

ارزیابی و پهنه بندی شدت فرسایش و تولید رسوب با استفاده از مدل MPSIAC (مطالعه مورد حوضه آبخیز گرمی چای در استان اردبیل)

بایرامعلی بیرامی* کارشناسی ارشد پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

Email: beyrami_155@yahoo.com

رضا طلائی^۲ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

(مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

Email: Rztala1969@gmail.com

چکیده:

برآورد فرسایش خاک و رسوب در حوضه های آبخیز بدون آمار رسوبسنجی یکی از مسائل اساسی حوضه های آبخیز بوده و ضرورت استفاده از روش های تجربی جهت بکارگیری نتایج و اطلاعات بدست آمده، برای برنامه ریزی مدیریتی امری اجتناب ناپذیری است. در این زمینه، بر اساس نتایج پژوهش های انجام شده در ایران، مدل PSIAC اصلاح شده از جمله مدل های برآورد تولید رسوب به شمار می آید که در ارزیابی فرسایش و رسوب حوضه های آبخیز فاقد آمار و اطلاعات از دقت نسبتاً خوبی برخوردار است. با توجه به نتایج بدست آمده، از این مدل بیشتر از سایر مدل ها، برای مطالعه و بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح های منابع طبیعی و آبخیزداری استفاده شده است. در این پژوهش، در ابتدای کار با بکارگیری نقشه های توپوگرافی، حوضه آبخیز گرمی چای به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک تفکیک و تقسیم گردید. با استفاده از سایر لایه های مطالعاتی حوضه، و بویژه عکس های هوایی و انجام عملیات صحرایی اقدام به بررسی پارامترهای نه گانه مدل MPSIAC در سطح هریک از زیرحوضه ها و تعیین درجه رسوبدهی (R) و نهایتاً محاسبه و برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در آنها و کل حوضه گردید. نتایج بررسی ها نشان داد که مقدار کل وزن مواد رسوبی ناشی از فرسایش، از سطح حوضه در سال برابر ۹۲۱۰۰/۱۰۲۴ تن می باشد. در این میان زیر حوضه های F و G با مساحت ۱۴/۸ درصد از کل حوضه بیش از ۲۵ درصد کل رسوب تولیدی حوضه را به خود اختصاص داده اند. همچنین نتایج بررسی شدت فرسایش و تولید رسوب در زیرحوضه ها نشان می دهد که میزان فرسایش و تولید رسوب در بیش از ۵۷ درصد زیرحوضه ها، ۱/۵ برابر بیشتر از میانگین کل رسوب تولیدی حوضه آبخیز (۴۹۶/۲۲۹ تن در کیلومتر مربع در سال) در واحد سطح می باشد. لذا گرچه کل حوضه آبخیز گرمی چای از نظر جدول طبقه بندی کلاس های فرسایشی مدل، در کلاس فرسایشی متوسط قرار دارد ولی بدلیل اختلاف فاحش شدت فرسایش و تولید رسوب در سطح زیر حوضه های آن، می توان ۳ کلاس فرسایش زیاد، متوسط و کم در آن تعیین و مشخص کرد.

واژه های کلیدی: پهنه بندی، تولید رسوب، حوضه گرمی چای، مدل MPSIAC

مقدمه

خاک منبع اساسی برای تولیدات کشاورزی است. تخریب و فرسایش خاک علاوه بر پیامدهای اقتصادی مستقیم، به دلیل کاهش باروری، دارای پیامدهای شدید محیطی نیز می باشد (لال و همکاران ۱۹۹۴). فرسایش خاک به راه های چشمگیری بر باروری خاک تاثیر می گذارد. فرسایش با ایجاد دگرگونیهای در ویژگیهای فیزیکی شیمیایی خاکهای مناطق حمل و رسوب، باعث تغییرات در فرآیندهای تنظیم کننده باروری اکوسیستم می گردد (پیرس و همکاران ۱۹۸۷). از اوایل قرن بیستم، فرسایش و پیامدهای ناشی از آن با تشدید بهره برداریهای غیر اصولی انسان اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است. اثرات منفی ناشی از دخالت بشر یا فرسایش تشدید، نه تنها در محل وقوع خود در اراضی زراعی حوضه ها به صورت کاهش توان تولیدی و تخریب خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک بروز می کند، بلکه در محل خارج از وقوع آن به صورت انباشت رسوب بر روی اراضی مرغوب کشاورزی، مراتع، منابع ذخیره آب و کانال های آبیاری و همچنین ایجاد آلودگی ها، توسط رسوبات و فلزات سنگین و مواد شیمیایی همراه آن، امروزه بیش از هر زمان دیگر مشهود است (لای و همکاران ۱۹۹۸). برآورد و بررسی قابل اطمینان مقدار و پتانسیل تخریب خاک به علت افزایش نیاز روز افزون بشر به منابع خاک جهت تولید غذا و همچنین افزایش آگاهی عمومی از عوامل تخریب و فرسایش خاک روز به روز در حال توسعه است (لای و همکاران، ۱۹۹۸ ال ساونی ۱۹۹۴).

اطلاعات در مورد حمل و نقل رسوب و مواد مغذی از خاک حوضه های آبخیز و فرایندهای فرسایش دهنده آن، از جمله ضروریاتی می باشد که جهت مدیریت آبخیزها نیاز است (مریت و همکاران، ۲۰۰۳).

تخریب خاک ناشی از فرسایش آبی، یک مشکل جدی و اساسی در کاهش کیفیت خاک، زمین و منابع آبی محسوب شده که بشر جهت معاش بیش از هر چیز به آنها وابسته است (لای و همکاران ۱۹۹۸). امروزه در مسیر توسعه کشاورزی، فرسایش خاک یکی از جدی ترین دشواریهای محیطی به شمار می رود (برنامه توسعه سازمان ملل ۱۹۸۰). در این رابطه هزینه های جهانی فرسایش خاک را حدود ۴۰۰ میلیارد دلار در سال بر آورد کردند که مبلغی بیش از ۷۰ دلار سهم سرانه هر فرد در سال می باشد (بچمنتل و همکاران ۱۹۹۵).

در یک نتیجه گیری علمی می توان گفت که، فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دستیابی به توسعه کشاورزی و منابع طبیعی است. نظام کشاورزی پایدار واقعی، نظامی است که اثرات عملیات حفاظتی در آن بیشتر و یا معادل فرآیندهای تخریبی باشد. امروزه اهمیت موضوع و ضرورت توجه جدی به مسئله فرسایش خاک، از آنجا ناشی می شود که با وجود رشد فزاینده جمعیت و نیاز روز افزون به زمین و غذا، متأسفانه قسمت عمده از زمین ها ارزش و حاصلخیزی خود را در اثر فرسایش از دست می دهند (لال و همکاران ۱۹۹۴). از این رو به منظور برنامه ریزی در زمینه احیاء، توسعه و مدیریت بهینه و پایدار اراضی، به ویژه در قالب طرحهای حفاظت خاک و آبخیزداری، آگاهی از وضعیت روند فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه های آبخیز یکی از ضروری ترین خواسته و نیازها در تصمیم گیری و برنامه ریزی ها برای دستیابی به این هدف مهم مدیریتی می باشد.

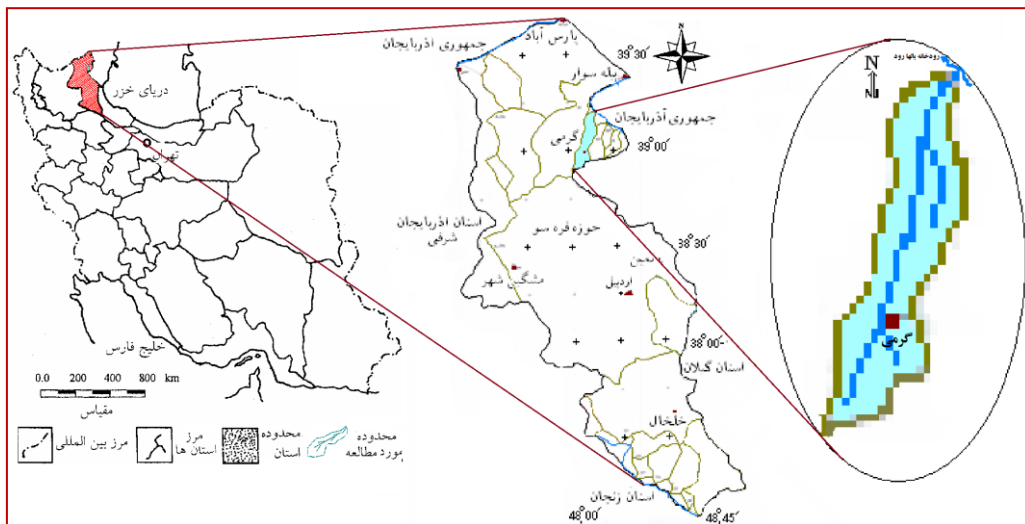
برنامه توسعه سازمان ملل (یونپ ۱۹۹۹) فرسایش خاک در ایران را در حال حاضر نزدیک به ۲۰ تن در هکتار تخمین زده است که نسبت به ۱۰ سال گذشته ۱۰ تن در هکتار افزایش یافته است. و در حال حاضر براساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی میزان فرسایش در سطح حوضه های آبخیز ۱۶/۷ تن در هکتار در سال و میزان متوسط سالانه تولید رسوب ۶ تن در هکتار می باشد که البته با توجه به شرایط قلیمی خشک و نمیه خشک و حساسیت های توپوگرافیکی و لیتولوژیکی سازندها و بویژه بهره برداریهای غیر اصولی و حریصانه از منابع حوضه های آبخیز، قطعاً چنین روند فرسایشی در چند سال اخیر شدت بیشتری به خود گرفته است.

یکی از مشکلات اساسی برای تخمین میزان فرسایش و رسوب به منظور برنامه ریزی های مربوط به بهره برداری از منابع آب و خاک، عدم وجود آمار و اطلاعات، به ویژه در حوضه های آبخیز کوچک می باشد. به طوریکه در مدیریت حوضه های آبخیز و تدوین برنامه های حفاظتی این محدودیت، کارشناسان و بهره برداران را با مشکل جدی مواجه می سازد. بدین منظور، جهت تخمین و بر آورد فرسایش و رسوب در حوضه های فاقد آمار، روابط تجربی متعددی ابداع شده است. یکی از این روابط، مدل MPSIAC می باشد که در بسیاری

از حوضه های آبخیز کشور مورد استفاده قرار گرفته و نسبت به سایر مدل های تجربی کمی و کیفی برآورد فرسایش و رسوب در سطح حوضه ای آبخیز، کارائی مطلوب و مناسبی دارد. در این زمینه بررسی ها و مطالعات زیادی در رابطه با مدل های تجربی برآورد فرسایش و رسوب در سطح حوضه های آبخیز توسط محققین و پژوهشگران داخلی و خارجی انجام گرفته است. نتایج این بررسی ها نشان می دهد که اغلب محققین و کارشناسان به دلیل نتایج مثبت و نزدیک به واقعیت حاصل از ارزیابی و برآورد مدل MPSIAC به کارائی و دقت آن نسبت به سایر مدل ها اتفاق نظر دارند. در این زمینه نتایج حاصل از ارزیابی ۱۰ مدل مورد استفاده در برآورد فرسایش و رسوبدهی در حوضه آبخیز بابلرود نشان داد که مدل MPSIAC از بیشترین دقت و کارایی برخوردار است (عطاله کاویان و همکاران ۱۳۹۲). همچنین بررسی های انجام گرفته در زمینه برآورد مقدار فرسایش و رسوب حوضه آبخیز ننگ کنشت با استفاده از مدل های MPSIAC و EPM نشان داد که مدل MPSIAC نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM برای حوضه مورد نظر ارائه داده است (راستگو و همکاران ۱۳۸۵). بروز و همکاران (۱۳۸۷) سه مدل PSIAC، MPSIAC، EPM را در حوضه آبخیز چهل چشمه مورد مقایسه قرار دادند که بر اساس نتایج حاصل، مدل MPSIAC به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. (Devent and Poesen, 2005) مطالعه به منظور پیش بینی تولید رسوب در مقیاس حوضه آبخیز به این نتیجه رسیدند که برای برآورد نزدیک به واقعیت تولید رسوب در هر حوضه آبخیز علاوه بر استفاده از مدل های شبه کمی باید در استفاده از این مدل ها، از داده های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای نیز جهت اجرایی تر شدن نتایج، استفاده شود. (Tangestani 2006)، دومدل PSIAC و EPM را برای بررسی فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبخیز افزر بکار برد و نشان داد که نتایج مدل PSIAC نسبت به مدل EPM معتبرتر بوده و با توجه به تحقیقات میدانی صورت گرفته، نتایج مدل PSIAC از قطعیت و اطمینان بیشتری برخوردار است. Safamanesh et al روش های تجربی را برای ارزیابی خطر فرسایش در حوضه آبخیز زرگه استفاده کردند که در روش MPSIAC مقدار r^2 معادل ۰/۶۱ به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که فاکتور موثر در تعیین فرسایش، اقلیم می باشد.

ویژگیهای عمومی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز گرمی چای به مساحت ۱۸۵/۶ کیلومتر مربع در شمال شرقی استان اردبیل بین مختصات جغرافیایی ۳۸° ۵۳' ۵۹" الی ۳۹° ۱۱' ۸۹" عرض شمالی و ۴۸° ۱' ۱۳" تا ۴۸° ۹' ۰" طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبخیز گرمی چای در سطح استان اردبیل

این حوضه از شمال به رودخانه مرزی بالهارود از جنوب به خط الراس مرزی ایران و کشور آذربایجان و از شرق و غرب به حوضه های آبخیز آزارچای و ساری قمیش محدود می شود. خلاصه ای از ویژگیهای طبیعی حوضه بر اساس تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات هواشناسی و اندازه گیری های مورفومتری و ... در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگیهای طبیعی حوضه آبخیز گرمی چای

خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری حوضه									
مساحت حوضه (هکتار)	محیط حوضه (کیلومتر)	ارتفاع بلندترین نقطه (متر)	ارتفاع پست ترین نقطه (متر)	ارتفاع متوسط (متر)	شیب متوسط وزنی حوضه (درصد)	ضریب شکل گراویلیوس (Cc)	تراکم زهکشی Km/km ²	زمان تمرکز روش چاو (ساعت)	طول بزرگترین آبراهه اصلی (کیلومتر)
۱۸۵۶۰	۷۵	۲۰۰۰	۳۰۰	۹۹۴/۵	۱۷/۰۷	۱/۷۶	۱/۲۹	۳/۵۵	۳۶/۲۵
ویژگیهای اقلیمی و هیدرولوژی حوضه									
متوسط بارش سالانه (میلیمتر)	میانگین سالانه دمای روزانه (سانتیگراد)	حداقل مطلق دمای روزانه (سانتیگراد)	حد اکثر مطلق دمای روزانه (سانتیگراد)	متوسط رطوبت نسبی	نوع اقلیم براساس ضریب دومارتن				
۳۳۳	۱۴/۷	-۲۰/۵	۳۵	۶۹/۹	نیمه خشک				
کاربری اراضی و پوشش گیاهی حوضه									
مساحت مزارع آبی و باغات	مساحت اراضی دیم	مساحت مراتع طبیعی			رخنمون های سنگی و بحرانی و فلقد استعداد				
		خیلی فقیر	فقیر	متوسط	۹۶۶ هکتار	۵۰۲ هکتار	۲۶۴۹ هکتار	۸۸۴/۵ هکتار	۱۱۷۲۹ هکتار
مورفولوژی یا تیپ های اراضی									
تیپ کوهستان ۴۸۶۸ هکتار	تیپ تپه ۶۲۸۹ هکتار	تیپ فلات و تراسهای فوقانی ۵۶۷۹ هکتار			تیپ دشت های دامنه ای ۱۷۳۰ هکتار				

روش تحقیق

- جمع آوری و بررسی منابع و اطلاعات مربوط به حوضه آبخیز مورد مطالعه
- تهیه نقشه های پایه توپوگرافی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدروگرافی، اقلیم و منابع و قابلیت اراضی حوضه مورد مطالعه
- اسکن و رقومی کردن نقشه های پایه و تقسیم بندی حوضه آبخیز به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک در محیط GIS با استفاده از نرم افزار ILWIS و استخراج و تهیه نقشه های پایه شیب، لیتولوژی، تیپ اراضی و خاکشناسی و اطلاعات اجزاء واحدهای اراضی زیرحوضه ها به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰
- تهیه نقشه کاربری اراضی و اشکال فرسایش آبی موجود در کاربری های مختلف از طریق تفسیر عکس های هوایی (1:20000) و عملیات صحرائی با استفاده از GPS
- در مرحله بعد با ترکیب و تلفیق نقشه های پایه استخراج شده، نقشه واحدهای همگن منطقه تهیه گردید و با رویهم اندازی نقشه واحدهای همگن و کاربری اراضی و اشکال فرسایش حوضه، اقدام به بررسی و ارزیابی عوامل نه گانه مدل در سطح هریک از زیر حوضه های حوضه آبخیز مورد مطالعه گردید.
- در مرحله نهائی با ارزیابی و برآورد مقادیر کمی پارامترهای مدل برای هریک از زیرحوضه های آبخیز گرمی چای (به تعداد ۱۷ زیر حوضه) نمره و امتیاز نهائی درجه رسوبدهی (R) هر حوضه از جمع جبری مقادیر عوامل نه گانه مدل در آن و احدم حاسبه بدست آمد. سپس برای کل حوضه آبخیز مقدار درجه رسوبدهی (R) از میانگین وزنی درجات رسوبدهی زیر حوضه ها محاسبه و برآورد گردید و در

مرحله نهائی مقادیر رسوب و فرسایش ویژه و کل در حوضه و زیر حوضه ها با استفاده از روابط و معادلات مدل MPSIAC محاسبه و برآورد گردید. و در آخر کار براساس جدول طبقه بندی کمی و کیفی فرسایش مدل، اقدام به پهنه بندی حوضه از نظر کلاس های فرسایشی و تهیه نقشه فرسایش حوضه گردید.

معرفی مدل MPSIAC

از میان مدل های تجربی که به ایران وارد شده اند مدل PSIAC بیش از سایر مدل ها مورد توجه قرار گرفته است. این مدل از حدود ۴۰ سال پیش به ایران وارد شده و به استناد اینکه در مدل مذکور تعداد بیشتری از عوامل موثر در رخداد فرسایش لحاظ شده و در ضمن نتایج حاصل بکارگیری این مدل در چند حوضه آبخیز جواب مناسبی داشته است مورد استفاده قرار گرفته است. مدل اولیه PSIAC توسط Johnson و Gebhardt اصلاح شده و مدل اصلاحی با عنوان MPSIAC ارائه شده است. در این مدل با نمره دهی به هریک از عوامل نه گانه موثر بر رسوب دهی، نسبت به برآورد کیفی و کمی تولید رسوب اقدام می شود. این عوامل شامل زمین شناسی سطحی، خاک، اقلیم، رواناب توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب می باشند.

برآورد تولید رسوب با استفاده از MPSIAC

پس از تعیین نه عامل در نظر گرفته شده در مدل MPSIAC، مجموع این نمرات (R)، درجه یا شدت رسوبدهی را مشخص می کند (جدول ۲)، بعد از تعیین درجه رسوبدهی برآورد تولید رسوب با استفاده از مدل PSIAC به وسیله رابطه (۱) محاسبه می گردد.

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

رابطه (۱)

در این رابطه Q_s میزان تولید رسوب (m^3/km^2) و R درجه رسوبدهی یا مجموع نمرات عوامل نه گانه می باشد در رابطه با برآورد میزان فرسایش خاک نیز از ضریب SDR استفاده می شود و مقدار آن از طریق محاسبه رابطه زیر بدست می آید

$$\text{Log SDR} = 1/8768 - 0/1419 \text{ LogA}$$

رابطه (۲)

SDR : نسبت تولید رسوب به درصد

A : مساحت حوزه به مایل مربع

جدول ۲- عوامل موثر در مدل فرسایشی MPSIAC و نحوه امتیاز دهی به آن

ردیف	عامل	مهمترین خصوصیات مورد نظر
۱	زمین شناسی سطحی Surface geology	$X_1 = \frac{g}{10}$ شاخصی از فرسایش زمین شناسی که بر اساس خصوصیات سختی، هوازدگی، شکستگی و نوع سنگ از گزارش های زمین شناسی بدست می آید (مثال) نمره یا امتیاز مربوط به سنگ سخت توده ای ۱ و شیل ها، گسنگها و مارن ها ۱۰ میباشد
۲	خاک (Soil)	$X_2 = 16.67K$ ضریب فرسایش پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش خاک (USLE) است که با از روش Wischmeier و Smith (۱۹۷۸) بر آورد می شود.
۳	اقلیم (Climate)	$X_3 = 0.2P_2^0$ مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت دوساله به میلیمتر
۴	رواناب (Runoff)	$X_4 = 0.29(0.03R+50Q_p) = 0.006R+10Q_p$ مجموع ارتفاع رواناب سالانه به میلیمتر ضربدر ۰/۰۳ و دبی جریان اوج سالانه به متر مکعب در ثانیه در کیلومتر مربع ضربدر ۵۰
۵	پستی و بلندی (Topography)	$X_5 = 0.33S$ شدت شیب به درصد
۶	پوشش زمین (Ground cover)	$X_6 = 0.2P_b$ درصد خاک لخت
۷	نوع استفاده از اراضی (Land use)	$X_7 = 20 - 0.2P_c$ درصد تاج پوشش گیاهی
۸	فرسایش فعلی اراضی بالادست حوضه Upland erosion	$X_8 = 0.25SSF$ مجموع نمرات سطحی خاک (SSF) است که با استفاده از روش دفتر حفاظت اراضی آمریکا (BLM) بدست می آید
۹	فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب Channel erosion & ediment transport	$X_9 = 1.67SSFg$ نمره یا امتیاز معادل امتیاز فرسایش خندقی در روش BLM

جدول ۳- تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در مدل MPSIAC

نمرات نشان دهنده شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه		طبقه بندی کیفی فرسایش	کلاس فرسایش
	تن در کیلومتر مربع	متر مکعب در کیلومتر مربع		
۰-۲۵	<۱۴۲/۵	<۹۵	خیلی کم	I
۲۵-۵۰	۱۴۲/۵-۳۵۷	۹۵-۲۳۸	کم	II
۵۰-۷۵	۳۵۷-۷۱۴	۲۳۸-۴۷۶	متوسط	III
۷۵-۱۰۰	۷۱۴-۲۱۴۳/۵	۴۷۶-۱۴۲۹	زیاد	VI
>۱۰۰	>۲۱۴۳/۵	>۱۴۲۹	خیلی زیاد	V

نتایج و بحث:

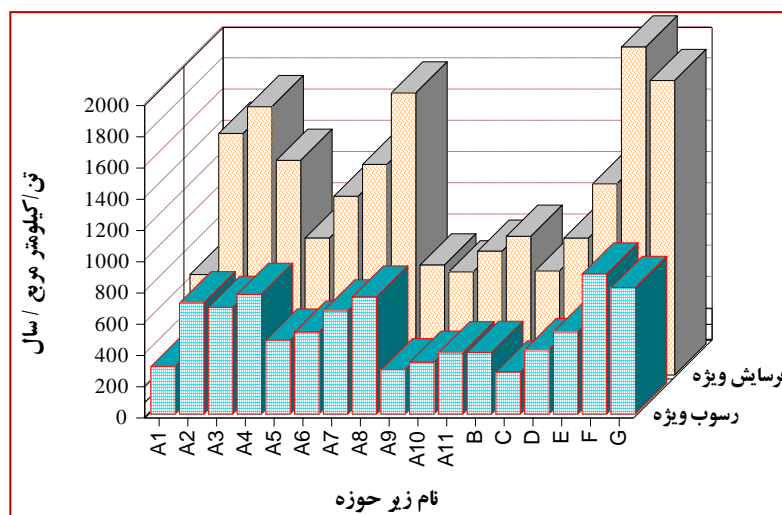
پس از بررسی و ارزیابی کمی و کیفی پارامترهای مدل MPSIAC در سطح حوضه آبخیز گرمی چای و زیر حوضه های مربوطه، امتیاز و نمره نهائی مربوط به هر یک از عوامل نه گانه مدل تعیین گردید. با جمع جبری نمرات عوامل مدل، امتیاز درجه رسوبدهی یا R برای هر یک از زیر حوضه ها و کل حوضه از طریق محاسبه میانگین وزنی داده ها بدست آمد. همچنین بر اساس روابط (۱ و ۲) مدل، مقادیر رسوب و فرسایش ویژه برای تمامی زیر حوضه ها و کل حوضه محاسبه و در جدول (۴) ارائه گردیده است. نتایج بدست آمده در جدول،

نشان می دهد که در بین زیرحوضه ها، حوضه های آبخیز F و C به ترتیب با بیشترین و کمترین ($۸۰/۰۶$ و $۴۶/۵۴$) درجه رسوبدهی دارای حداکثر و حداقل مقادیر رسوب ویژه ($۸۹۶/۵۷$ و $۲۶۸/۵۹$ تن در کیلومتر مربع در سال) در سطح حوضه آبخیز گرمی چای هستند. همچنین بر اساس این نتایج، مقدار رسوب حوضه اصلی گرمی چای $۳۷۰/۳۲$ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال بدست آمد. که با احتساب متوسط وزن مخصوص $۱/۳۴$ رسوب، میزان رسوب ویژه آن برابر $۴۹۶/۲۲۹$ تن در کیلومتر مربع در سال و مقدار کل وزن مواد رسوبی ناشی از فرسایش، از سطح حوضه در سال برابر $۹۲۱۰۰/۱۰۲۴$ تن می باشد. بنابراین نتایج نشان می دهد طبق جدول (۲) کلاس های فرسایش و شدت رسوبدهی مدل، حوضه آبخیز گرمی چای، از نظر فرسایش و شدت رسوبدهی در وضعیت متوسط قرار داشته و شدت رسوبدهی آن بین مقادیر $۷۵-۵۰$ درجه رسوبدهی مدل واقع شده است. با وجود این، نتایج ارزیابی عوامل مدل در زیر حوضه ها نشان می دهد که وضعیت فرسایش و تولید رسوب در همه آنها در یک سطح نبوده، بلکه از نظر مقادیر درجه رسوبدهی، شدت فرسایش و حجم رسوب تولیدی، اختلاف فاحش و قابل ملاحظه باهم دارند. در این مورد مقادیر رسوب و فرسایش ویژه برآورد شده زیرحوضه ها در نمودار شکل (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از تحلیل این داده ها نشان می دهد که برخی از زیر حوضه ها نقش و سهم موثری در شدت فرسایش و حجم کل رسوب تولیدی حوضه ایفا می کنند. به عبارت دیگر، این زیرحوضه ها وضعیت بحرانی تری از نظر حساسیت و آسیب پذیری در برابر عوامل فرسایش خاک و تولید رسوب نسبت به بقیه بخش های حوضه از خود نشان می دهند. در این رابطه با مقایسه درصد رسوب تولیدی زیرحوضه ها نسبت به درصد مساحت تحت اشغال آنها از کل حوضه در نمودار شکل (۳)، بیانگر این واقعیت است، که برخی از زیر حوضه ها (F, G, A8, A3 و A2) نسبت به درصد مساحت از کل حوضه، از پتانسیل درصد رسوبدهی زیادی در واحد سطح و هم در حجم رسوب کل سالیانه حوضه برخوردارند. در این رابطه نتایج بررسی عوامل موثر در فرسایش و رسوب مدل، نشان می دهد که چهار عامل (فرسایش رودخانه ای، وضعیت فعلی فرسایش، نحوه استفاده از اراضی و وضعیت پوشش گیاهی) از عوامل نه گانه مدل در شدت فرسایش و تولید رسوب این حوضه ها نقش مستقیم و موثری دارند. بنابراین در یک نتیجه گیری کلی می توان گفت براساس مقایسه مقادیر رسوب تولیدی زیرحوضه ها نسبت به متوسط رسوب سالیانه کل حوضه نتایج نشان می دهد در بیش از ۵۷ درصد زیرحوضه ها میزان فرسایش و تولید رسوب $۱/۵$ برابر بیشتر از میانگین کل رسوب تولیدی حوضه آبخیز ($۴۹۶۵/۲۲۹$ تن در کیلومتر مربع در سال) در واحد سطح می باشد. در این میان دو زیر حوضه F و C با مساحت $۱۴/۸$ درصد از کل حوضه بیش از ۲۵ درصد کل رسوب تولیدی حوضه را به خود اختصاص داده اند شکل (۴).

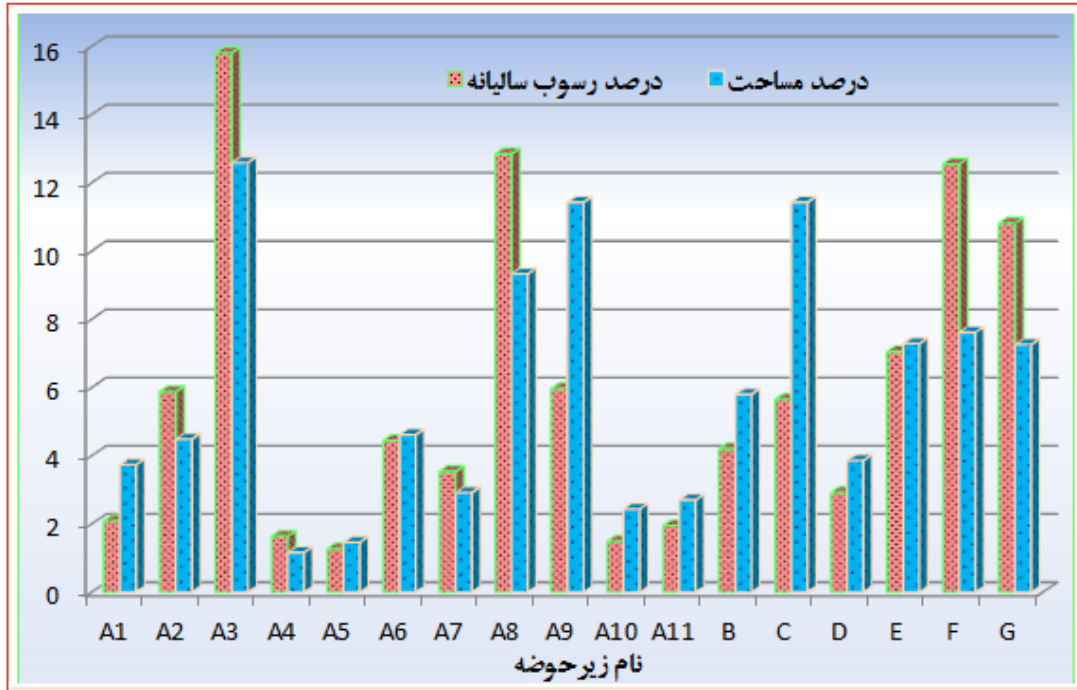
همچنین براساس نتایج حاصل از میانگین وزنی درجه رسوبدهی یا R زیر حوضه ها و میزان رسوب ویژه آنها، ۳ کلاس فرسایشی با شدت زیاد، متوسط و کم تعیین گردید. گروه فرسایشی زیاد با میانگین وزنی $R = ۷۷/۱۸$ با مساحت $۴۷/۰۳$ کیلومتر مربع با تولید $۸۱۱/۶۴۲$ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال بیشترین مقدار تولید رسوب و فرسایش را در بخش جنوب غربی حوضه به خود اختصاص داده است. گروه فرسایشی متوسط با میانگین وزنی $R = ۶۲/۱۱$ با مساحت $۸۴/۷۴$ کیلومتر مربع با تولید $۵۵۹/۸۷$ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال بطور پراکنده در نواحی جنوبی و شمالی و بویژه در بخش مرکزی حوضه گسترده شده و گروه فرسایشی کم که با میانگین وزنی $R = ۴۷/۹۶$ با مساحت $۵۳/۸۳$ کیلومتر مربع با تولید $۲۸۴/۴۵۶$ تن رسوب در کیلومتر مربع در سال کمترین مقدار تولید رسوب و فرسایش را در بخش شمالی حوضه به خود اختصاص داده است شکل (۵).

جدول ۴- مقادیر برآوردی رسوب و فرسایش ویژه و سوب و فرسایش کل سالیانه حوضه و زیرحوضه های گرمی چای

ردیف	نام حوزه	مساحت km ²	R	Qs (m ³ /km ² /y)	وزن مخصوص رسوب ton/m ³	SDR%	رسوب ویژه Ton/km ² /y	فرسایش ویژه Ton/km ² /y	رسوب کل سالیانه Ton/y	فرسایش کل سالیانه Ton/y
۱	A1	۶/۹۲	۴۹/۸۴	۲۲۵/۲	۱/۳۵	۴۷/۲۴	۳۰۴/۰۲	۶۴۳/۵۶	۲۱۰۳/۸۲	۴۴۵۳/۴۴
۲	A2	۸/۳۲	۷۳/۷۲	۵۲۳/۳۸	۱/۳۶	۴۶/۰۲	۷۱۱/۸	۱۵۴۶/۷۲	۵۹۲۲/۱۸	۱۲۸۶۸/۷۱
۳	A3	۲۳/۳۵	۷۴/۷۲	۵۴۲	۱/۲۶	۳۹/۷۵	۶۸۲/۹۲	۱۷۱۸/۰۴	۱۵۹۴۶/۱۸	۴۰۱۱۶/۲۳
۴	A4	۲/۱۵	۷۶/۰۳	۵۶۷/۶۵	۱/۳۵	۵۵/۷۷	۷۶۶/۳۳	۱۳۷۴/۰۹	۱۶۴۷/۶۱	۲۹۵۴/۲۹
۵	A5	۲/۷	۶۲/۵۹	۳۵۳/۲۱	۱/۳۴	۵۳/۹۹	۴۷۳/۳	۸۷۶/۶۴	۱۲۷۷/۹۱	۲۳۶۶/۹۳
۶	A6	۸/۵۵	۶۴/۸۷	۳۸۲/۸۲	۱/۳۷	۴۵/۸۵	۵۲۴/۴۶	۱۱۴۳/۸۶	۴۸۴/۱۳	۹۷۸۰
۷	A7	۵/۴	۷۱/۳۸	۴۸۱/۷۲	۱/۳۷	۴۸/۹۴	۶۵۹/۹۶	۱۳۴۸/۵۱	۳۵۶۳/۷۸	۷۲۸۱/۹۵
۸	A8	۱۷/۳	۷۴/۹۶	۵۴۶/۶۱	۱/۳۷	۴۱/۴۸	۷۴۸/۸۶	۱۸۰۵/۳۵	۱۲۹۵۵/۲۸	۳۱۲۳۲/۵۶
۹	A9	۲۱/۲	۴۷/۸۹	۲۱۰/۲۲	۱/۳۵	۴۰/۳	۲۸۳/۸	۷۰۴/۲۲	۶۰۱۶/۵۶	۱۴۹۲۹/۴۸
۱۰	A10	۵/۵۱	۵۲/۰۸	۲۴۳/۷۳	۱/۳۶	۵۰/۲	۳۳۱/۴۷	۶۶۰/۳	۱۴۹۴/۹۳	۲۹۷۷/۹۵
۱۱	A11	۵/۰۱	۵۶/۶۲	۲۸۶/۱	۱/۳۷	۴۹/۴۶	۳۹۱/۹۶	۷۹۲/۴۸	۱۹۶۳/۷۲	۳۹۷۰/۳۲
۱۲	B	۱۰/۷۵	۵۷/۱۹	۲۹۱/۹۱	۱/۳۵	۴۴/۳۸	۳۹۴/۰۸	۸۸۷/۹۷	۴۲۳۶/۳۶	۹۵۴۵/۶۸
۱۳	C	۲۱/۲	۴۶/۵۴	۲۰۰/۴۴	۱/۳۴	۴۰/۳	۲۶۸/۵۹	۶۶۶/۴۸	۵۶۹۴/۱۱	۱۴۱۲۹/۳۸
۱۴	D	۷/۱۵	۵۸/۲۲	۳۰۲/۷۲	۱/۳۶	۴۷/۰۲	۴۱۱/۷	۸۷۵/۵۸	۲۹۴۳/۶۶	۶۲۶۰/۴
۱۵	E	۱۳/۵۱	۶۴/۹۵	۳۸۳/۹	۱/۳۷	۴۲/۹۶	۵۲۵/۹۴	۱۲۲۴/۲۶	۷۱۰۵/۴۵	۱۶۵۳۹/۷۵
۱۶	F	۱۴/۱۲	۸۰/۳۹	۶۵۴/۴۳	۱/۳۷	۴۲/۷	۸۹۶/۵۷	۲۰۹۹/۷	۱۲۶۵۹/۵۷	۲۹۶۴۷/۷۶
۱۷	G	۱۳/۴۶	۷۷/۲	۵۹۱/۵۹	۱/۳۷	۴۲/۹۹	۸۱۰/۴۸	۱۸۸۵/۲۸	۱۰۹۰۹/۰۶	۲۵۳۷۵/۸۷
	کل حوزه	۱۸۵/۶	۶۴	۳۷۰/۳۲	۱/۳۴	۲۹/۶۲	۴۹۶/۲۲۹	۱۶۳۷/۸۱	۹۲۱۰۰/۱۰۳	۲۳۴۴۳۰/۷



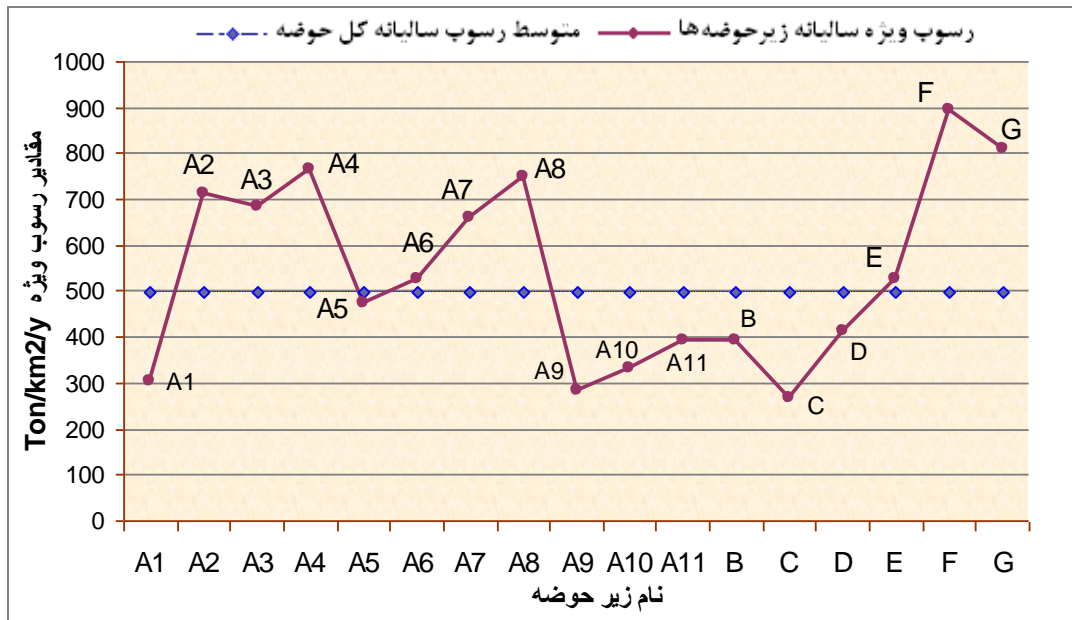
شکل ۲- مقادیر رسوب و فرسایش ویژه تولیدی زیر حوزه آبخیز گرمی چای



مقایسه

شکل ۳-

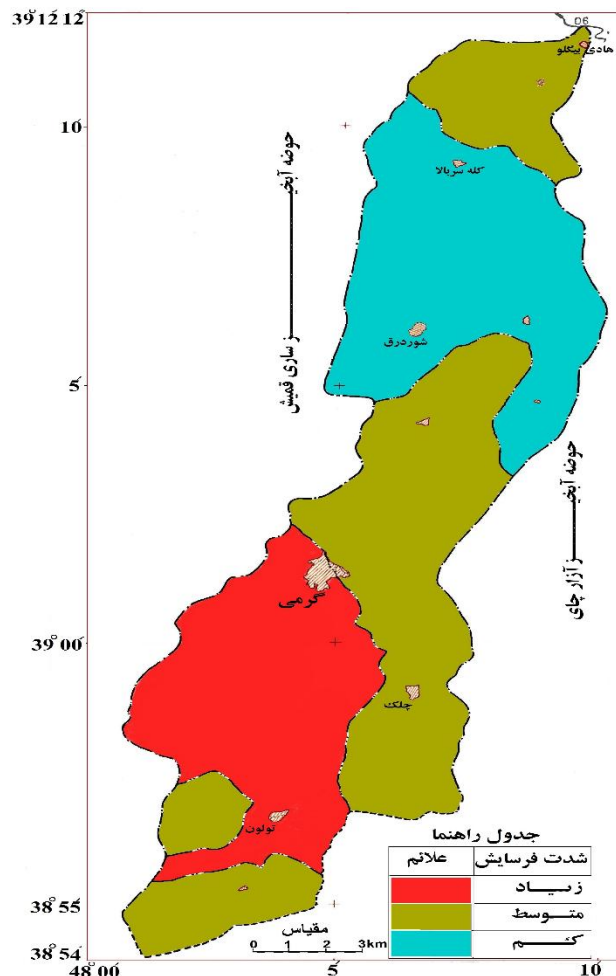
درصد رسوب تولیدی زیرحوضه‌ها نسبت به درصد مساحت تحت اشغال آنها از کل حوضه



مقایسه

شکل ۴-

مقادیر رسوب تولیدی زیرحوضه‌ها نسبت به متوسط رسوب سالیانه کل حوضه



شکل ۵- نقشه پهنه بندی فرسایش حوضه آبخیز گرمی چای

پیشنهادات

امروزه فرسایش خاک و تولید رسوب یکی از معضلات و مشکلات مهم در بهره برداری از منابع طبیعی حوضه های آبخیز محسوب و مطرح است که پیامدها و اثرات زیانبار آن کاهش حاصلخیزی و توان تولیدی خاک و تولید رسوب و انباشت آن در مخازن سدها و کانالها، و دهها حوادث و پیامدهای ناگوار دیگر، لذا داشتن یک لایه اطلاعاتی صحیح و دقیق از فرسایش خاک امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در این رابطه استفاده از داده های رسوبسنجی ایستگاه های هیدرومتری در تمامی حوضه ها امکان پذیر نیست و به ناچار باید از مدل های تجربی استفاده نمود در این مورد اگرچه مدل MPSIAC توسط محققین و پژوهشگران زیادی در حوضه های مختلف مورد آزمون قرار گرفته و از نظر مقایسه نتایج آن با داده های رسوبسنجی ایستگاه های هیدرومتری نتایج مثبت و مطلوب، نسبت به سایر مدل ها به همراه داشته و به دلیل عوامل و پارامتر نسبتا زیاد آن در مدیریت حوضه آبخیز توسط بخش اجراء بطور گسترده استفاده می شود. ولی نتایج بحث و بررسی حاضر نشان می دهد که

- ۱- وضعیت عمومی حوضه از دیدگاه این مدل نمی تواند بیانگر وضعیت و واقعیت های بحرانی و حاد زیر حوضه های آن باشد.
- ۲- لازم و بهتر است در شرایط اقلیمی مختلف نتایج آن با داده های رسوبسنجی دقیق ایستگاه های هیدرومتری مقایسه و ارزیابی شود
- ۳- براساس نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر، برنامه ریزی های مدیریتی حوضه باید براساس وضعیت بحرانی زیر حوضه ها اولویت بندی گردد.

سپاسگزاری

در پایان از تمامی همکاران و عزیزانی در همفکری و راهنمایی و تدوین مقاله حاضر از کمک و یاری آنها بهرمندم بودیم سپاسگزارم. همچنین از کلیه عوامل و دست اندرکاران که در برگزاری سومین کنفرانس حفاظت خاک و آبخیزداری بویژه ریاست محترم پژوهشکده و مسئولین محترم بخشهای مختلف تحقیقاتی که با هدف همفکری و تبادل اندوخته های علمی و پژوهشی محققین به منظور حل مسائل و مشکلات، منابع آب و خاک و سرمایه های ملی این مرز و بوم، با تلاش بی وقفه و بی دریغ خود زحمات زیادی را متحمل شده اند با کمال تشکر و قدردانی، از زحماتشان سپاسگزارم.

منابع و ماخذ:

- ۱- بیرامی، بایرامعلی. (۱۳۸۷) بررسی و ارزیابی حوضه های آبخیز به منظور تهیه شناسنامه آبخیزهای استان اردبیل، گزارش نهائی طرح تحقیقاتی. شماره فروست ۸۶/۳۴۷، ناشر پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ۳۵ صفحه
- ۲- بیرامی، بایرامعلی. (۱۳۸۹) بررسی رابطه بین اشکال فرسایش آبی (سطحی، شیاری و خندقی) با نوع کاربری اراضی مطالعه موردی، حوضه گرمی چای همایش ملی توسعه پایدار روستایی با تاکید بر بخش کشاورزی، جهاد کشاورزی خراسان شمالی شهریور ۱۳۸۹
- ۳- برزو، آرش، محمد رضا، ممیزی، عباسعلی، نیک اندیش (۱۳۸۷) مقایسه سه روش EPM، MPSIAC و PSIAC در برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوضه چهل چشمه استان فارس، فصل نامه دانش کشاورزی ایران، ۱۹-۲۹
- ۴- دفتر آمار و فناوری اطلاعات، ۱۳۸۸ آمار نامه کشاورزی جلد دوم ناشر وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه ریزی و اقتصادی ۳۷۵
- ۵- راستگو، سعید، بیژن، قهرمان، سید حسین، سعید رضا، خدانشناس و همکاران (۱۳۸۵) برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ کنشت با مدل های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱۰، ۹۱-۱۰۴
- ۶- رل، لال. ف، ج، پی یرس. ۱۹۹۴. مدیریت پایدار خاک. ترجمه حق نیا. غلامحسین، کوچکی، عوض. ۱۳۷۵. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۲۴۰ صفحه
- ۷- کاویان، عطاله، عطا، صفری، (۱۳۹۲) تعیین مدل مناسب برای برآورد رسوبدهی با استفاده از روش های آماری مطالعه مورد حوضه آبخیز بابلرود نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال سیزدهم شماره ۳۰: ۱۱۱-۱۳۰
- ۸- نیک کامی، داود. (۱۳۸۳) کاربرد تحقیقاتی و مطالعاتی مدل PSIAC در محیط GIS. ناشر پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری 9- Devent, J., & J., Poesen, (2005). Predictig Soil erosion and sediment yield at the basin scale, Scale issues and semi-quanlitation Model, Earth Science, 20:1-31
10. El.Swaify, S.A. 1994. State-of-the art for assessing soil and water conservation nedds. pp:13-27. In: T.L. Napier, S.M. Camboni, and El.Swaify (eds), Adopting conservation on the farm. Soil and Water conservation Society, Ankeny, IA. 215pp
11. Lai, R., Bium, W.H., Valentine., and Stewart, B.A. 1998. Methods for assessment of soil degradation. Advances in soil Sciences. 558pp.
12. Merritt, W.S., Latcher, R.A., Jakeman, A.J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software 18 : 761-799
13. Pimental, D., Harvey, C., Resosudarmo, p., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., shpritz, L., Saffouri, R., and Blair, R. 1995. Environmental costs of soil erosion and conservation benefits. Science. 267: 1117-1123
- 14- Safamanesh, R.A., W.N., Sulaiman, & M.F., Ramli, (2006). Erosion risk assessment using an empirical model of pacific south west inter Agency committee method for zarge watershed, Journal of Spatial Hydrology, Vol6, No 2.
- 15- Tangestani, M.H., (2006) Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi-arid environment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran. Journal of Asian Earth Sciennces 27: 585-597
16. UNEP. 1999. Human Development Report of the Islamic Republic of IRAN. Chapter 8, pp: 109- 121

