خاک های دارای شوری بیشتر، فرسایش پذیری کمتری نسبت به خاک های غیر شور از خود نشان می دهد(Lyles et al., 1971).

کنترل فرسایش و حفاظت خاک در منطقه آراد

هدف از عملیات حفاظتی آن است که میزان تلفات خاک از حد معینی پایین تر نگه داشته شود. به لحاظ نظری این حد برابر سرعت طبیعی تولید خاک است. به عبارت دیگر عملیات حفاظت خاک باید شرایطی را ایجاد کند که در آن سرعت تشکیل خاک و سرعت فرسایش برابر باشد. استراتژی های حفاظت خاک در منطقه آراد باید در جهت اهداف زیر بکار گرفته شود:

۱. محافظت خاک در مقابل اثر تخریبی قطرات باران
۲. افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک به منظور کاهش رواناب
۳. بهبود بخشیدن به پایداری خاک دانه ها
۴. افزایش زبری سطح خاک به منظور کاهش سرعت آب یا باد

برای رسیدن به اهداف فوق معمولاً از روش‌های مکانیکی و غیرمکانیکی استفاده می‌شود. اقدامات مکانیکی شامل عملیاتی مانند تراس‌بندی، ایجاد آبراهه های انحرافی، احداث بندها و روش‌های غیرمکانیکی شامل عملیاتی مانند استفاده صحیح از اراضی، دادن کود مناسب، شخم مناسب و تناوب زراعی است. به عبارت دیگر حفاظت مکانیکی نوعی مبارزه مستقیم با فرسایش است و آن در حالتی است که خاک یارای مقاومت در برابر فرسایش را ندارد و باید با انجام عملیاتی فرسایش را محدود ساخت. اقدامات غیرمکانیکی نوعی مبارزه غیرمستقیم با فرسایش است و عبارت از پیشگیری از فرسایش با انجام یکسری عملیات مدیریت صحیح. حفاظت غیرمکانیکی (مبارزه بیولوژیک) و مکانیکی نمی‌توانند جایگزین یکدیگر باشند، بلکه مکمل یکدیگرند.

۱- روش‌های غیرمکانیکی

۱-۱- استفاده صحیح از زمین: برنامه ریزی جهت استفاده صحیح از زمین باید متناسب با استعداد زمین باشد. نوع بهره برداری از زمین و فرسایش خاک رابطه نزدیکی با یکدیگر دارند. در صورتی که از زمین استفاده نامعقول به عمل آید، میزان فرسایش به شدت افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه اراضی موجود در منطقه آراد از لحاظ حاصلخیزی فقیر بوده و در بعضی قسمت‌ها تپه‌ماهوری هستند، بنابراین کاربری کشاورزی مناسب این منطقه نیست و اگر این اراضی بدون توجه به استعداد آنها مورد بهره‌برداری قرار گیرند، بتدریج فرسوده شده و اگر این امر ادامه یابد، زمین بلااستفاده می ماند. می‌توان با مدیریت صحیح در اراضی کشاورزی و مرتعی منطقه و در نظر گرفتن تناسب اراضی به منظور واگذاری زمین برای احداث تاسیسات و کارخانجات در کاهش فرسایش خاک گام موثری برداشت.

۱-۲- مدیریت پوشش گیاهی: پوشش گیاهی سطح خاک نقش موثری در کنترل فرسایش دارد. یک زمین حتی در شیب تند و با باران های شدید اگر پوشش خوبی داشته باشد، در برابر فرسایش مقاومت می‌کند. در منطقه مورد مطالعه در قسمت‌هایی از اراضی به جنگل کاری با گونه‌های کاج و آتریپلکس اقدام شده است که می‌توان با مدیریت مناسب نسبت به بهبود و نگهداری آنها اقدام کرد. به منظور کنترل فرسایش بایستی شایستگی مراتع برای چرای دام منطقه مد نظر قرار گرفته و از چرای دام در اراضی تپه‌ماهوری و توده سنگی منطقه که از لحاظ چرای دام تناسب ندارند، خودداری شود. سطح خاک منطقه دارای درصد قابل توجهی سنگ و سنگریزه می باشد که به عنوان پوششی خاک را در مقابل عوامل فرساینده باران حفظ می‌کنند و در این گونه اراضی با توجه محدودیت اقلیم و عمق خاک امکان استقرار پوشش گیاهی وجود ندارد، بنابراین با توجه به موارد مذکور عملیات اصلاحی بیولوژیک در این مناطق پیشنهاد نمی شود (شکل۵).

شکل ۵)- سطح خاک منطقه دارای درصد قابل توجهی سنگ و سنگریزه

۲- روش‌های مکانیکی

به منظور کنترل رواناب و کاهش شدت فرسایش با توجه به شرایط منطقه، برنامه‌های مختلفی برای آبراهه‌ها و اراضی مرتعی پیشنهاد می‌شود. سازه‌های پیشنهادی که در آبراهه‌ها ایجاد می‌شوند شامل بندهای خشکه‌چین در آبراهه‌های درجه یک، بندهای سنگ و ملات و گابیونی است که بعد از بررسی‌های لازم در مناطق مناسب حوضه آبخیز به اجرا در خواهند آمد. همچنین در اراضی مرتعی منطقه نیز برنامه کنتور فارو توام با بوته‌کاری و همچنین ایجاد چاله‌های فلسی و بوته‌کاری پیشنهاد می‌شود. به منظور جلوگیری از ایجاد مشکلات احتمالی برای تاسیسات دامداری و کارخانجات موجود در منطقه پیشنهاد می شود، در اراضی بالادست که دارای شیب زیاد هستند و پتانسیل تولید هرزآب را دارند، در مکان مناسبی در اطراف این تاسیسات بند خاکی احداث شود. پس بطور کلی بدلیل بارندگی کم، پراکندگی بارش، وضعیت فیزیوگرافی منطقه و وجود پوشش سنگ و سنگریزه در اکثر مناطق محدوده طرح مشکل حادی از لحاظ فرسایش خاک و تولید رسوب وجود ندارد که نیاز به صرف هزینه‌های زیاد به منظور احداث سازه‌های کنترلی باشد.

نتیجه گیری

بیشترین درجه رسوب دهی مربوط به واحد ۷ می باشد که به میزان ۴۳/۷۸ می باشد و کمترین میزان مر بوط به واحد ۱۱ با میزان ۳۱/۱۴ می باشد. بیشترین میزان فرسایش در واحد هیدرولوژیکی ۱۲ با توجه به وسعت زیاد واحد با میزان فرسایش کل ۱۱۱۷/۹۱ تن در سال و کمترین میزان مربوط به واحد هیدرولوژیکی ۸ با ۲۴۰/۸۵ تن در سال می باشد. همچنین بیشترین میزان فرسایش ویژه در منطقه مربوط به واحد ۷ با میزان ۳۹۳/۹۷ تن در کیلومتر مربع درسال و کمترین میزان واحد ۱۱ با ۲۶۰/۸۱ تن در کیلومتر مربع در سال می باشد. اشکال فرسایش های در منطقه آراد شامل فرسایش قطره بارانی یا پاشمانی، ورقه ای یا سطحی، شیاری، خندقی ، کناری یا رودخانه‌ای، تخریب مکانیکی، اراضی زراعی و تاسیسات می باشند. فرسایش دو علت اساسی بنام طبیعی و تشدید کننده دارد. در حوضه شمال آراد هر دو عامل طبیعی و تشدید کننده تواماً باعث بروز انواع فرسایش در حوضه شده‌اند که عوامل طبیعی خود به چهار گروه: عامل پستی و بلندی (توپوگرافی)، عامل آب و هوایی (اقلیم)، عامل زمین، خاک و عامل پوشش گیاهی زمین دسته بندی شده‌اند. عوامل تشدید کننده انسانی نیز شامل موارد زیر است: عامل فعالیت های زراعی، عامل چرای دام در مرتع، عامل بهره برداری از معادن و واگذاری اراضی به منظور احداث کارخانجات، مجتمع دامداری، پروژه های جنگل کاری. جهت کنترل فرسایش و حفاظت خاک در منطقه آراد، محافظت خاک در مقابل اثر تخریبی قطرات باران، افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک به منظور کاهش رواناب، بهبود بخشیدن به پایداری خاک دانه ها، افزایش زبری سطح خاک به منظور کاهش سرعت آب یا باد پیشنهاد می شود.

منابع و مراجع

[۱] احمدی، حسن،۱۳۷۴- ژئومورفولوژی کاربردی، جلد۱،(فرسایش آبی) چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۴ صفحه

[۲] خلیلی، ناصر، ۱۳۷۶- بررسی خصوصیات مورفومتری خندقها در سازند های مختلف زمین شناسی-پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۳ صفحه.

[۳] رفاهی،حسینقلی، ۱۳۷۴-فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

[۴] شهریور، عبدال، ۱۳۷۶-بررسی عوامل موثر بر ایجاد فرسایش خندقی و ارائه مدل در منطقه سوق از شهرستان دهدشت- پایان نامه کارشناسی ارشد- دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۲۴ صفحه.

[۵] عیسایی، حسین. امیر حسین چرخابی و حسین اعتراف، ۱۳۸۴-بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های لسی با اشکال فرسایشی در حوضه های آبخیز اترکو گرگانرود در استان گلستان. . مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب. ۶۳۹-۶۳۷ صفحه.

[۶] قدوسی،جمال، ۱۳۷۳- رشد و گسترش خندقها. انتشارات موسسه تحقیقات، جنگلها و مراتع کشور، گزارش پژوهشی.۲۸ صفحه.

[۷] کریم زاده، ح. م. ۱۳۸۱. چگونگی تکوین و تکامل خاک ها در لند فرم های مختلف و منشایابی رسوبات فرسایش یافته در منطقه شرق اصفهان.پایان نامه دکتری خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۸] کریمی، محمد، ۱۳۷۷- بررسی عوامل موثر بر فرسایش خندقی و معرفی مناسب ترین راههای مهار آن در منطقه زهان قائن- پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۹۲ صفحه.

[۹] میر قانعی اردکانی، س. م. ۱۳۸۱.تاثیر برخی خصوصیات خاک سطحی بر قابلیت تشکیل سله و مقاومت آن در برابر فرسایش بادی.پایان نامه کارشناسی ارشد مرتع و آبخیز داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۱۰]مرتضایی، مرتضی.۱۳۸۴-ارزیابی اثرکمی متغیر های محیطی در رخداد فرسایش خندقی. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات،. ۱۵۴ صفحه.

[11] BSWMI.1974;Watershed mangement and sand dune stabilization record.Ministry of Agriculture and Natural Resource.FRO.No.3.128P.

[12] Burkard, M.B. and Kostaschuk. 1997; Patterns and control of gully growth along the shoreline of Kake Huron. Earth Surface Processes and Landforms 22: 901-911.

[13] Chepil, W. S. 1956. Influence of moisture on erodibility of soil by wind, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20: 288-292.

[14] Fryrear, D. W. and E. L. Skidmore. 1985. Methods for controlling wind erosion. PP. 442-457. In: R. F. Follet and B.formation system. M. Sc. Thhesis. Geography. University of New mecico.

[15] Clark, K. B. 1999. An estimate of sediment yield for two small watershed in a geographic in

[16] Hadley, R. F. 1984. Measuring and predicing soil erosion. In. R. F. Hadley and D. E. Walling. (Eds). Erosion and aediment yeilds some methods of measurement and modeling. GeoBook. Norwich. UK.P. 1-14

[17] Johnson, C.W. and Gebhardt, K. A. 1982. Predicting sediment yyields from rangelands. In proceeding of workshop on estimateing erosion and sediment yeild on rangelands. Tucson. Arizona. March 1981 US Department of Agriculture Reviews and Manuals. Western Series. No. 26. P. 145-146.

[18] Lyles, L. and R. L. Schrandet. 1971. Wind erodibility as influence by rainfall and salinity. Soil Sci. 114: 367-372.

[19] Morgan, R.P. C. 1995. Soil erosion and conservation; Crainfield University. British.

[20] Prosser,I.P. and B. Aberneathy. 1996; Predicting the topographic limits to gully network using a digital terrain model and process threshold. Water Resources Research 37(7): 2289-2298.

[21] Saedi, S., E. Pazira, H. Roohipoor, M.R. Neishaboori, B. Saghafian, and M.E. Sadeghzadeh. 2005. Evaluation of process-based soil erosion model, GUEST, for one sample of soils of Khajeh (Tabriz) region, Jour. of Agricultural Scirnces 3: 201-214.

[22] Safamanesh, R., Azmin Sulaiman, W. N., Ramli, M. F., 2006. Erosion Risk Assessment uasing an Emprirical Model of Pacific South West Inter Agency Committee Method for Zargeh Watershed. Journal of Spatial Hydrology 6(2).

[23] Troeh, F. R., J. A. Hobbs and R. L. Donahue. 1980. Soil and Water Conservation for Productivity and\Environmental Protection. Prentice-Hall Inc. Pub., New Jersey.